

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zaměření

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pneumatické a hydraulické pohony včetně jejich řízení

Autor: Bc. Martin Stahl

Vedoucí práce: Doc. Ing. Václav VANĚK, Ph.D.

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin STAHL**
Osobní číslo: **S14B0209K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Pneumatické a hydraulické pohony včetně jejich řízení**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Proveďte rešerši současného stavu v oblasti pneumatických a hydraulických pohonů, uveďte nové trendy a modernizaci v této oblasti. Zpracujte tematiku z hlediska principů, srovnání jednotlivých koncepcí, konstrukčních provedení, užitných vlastností a jednotlivých aplikací. Navrhněte pneumatický systém pracující v automatickém cyklu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Stanovení cílů bakalářské práce
2. Rešerše stávajícího stavu a zjištění nových možností
3. Porovnání z hlediska principů, koncepcí, konstrukčních provedení a užitných vlastností
4. Konstrukční návrh pneumatického systému
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

PROKEŠ, J., VOSTROVSKÝ, J. *Hydraulické a pneumatické mechanismy*. Praha: SNTL, 1988

VANĚK, V. *Základy konstruování*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2014

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části. 1.* Praha: Computer Press, 1999

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Václav Vaněk, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**

Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lášová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2017

Poděkování

Prostřednictvím tohoto krátkého odstavce bych rád poděkoval lidem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomáhali a podporovali mě v úsilí at' už při psaní této práci nebo i v průběhu samotného studia.

Poděkování patří:

- Vedoucímu mé práce doc. Ing. Václavu Vaňkovi, Ph.D. za cenné rady a výborný přístup při konzultacích
- Rodině, přítelkyni a přátelům za jejich dlouhodobou podporu v mém studiu.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Stahl	Jméno Martin	
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Vaněk, Ph.D.	Jméno Václav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtně- te
NÁZEV PRÁCE	Pneumatické a hydraulické pohony včetně jejich řízení		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	53	TEXTOVÁ ČÁST	31	GRAFICKÁ ČÁST	22
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato bakalářská práce se zabývá rozdělením hydraulických a pneumatických pohonů a jejich řízením. Cílem této práce je provést rešerši v oblasti tekutinových pohonů a porovnat vlastnosti jednotlivých typů. V závěru práce je nasimulováno několik úloh pro demonstraci funkce a řízení pneumatického lineárního pohonu.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Hydraulika, pneumatika, tekutinové pohony, řízení, ventily, tekutinové obvody</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Stahl	Name Martin	
FIELD OF STUDY	2301R016 „ Design of Manufacturing machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Vaněk, Ph.D.	Name Václav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Pneumatic and Hydraulic drives including their control		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	53	TEXT PART	31	GRAPHICAL PART	22
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis focuses on the hydraulic and pneumatic drives and their control. The aim of this work is to make a search in the area of fluid power systems. The conclusion of the thesis demonstrate the function and control of the pneumatic linear drive.
KEY WORDS	Hydraulics, Pneumatics, Fluid power systems, Controls, Valves, Fluid circuits

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Rozdělení tekutinových mechanismů.....	2
2.1	Pohony.....	3
2.2	Základní parametry tekutinových pohonů.....	3
3	Hydraulické motory.....	4
3.1	Rotační hydromotory.....	4
3.1.1	Zubové hydromotory.....	5
3.1.2	Lamelové hydromotory.....	6
3.1.3	Pístové hydromotory.....	7
3.1.3.1	Axiální pístové hydromotory.....	7
3.1.3.2	Radiální pístové hydromotory.....	8
3.1.4	Šroubové hydromotory.....	9
3.2	Přímočaré hydromotory.....	10
3.2.1	Rozdělení přímočarých hydromotorů.....	10
3.2.1.1	Přímočaré hydromotory jednočinné.....	11
3.2.1.2	Přímočaré hydromotory dvojčinné.....	12
3.2.1.3	Přímočaré hydromotory bezpístnicové.....	14
3.3	Hydromotory s kyvným pohybem.....	14
4	Pneumatické motory.....	16
4.1	Rotační pneumatické motory.....	17
4.1.1	Pístové pneumatické motory.....	17
4.1.2	Zubové pneumatické motory.....	17
4.1.3	Lamelové pneumatické motory.....	18
4.1.4	Turbinové pneumatické motory.....	19
4.2	Kyvné pneumatické motory.....	19
4.2.1	Kyvný pneumatický motor s ozubeným hřebenem.....	19
4.2.2	Kyvný pneumatický motor s lamelami.....	19
4.3	Přímočaré pneumatické motory.....	20
4.3.1	Přímočaré pneumatické motory jednočinné.....	20
4.3.2	Přímočaré pneumatické motory dvojčinné.....	21
5	Trendy a budoucnost hydraulických a pneumatických pohonů.....	22
6	Řízení tekutinových pohonů.....	23
6.1	Řídící prvky tekutinových mechanismů.....	23
6.1.1	Prvky pro hrazení průtoku.....	23
	Jednosměrné (zpětné) ventily.....	23
	Rozvaděče.....	24
	Vestavné ventily.....	25
6.1.2	Prvky pro řízení tlaku.....	25
6.1.3	Prvky pro řízení průtoku tekutin.....	26
6.1.4	Proporcionální ventily.....	26
6.1.5	Servoventily.....	26
6.2	Řízení hydraulických pohonů.....	27
6.3	Řízení pneumatických pohonů.....	27
6.4	Hydraulické a pneumatické obvody.....	27
7	Návrhy pneumatických systémů.....	29
7.1	Pneumatický mechanismus s jednočinným pneumatickým válcem.....	30
7.2	Pneumatický mechanismus s dvojčinným pneumatickým válcem s jednostrannou pístnicí.....	32
7.3	Pneumatický mechanismus s dvěma dvojčinnými válci.....	34
7.4	Zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu.....	36
7.4.1	Realizace za použití pneumatického řízení.....	37
7.4.2	Realizace za použití elektropneumatického řízení.....	39
8	Závěr.....	42
9	Seznam použité literatury.....	43
10	Přílohy.....	I
	I. PŘÍLOHA č. 1.....	II

II.	PŘÍLOHA č. 2	VI
-----	--------------------	----

Seznam obrázků

Obr. 1 Blokové uspořádání struktury tekutinových mechanismů [1].....	2
Obr. 2 Schéma zubového hydromotoru a) s vnějším ozubením b) s orbitálním pohybem pastorku[9]	5
Obr. 3 Schéma činnosti lamelového hydromotoru s nevyváženým rotorem [2]	6
Obr. 4 Axiální pístový hydromotor s nakloněnou deskou [10]	7
Obr. 5 Axiální pístový hydromotor s nakloněným blokem [10]	8
Obr. 6 Schéma radiálního pístového hydromotoru a) s písty v rotoru b) s písty ve statoru [10].....	9
Obr. 7 Schéma jednočinného hydromotoru s plunžrem [4]	11
Obr. 8 Schéma jednočinného hydromotoru s pružinou [4]	11
Obr. 9 Schéma teleskopického motoru s konstantní rychlostí vysouvání [1].....	12
Obr. 10 Schéma dvojčinného hydromotoru s jednostrannou pístnicí [10]	12
Obr. 11 Řez dvojčinným motorem s oboustrannou pístnicí [10]	13
Obr. 12 Schéma dvojčinného víceúhlového hydromotoru pro zvětšení pracovní síly [4]	13
Obr. 13 Schéma dvojčinného víceúhlového duplexního hydromotoru [4]	14
Obr. 14 Schéma kyvného hydromotoru a) s jednostrannou lopatkou b) s dvoustrannou lopatkou [5]	15
Obr. 15 Schéma kyvného hydromotoru s a) šroubovým převodem b) klikovým hřídelem c) řetězovým spojením pístů d) přímovratnou křížovou kulisou e) ozubeným hřebenem [7]	16
Obr. 16 Schéma lamelového pneumatického motoru	18
Obr. 17 Fluidní sval [8].....	20
Obr. 18 Schéma magnetického bezpístnicového pneumotoru [4].....	21
Obr. 19 Schéma mechanického bezpístnicového pneumotoru	22
Obr. 20 Značky pro způsob ovládání rozvaděčů [6]	24
Obr. 21 Schéma pneumatického obvodu [6]	28
Obr. 22 Simulace navrženého mechanismu	31
Obr. 23 Schéma zapojení mechanismu s jednočinným válcem ve stavebnici TASK PN1	31
Obr. 24 Schéma mechanismu s dvojčinným pneumatickým válcem s jednostrannou pístnicí	33
Obr. 25 Schéma zapojení mechanismu s dvojčinným válcem ve stavebnici TASK PN1	34
Obr. 26 Schéma mechanismu pro svařování plastových dílů.....	35
Obr. 27 Schéma zapojení mechanismu s dvěma dvojčinnými válci ve stavebnici TASK PN1	36
Obr. 28 Schéma zapojení zařízení pro děrování ve stavebnici TASK PN1 řízené pneumaticky	38
Obr. 29 Schéma zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu řízené pneumaticky	38
Obr. 30 Schéma zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu řízené elektropneumaticky	39
Obr. 31 Schéma připojení vzduchu k elektromagneticky ovládaným ventilům	41
Obr. 32 Schéma zapojení zařízení pro děrování ve stavebnici TASK PN1 řízené elektroniky	41
Obr. 33 Řídící okno Control It 2	VII
Obr. 34 Okno Procedures programu Control It 2	VII

Seznam tabulek

Tabulka 1 Charakteristické hodnoty zubových hydromotorů	5
Tabulka 2 Charakteristické hodnoty lamelových hydromotorů	6
Tabulka 3 Charakteristické hodnoty axiálních pístových hydromotorů.....	8
Tabulka 4 Charakteristické hodnoty radiálních pístových hydromotorů	8
Tabulka 5 Vybrané specifikace kyvných hydromotorů vyráběných firmou Parker	15
Tabulka 6 Značení jednotlivých přívodů	24
Tabulka 7 Sestava pneumatické stavebnice TASK PN1	30

1 Úvod

Projektanti a konstruktéři různých strojů a technologických zařízení se téměř vždy setkávají s problematikou volby a návrhu vhodného pohonu. Volba optimálního pohonu strojního zařízení významně ovlivňuje jeho produktivitu, pomáhá řešit energetickou bilanci celého technického systému a zabezpečuje spolehlivost provozu.

Takový přístup však předpokládá znalost možností jednotlivých typů hnacích motorů, a to jednak z hlediska jejich dimenzování pro různé režimy práce i s ohledem na jejich statické a dynamické vlastnosti a jednak z hlediska jejich ovládání a regulace. Správná volba se stává stále složitější úlohou, zejména v takových oblastech, ve kterých pro požadovaný rozsah parametrů vyhoví více druhů technických produktů.

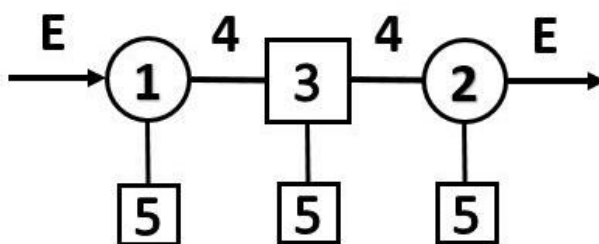
Pohonnářská technika a především pak hydraulické a pneumatické elementy, používané k pohonům strojů a k regulaci jejich výkonů a rychlostí, doznaly v posledních letech veliký rozvoj a staly se hlavními konstrukčními prvky nových druhů strojů. Pronikly do velké části strojů nejen v průmyslu, ale i v dopravě, manipulaci s materiálem, ve stavebnictví a zemědělství. Tento rozvoj je velmi úzce spjat s rozvojem elektrických a elektronických prvků, které slouží k řízení funkcí stroje, zatímco pneumatika a hydraulika pracovní funkce zajišťuje.

Tato kombinace velmi zjednodušuje řízení a ovládání strojů, zvyšuje ekonomiku jejich provozu, vytváří ochranu strojních částí proti dynamickému přetěžování, dává možnost umístit náhony v těžko přístupných místech, zjednodušuje konstrukci stroje a zmenšuje jeho hmotnost.

Tato bakalářská práce se zabývá tekutinovými pohony a jejich řízením. Cílem této práce je seznámení se s problematikou hydraulických a pneumatických pohonů, získání obecného povědomí o jejich funkci, konstrukci a využití jednotlivých typů. V hlavní části práce je tak provedena rešerše současného stavu v této oblasti. V závěru práce jsou ukázány a vysvětleny způsoby řízení pneumatických mechanismů s přímočarým pohonem.

2 Rozdělení tekutinových mechanismů

Pojmem mechanismus se rozumí systém pro přenos energie mezi dvěma nebo více definovanými místy v prostoru, umožňující řízení parametrů přenášené energie podle zvoleného zákona. Skládá se zpravidla ze vstupního převodníku, generátoru (1) a výstupního převodníku, motoru (2), spojených přenosovým kanálem (4), ve kterém se pohybuje nositel energie, bloku řízení (3) a přídatných zařízení (5). Tekutinové mechanismy využívají jako nositele energie tekutinu. Dělí se na hydraulické, jenž pro přenos energie využívají kapalinu a pneumatické pracující s plynem.



Obr. 1 Blokové uspořádání struktury tekutinových mechanismů [1]

V tekutinových mechanismech se využívají energie tlaková, polohová, kinetická, deformační, tepelná a každý mechanismus přenáší všechny druhy současně. Podle převažující energetické složky využívané k přenosu jsou mechanismy rozděleny na hydrostatické a pneumostatické, využívající převážně tlakové složky energie tekutinového proudu a na hydrodynamické a pneumodynamické pracující převážně s energií kinetickou.

2.1 Pohony

Jak plyne z předchozí kapitoly, je součástí mechanismu pohon, jenž je tvořen motorem a transformačním blokem a případně převodovým mechanismem s výstupem na hnaný stroj.

Pohon můžeme řídit ovládním, kdy řízenou veličinou, potřebnou pro technologický proces (otáčky, moment) sledujeme s přímým zásahem přes řídicí mechanismus a upravujeme parametry motoru nebo převodového mechanismu. Pohon můžeme také regulovat, kdy regulovaná veličina, ovlivňující technologický proces, vstupuje do regulátoru a odtud jako akční veličina ovlivňuje přes řídicí mechanismus parametry motoru nebo převodového mechanismu, či obou současně. Regulační systém pohonu může být doplněn ještě dalšími zpětnovazebními obvody, nadřazenou automatikou apod.

2.2 Základní parametry tekutinových pohonů

V průběhu návrhu i během provozu motoru je třeba určit a případně i sledovat řadu charakteristických parametrů, které jsou pro ně typické a vypovídají o jejich základních vlastnostech a zejména určují vhodnost použití pro daný účel. Mezi nejdůležitější vlastnosti se řadí zejména:

Objemový průtok:

$$Q_v = \frac{dV}{dt} [m^3/s] \quad (1)$$

Geometrický objem – V_0 - charakteristický parametr hydromotorů a pneumotorů. Určuje objem zaplňovaný tekutinou při otočení rotačního motoru o 1 otáčku. U přímočarých motorů objem zaplňovaný po jedné straně válce během jednoho zdvihu.

Proud – u rotačních motorů

$$Q_1 = V_0 \cdot n [m^3/s] \quad (2)$$

n ... otáčky motoru [s^{-1}]

Pohybová frekvence – pro rotační pohyb je shodná s otáčkami motoru, pro translační pohyb se určuje ze vztahu:

$$f = \frac{v}{2h} [s^{-1}] \quad (3)$$

v ... rychlost translačního pohybu [$m \cdot s^{-1}$]

h ... zdvih pístnice [m]

Síla na pístnici přímočarého motoru:

$$F = \Delta p \cdot S [N] \quad (4)$$

Δp ... tlakový spád na přímočarém tekutinovém motoru

S ... činná plocha pístu [m^2]

Točivý moment na hřídeli rotačního tekutinového motoru

$$M_t = \frac{Q_1 \cdot \Delta P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{\Delta p \cdot V_0}{2 \cdot \pi} [N \cdot m] \quad (5)$$

Výkon pro rotační motory

$$P = M_t \cdot \omega = \frac{\Delta p \cdot V_0 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{2 \cdot \pi} = \Delta p \cdot V_0 \cdot n [W] \quad (6)$$

ω ... úhlová rychlost [rad.s⁻¹]

Výkon pro přímočaré motory

$$P = F \cdot v = \Delta p \cdot S \cdot v [W] \quad (7)$$

3 Hydraulické motory

Hydraulické motory jsou hydrostatické převodníky, které mění hydrostatickou energii kapaliny v mechanickou práci. Patří do kategorie objemových strojů, u nichž se periodicky mění jejich geometrický objem. Základní rozdělení hydromotorů je možno provést podle jejich konstrukce, která je v mnoha ohledech shodná s konstrukcí hydrogenerátorů, avšak hydromotor plní v mechanismu inverzní funkci. Lze je podle pohybu výstupního členu rozdělit do tří základních skupin:

- rotační hydromotory
- přímočaré hydromotory
- hydromotory s kyvným pohybem

3.1 Rotační hydromotory

Rotační hydromotory jsou v mnoha případech konstrukčně podobné příslušným hydrogenerátorům. Liší se pouze maximální hodnotou pohybové frekvence, která je u motorů zpravidla vyšší. Důvodem je přívod kapaliny do pracovního prostoru motoru pod tlakem. Ta je pak schopna zaplnit tento prostor v podstatně kratším čase, než je tomu při nasávání kapaliny do generátoru. V porovnání s jinými druhy motorů o stejném výkonu, např. s elektromotory, vynikají rotační hydromotory malou hmotností na jednotku přenášeného výkonu, malým momentem setrvačnosti a snadnou říditelností otáček. Největší pomaluběžné vysokomomentové rotační hydromotory vyvinou točivý moment až 1 000 000 N · m.

Rotační hydromotory rozlišujeme podle charakteristického prvku, který umožňuje změnu objemu na:

- zubové hydromotory
- lamelové hydromotory
- pístové hydromotory
- šroubové hydromotory

Z výše uvedených motorů patří mezi nejvíce používané lamelové a pístové. Lamelové motory se i při malých vnějších rozměrech vyznačují velkým geometrickým objemem. Axiální pístové motory lze díky vhodným dynamickým vlastnostem využít pro vysoké pohybové frekvence, radiální pístové motory jsou naopak vhodné pro nízké pohybové frekvence a vyvozování velkých točivých momentů.

3.1.1 Zubové hydromotory

Zubové hydromotory jsou tvořeny dvojicí spoluzabírajících kol, valivě uložených v tělese motoru. Plochy tělesa, styk zubů v záběru a zuby kol vymezují pracovní prostor motoru. Používají se převážně jako reverzní, proto musí být konstrukčně zajištěna kompenzace při obou směrech otáčení. Výstupní tlak bývá s ohledem na hřídelové těsnění omezen. Zubové hydromotory se vyrábějí v provedení s vnějším a vnitřním ozubením. Nejsou vhodné pro provoz při nízkých otáčkách, kde pracují s velmi nízkou účinností. K uvedení nezátíženého hydromotoru do chodu je potřebný velký tlak kapaliny. Zubové hydromotory splňují nejrůznější požadavky průmyslu a požadavky speciálních aplikací. Rozlišujeme zubové hydromotory:

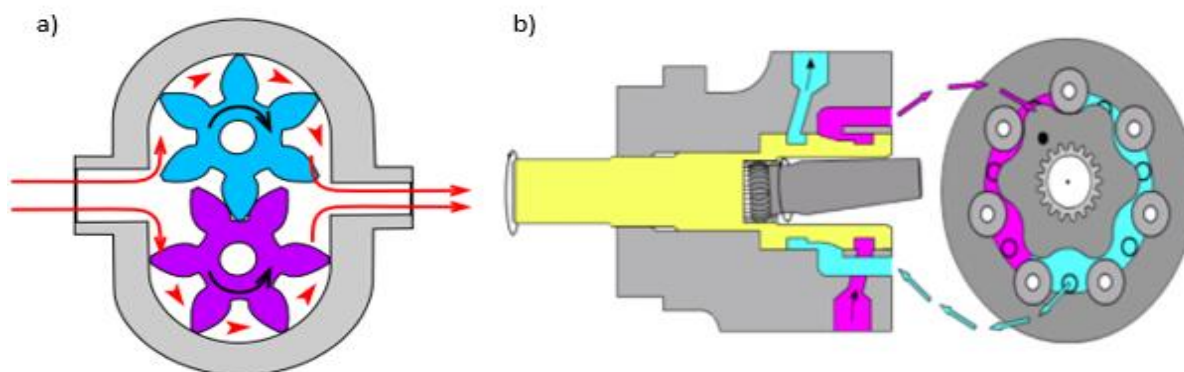
- S vnějším ozubením
- S vnitřním ozubením

	Jednotky	Vnější ozubení	Vnitřní ozubení - orbit
Maximální geometrický objem	cm ³ /ot	100	1000
Maximální pracovní tlak	MPa	31	33
Minimální otáčky	ot/min	500	0
Maximální otáčky	ot/min	4 000	1160

Tabulka 1 Charakteristické hodnoty zubových hydromotorů

Účinnost zubových hydromotorů se pohybuje v rozmezí 0,6 až 0,85. Používají se především pro méně náročné pohony s proměnným zatížením, např. otáčení pracovní nástavby mobilních jeřábů.

Zvláštní skupinu zubových hydromotorů s vnitřním ozubením tvoří hydromotory s orbitálním pohybem pastorku, známé pod označením Orbit. Ty jsou schopny vyvodit šestkrát větší moment při šestkrát nižších otáčkách než rozměrově obdobný klasický hydromotor. Využívají se pro nízkootáčkové pohony s vysokým točivým momentem.



Obr. 2 Schéma zubového hydromotoru a) s vnějším ozubením b) s orbitálním pohybem pastorku[9]

3.1.2 Lamelové hydromotory

Činným elementem tohoto typu hydromotorů jsou ploché, radiálně pohyblivé lamely, umístěné v drážkách rotoru, případně statoru. Lamely tak vytvářejí jednotlivé pracovní komory, které jsou utěsněny čely. Při otáčení dochází po obvodu ke změně radiální vzdálenosti mezi rotorem a státorem a tím se mění objem komor a dochází tak k čerpání. Podle tvaru křivkové dráhy a uspořádání lamel rozeznáváme tyto hydromotory:

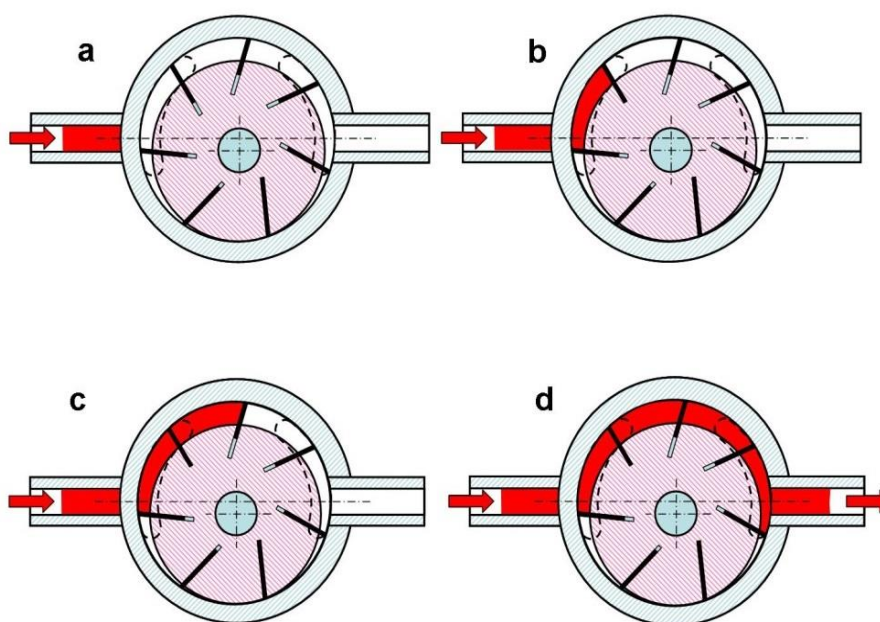
- s nevyváženým rotorem
- s vyváženým rotorem
- s lamelami ve statoru

Jejich předností je schopnost vytvořit velký točivý moment při malých zástavbových rozměrech a malém momentu setrvačnosti.

Maximální geometrický objem	cm ³ /ot	222
Maximální pracovní tlak	MPa	32
Minimální otáčky	ot/min	50
Maximální otáčky	ot/min	6 000

Tabulka 2 Charakteristické hodnoty lamelových hydromotorů

Lamelové hydromotory s nevyváženým rotorem se vyrábějí jak regulační tak neregulační. Využívá se především jejich možnosti změny geometrického objemu, které se dosahuje změnou výstřednosti rotoru. Pro vysoké tlaky nejsou vhodné. Působením tlaku kapaliny na rotor jen z jedné strany vznikají velké síly, které značně zatěžují ložiska.



Obr. 3 Schéma činnosti lamelového hydromotoru s nevyváženým rotorem [2]

a – vstup, b – doprava, c – průchod, d - výstup

U lamelových hydromotorů s vyváženým rotorem jsou díky souosému uložení rotoru a statoru hydrostatické síly působící na rotor vyváženy a tím je sníženo zatížení ložisek a připuštěno využití vyšších pracovních tlaků. Jedná se o nejpoužívanější typ mezi lamelovými hydromotory.

Lamelové hydromotory s lamelami ve statoru mají ve srovnání s předchozími typy nižší účinnost, jejich předností je však tichý chod a nižší cena.

3.1.3 Pístové hydromotory

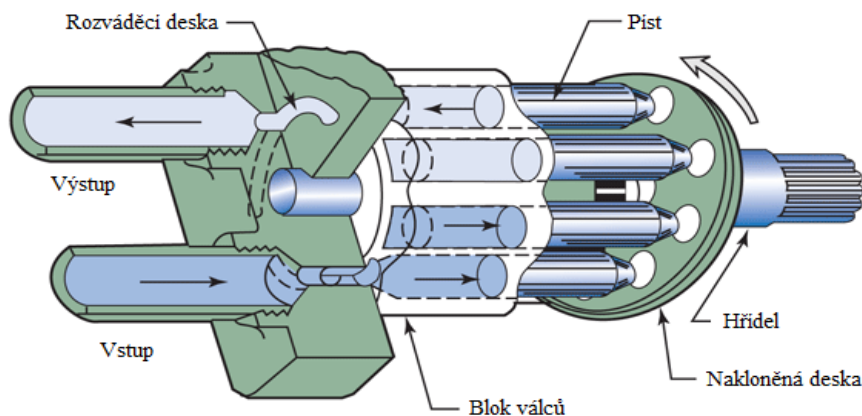
Společným znakem všech typů pístových hydromotorů je, že pracovním elementem je píst kruhového průřezu, který se přímočaře pohybuje ve válci. Válce jsou uspořádány buď jednotlivě, nebo v tzv. bloku. Jednotlivé koncepce se liší zejména kinematikou pohonu pístů a rozvodem kapaliny v hydromotoru. Konstruují se jako neregulační s konstantním geometrickým objemem nebo jako regulační s proměnlivým geometrickým objemem. Podle prostorového uspořádání pístu rozlišujeme:

- Axiální pístové hydromotory
 - S nakloněnou deskou
 - S nakloněným blokem
- Radiální pístové hydromotory
 - S písty v rotoru (s rotujícím blokem válců)
 - S písty ve statoru

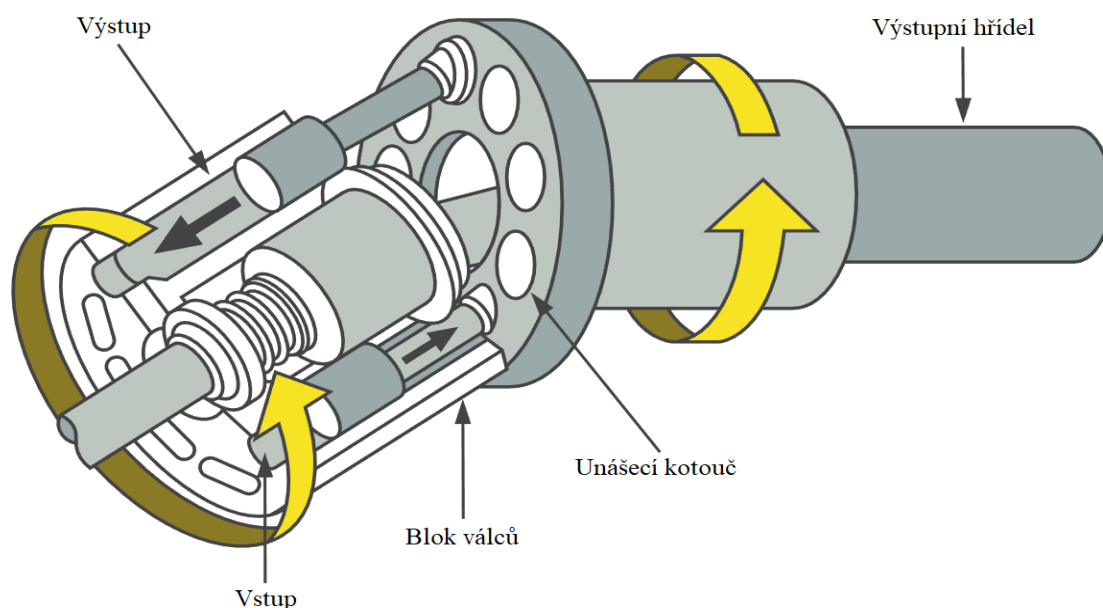
3.1.3.1 Axiální pístové hydromotory

Písty axiálních pístových hydromotorů jsou umístěné ve válcích, jejichž osy jsou rovnoběžné s osou otáčení bloku válců. Písty jsou v neustálém styku s rovinnou deskou, která je vůči ose bloku válců skloněná. Změnou úhlu mezi osou hřídele a osou bloku válců, případně změnou úhlu sklonu šikmé desky se řídí zdvih pístů a tím lze dosáhnout změny geometrického objemu. Při vzájemném pohybu bloku a desky vykoná píst za jednu otáčku rotoru jeden nasávací zdvih a jeden výtlačný zdvih.

Hydromotory s nakloněnou deskou mají nižší rozběhový moment, menší účinnost a vyžadují kvalitní filtraci provozní kapaliny. Nejčastěji se používají u hydrostatických převodů pro pojezdy mobilní techniky.



Obr. 4 Axiální pístový hydromotor s nakloněnou deskou [10]



Obr. 5 Axiální pístový hydromotor s nakloněným blokem [10]

Hydromotor s nakloněným blokem je oproti předchozímu typu rozměrnější a citlivější k rázovému zatížení, ale má větší regulační rozsah. Uplatnění nachází v hydrostatických pohonech na nástavbách mobilní techniky, např. u pohonu navijáku otočného jeřábu.

Maximální geometrický objem	cm ³ /ot	989
Maximální pracovní tlak	MPa	48
Minimální otáčky	ot/min	50
Maximální otáčky	ot/min	14 000

Tabulka 3 Charakteristické hodnoty axiálních pístových hydromotorů

3.1.3.2 Radiální pístové hydromotory

Společným znakem všech konstrukčních koncepcí radiálních pístových hydromotorů jsou písty pohybující se přímočarým vratným pohybem ve válcích, rovnoměrně rozložených po obvodě a s osou kolmou na osu rotace hřídele. Jsou vyráběny převážně jako neregulační, jako regulační mají možnost volby geometrického objemu v hodnotách předem nastavených výrobcem. Konstruují se především pro nízké až střední otáčky v rozsahu od 1,2 do 310 ot/min a pro momenty až do 10 000 N · m. Patří mezi nejčastěji používané rotační pomaluběžné vysokomomentové motory. [2]

Maximální geometrický objem	cm ³ /ot	23 000
Maximální pracovní tlak	MPa	45
Minimální otáčky	ot/min	0
Maximální otáčky	ot/min	1 400

Tabulka 4 Charakteristické hodnoty radiálních pístových hydromotorů

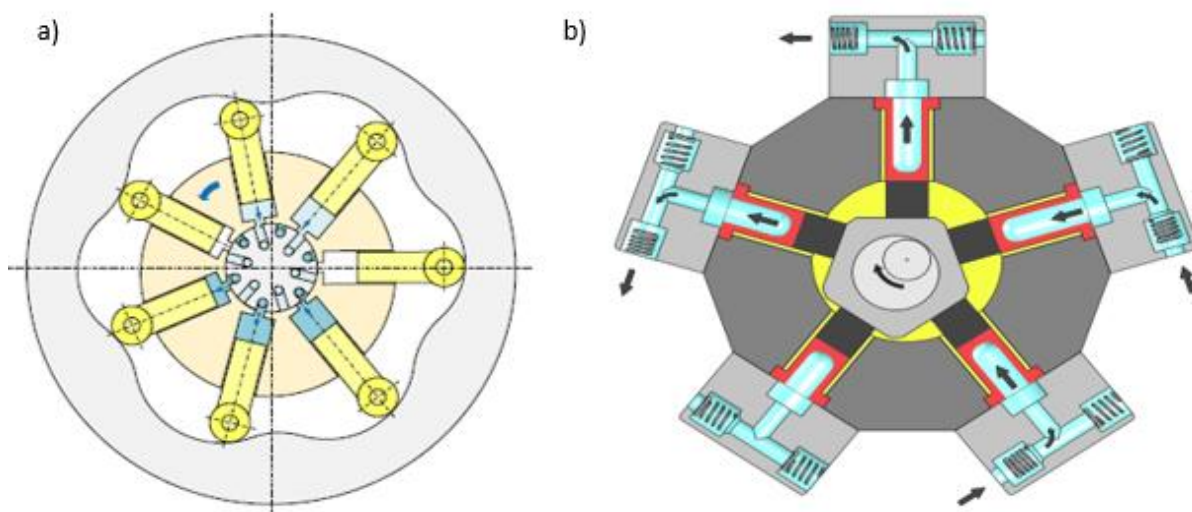
Rozlišují se základní dvě konstrukční provedení radiálních pístových hydromotorů:

- S písty v rotoru
- S písty ve statoru

U motorů s písty v rotoru dále rozlišujeme motory s excentricky uloženým kotoučem a s křivkovou dráhou pístu. Díky křivkové dráze lze získat větší výstupní moment než u hydromotoru s excentricky uloženým kotoučem při stejném tlakovém spádu. Vyšší je také účinnost.

Hydromotory s písty ve statoru nabízejí vysokou mechanickou účinnost, hladký průběh točivého momentu i při velmi nízkých otáčkách za vysokého tlaku a vysoký výkon i při rozběhu pod zátěží.

Oba typy motorů se s výhodou využívají tam, kde je lze vestavět přímo do hnaného zařízení. Nejčastější je jejich aplikace v pohonech navijecích bubnů jeřábů a pohonech pojezdových kol mobilních strojů. V případě požadavku zvláště vysokého točivého momentu lze radiální pístové hydromotory kombinovat s planetovým převodem.



Obr. 6 Schéma radiálního pístového hydromotoru a) s písty v rotoru b) s písty ve statoru [10]

3.1.4 Šroubové hydromotory

Pracovními orgány šroubových hydromotorů jsou šroubová vřetena uložená s malou radiální vůlí ve statoru. Vyrábějí se v provedení se dvěma nebo třemi šroubovými vřeteny, které mohou mít buď jednochodý, nebo vícechodý závit. Pracovní prostor je tvořen závitovou mezerou, záběrem vřeten a tělesem motoru.

Jedná se o neregulační převodníky. Ale jako hydromotory nejsou příliš rozšířené. Mnohem více se využívají jako hydrogenerátory. Jejich výhodou je rovnoměrnost úhlové rychlosti, nízká hlučnost a nenáročnost na čistotu a viskozitu provozní kapaliny. Mezi hydromotory mají však nejmenší účinnost, velmi malý výstupní moment a jsou náročné na výrobu. Mohou pracovat s tlaky do 20 MPa. [1]

3.2 Přímočaré hydromotory

Přímočaré hydromotory, označované též jako hydraulické válce jsou v podstatě jednopístové motory, v kterých se činný element, píst kruhového průřezu, pohybuje přímočarým vratným pohybem. Působením hydraulické kapaliny na činnou plochu pístu převádějí její tlakovou energii na mechanickou práci. Provozní tlak kapaliny je maximálně 20 až 35 MPa. Výsledný pohyb je vlivem malé stlačitelnosti stejnoměrný a regulovatelný.

Kromě pístu patří mezi hlavní části a konstrukční prvky přímočarých hydromotorů válec, pístnice, víka válce a hydraulická těsnění. Válec bývá většinou vyroben z přesné bezešvé trubky s vnitřním opracováním na požadovanou geometrickou přesnost a drsnost. Pístnice, na níž je často jako samostatný element montovaný píst, zabezpečuje přenos síly z pístu na hnaný člen. Z konstrukčního hlediska tak musí být dostatečně tuhá. Povrch pístnice, který přichází do styku s vnějším prostředím, které je často prašné a korozivní, je vhodné chránit pochromováním. Moderní konstrukce přímočarých hydromotorů s minimálními průtokovými ztrátami dosahují účinnosti 0,94 až 0,98. [3]

Kromě vysoké účinnosti je jejich předností také jednoduchá konstrukce, která je velmi rozmanitá podle účelu a způsobu použití, jednoduchá výroba, vysoká spolehlivost a malé zástavbové rozměry a hmotnost, při kterých však dokáží přímočaré hydromotory vyvinout velké síly.

Důležitou roli při provozu přímočarého hydromotoru hraje správný způsob jeho uchycení ke konstrukci pracovního stroje. Je třeba dodržovat zásadu, že se na hydromotor nesmí přenášet příčné síly nebo namáhání na ohyb.

3.2.1 Rozdělení přímočarých hydromotorů

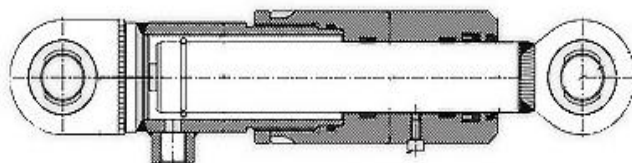
Primární rozdělení přímočarých hydromotorů je dle pracovního způsobu na jednočinné a dvojčinné. Pracovní zdvih je u jednočinných motorů způsoben tlakovou kapalinou a vratný pohyb zajišťuje pružina či vnější zatížení. U dvojčinných motorů jsou pohyby v obou směrech ovládnány tlakovou kapalinou. Přímočaré hydromotory rozdělujeme:

- a) Podle pracovního způsobu:
 - Jednočinné (jednosměrné působení síly)
 - Dvojčinné (obousměrné působení síly)
- b) Podle konstrukčního provedení pístu a pístnice:
 - S plunžrem
 - S jednostrannou pístnicí (diferenciální píst)
 - S oboustrannou pístnicí
 - Bezpístnicové
- c) Podle počtu stupňů:
 - Jednostupňové
 - Vícestupňové

3.2.1.1 Přímočaré hydromotory jednočinné

Přímočarý hydromotor s plunžrem

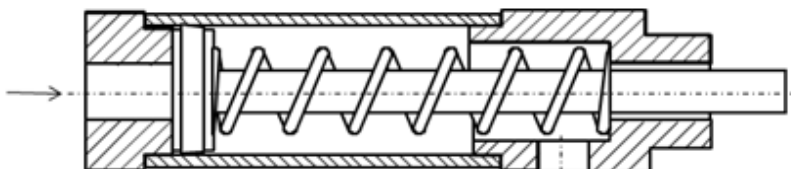
Je nejjednodušším hydraulickým motorem. Plunžr plní funkci pístu a pístnice zároveň. Vnější průměr plunžru je přibližně stejný jako vnitřní průměr pracovního válce. Výhodou tohoto provedení je nutnost těsnění pouze v místě výstupu pístnice z válce, relativní výrobní nenáročnost a odolnost proti nečistotám. Jedná se o jednostupňový motor s jednostrannou pístnicí. Vratný pohyb je možný pouze vnější silou. Vyrábějí se v provedení s válcovým nebo s plochým plunžrem. [4]



Obr. 7 Schéma jednočinného hydromotoru s plunžrem [4]

Přímočarý hydromotor s pružinou

Tento jednostupňový motor má již píst i jednostrannou pístnici. Pracovní kapalina se obvykle přivádí na stranu bez pístnice a vratný pohyb pístu do výchozí polohy zajišťuje pružina. Využitím pružiny se zjednodušuje řízení kapaliny, která by jinak pro návrat musela být přiváděna na píst z druhé strany. Oproti hydromotoru s plunžrem je potřeba umístit těsnění na píst i pístnici.



Obr. 8 Schéma jednočinného hydromotoru s pružinou [4]

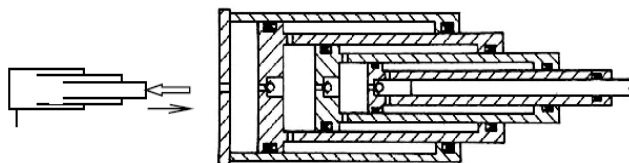
Přímočarý hydromotor gravitační

Konstrukčně podobný předchozímu typu. Jednostupňový motor s jednostrannou pístnicí, jejíž návrat do výchozí polohy je zajištěn gravitační silou.

Přímočarý hydromotor teleskopický

Vícestupňový představitel ze skupiny přímočarých jednočinných hydromotorů. Celkový zdvih se dosáhne postupným vysouváním jednotlivých stupňů, počínaje pístem maximálního průměru. Píst předcházejícího stupně tvoří válec stupně následujícího. Při takovém uspořádání se síla vyvinutá jednotlivými stupni postupně zmenšuje a rychlost vysouvání se zvyšuje. Při vysouvání dílčích válců tak nastávají skokové změny tlaku a rychlosti.

V případě potřeby stejnoměrného pohybu po délce celého zdvihu, lze použít hydromotor s konstantní rychlostí vysouvání. Tlakové prostory jednotlivých válců jsou navzájem spojeny pouze jednosměrnými



ventily, které jsou v činnosti pouze při prvním naplnění a při kompenzaci unikajícího oleje. Kanály propojují tlakové prostory pod písty s prstencovým prostorem nejbližší většího válce. Poloha menšího pístu je stejně velká jako prstencová plocha, která tento válec obklopuje. Během zdvihu působí na plochách pístu stejné zatížení. Tlak pod nejmenším pístem je tak větší než pod nejbližší větším pístem a nejmenší tlak je pod největším pístem. Po přívodu oleje pod největší píst vykonávají všechny písty současně pohyb stejnou rychlostí po celé délce zdvihu.

Obr. 9 Schéma teleskopického motoru s konstantní rychlostí vysouvání [1]

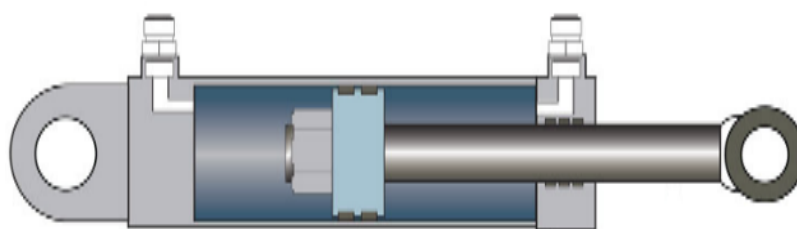
Hydromotory mohou být zatíženy pouze axiální silou a v zasunutém stavu nesmí přenášet žádné silové zatížení. Jsou vhodné pro značné zdvihy, kde je zároveň požadován malý vestavný rozměr. Typické je jejich využití například pro vyklápění korby nákladních automobilů a zařízení s podobnou funkcí.

3.2.1.2 Přímočaré hydromotory dvojčinné

Přímočarý hydromotor s jednostrannou pístnicí (jednostupňový)

Jedná se o nejčastěji používaný typ motoru. Vzhledem k jednostranné pístnici je plocha pístu z jedné strany větší než z druhé. Pohyb v obou směrech způsobuje kapalina, která je přiváděna buď levým, nebo pravým otvorem. Při konstantním tlaku a přiváděném množství kapaliny je rychlost a síla pístu různá, a to podle směru pohybu. Výkon motoru však zůstává přibližně konstantní. V případě požadavku na stejnou rychlost pístnice v obou směrech pohybu, je nutné použít regulačního hydrogenerátoru. Pro dosažení stejné pracovní síly v obou směrech se používá redukčních ventilů. [4]

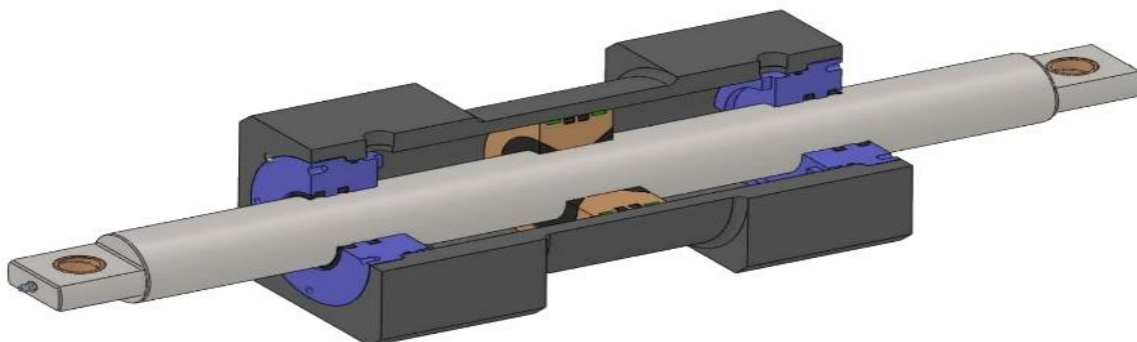
U dvojčinných přímočarých motorů s jednostrannou pístnicí je pístnice namáhána střídavě na tah a na vzpěr.



Obr. 10 Schéma dvojčinného hydromotoru s jednostrannou pístnicí [10]

Přímočarý hydromotor s oboustrannou pístnicí (jednostupňový)

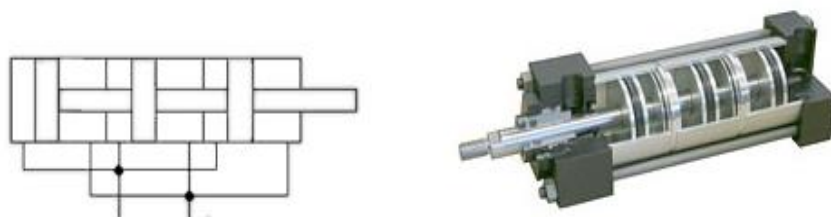
U těchto motorů často vykonává pracovní pohyb válec a pístnice bývá pevně uchycena. Rychlost a síla na píst jsou v obou směrech stejné. Je však nutné těsnit tři místa. Píst a oba konce pístní tyče. Výhodou je namáhání pístnice v obou směrech pohybu na tah, nikoliv na vzpěr. Nevýhodou může být velká stavební délka. Využívají se proto většinou tam, kde je to nezbytně nutné, např. jako hydraulický posuv stolu brusky.



Obr. 11 Řez dvojčinným motorem s oboustrannou pístnicí [10]

Přímočarý hydromotor pro zvětšení pracovní síly (vícestupňový)

Zvětšení pracovní síly se dosahuje tandemovým uspořádáním hydromotoru. Jeho válce jsou rozděleny na tři části za účelem zvětšení pracovní plochy pístu a tím dosažení vyšší pracovní síly na pístnici. [4]



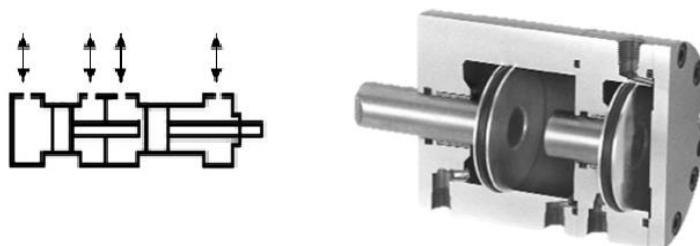
Obr. 12 Schéma dvojčinného vícestupňového hydromotoru pro zvětšení pracovní síly [4]

Přímočarý hydromotor pro zvětšení pracovního zdvihu (vícestupňový)

Funkce tohoto dvoupístového oboustranného motoru je patrná již z názvu. Je-li válec navíc rozdělen stěnou, je možné dosáhnout dvou zdvihů a při rozdílném zdvihu obou částí i tří různých zdvihů výstupní pístnice.

Přímočarý hydromotor pro řízení velikosti zdvihu

Charakteristickým znakem těchto hydromotorů je duplexní uspořádání. Dva nebo více válců je spojených v řadě, písty však nejsou přes pístnice vzájemně propojeny. Pístnice jednoho válce prochází pístnicovým těsněním a vyčnívá vždy do dalšího válce. Zdvihy jednotlivých válců se mohou lišit. Nastavením řízení dílčích válců v daném okamžiku lze dosáhnout několika různých délek zdvihů.



Obr. 13 Schéma dvojčinného vícešupňového duplexního hydromotoru [4]

3.2.1.3 Přímočaré hydromotory bezpístnicové

V současném trendu zmenšování technických systémů je třeba využít kompaktnějších komponent, které dnešní trh nabízí. Právě pro tyto případy jsou určeny bezpístnicové (rodless) válce. Vyrábějí se především ve variantách pro pneumatiku, ale některé typy lze použít i pro nízkotlakou hydrauliku. Řadí se mezi dvojčinné přímočaré hydromotory.

V hydraulice se využívá provedení, u kterého je spojení posuvného členu s pístem zajištěno skrze kabel. Ten je z obou stran připevněn na píst a vyveden ven z válce, kde je přes klady spojen s posuvným členem. V pracovním režimu je posuvný člen tažen proti směru pohybu pístu.

Kromě již výše uvedeného lze hydromotory také rozdělit dle jejich použití na:

- motory překonávající pouze pasivní odpory
- motory přesných posuvových mechanismů
- motory určené k překonávání vnější zátěže

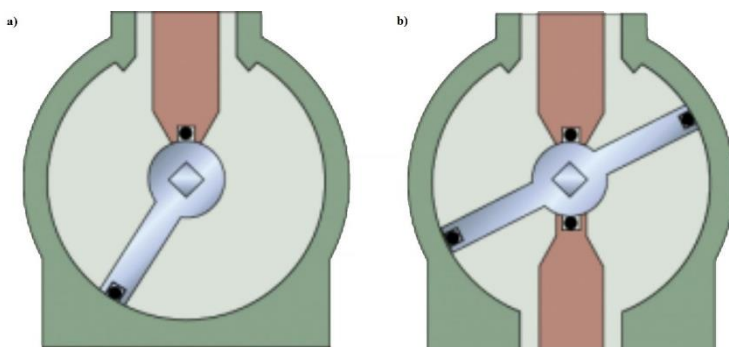
3.3 Hydromotory s kyvným pohybem

Hydromotory s kyvným pohybem se využívají k přenosu točivého momentu. Pracovní člen koná kývavý či otáčivý pohyb v rozsahu několika otáček. Rozdělují se dle způsobu přenosu točivého momentu na:

- Hydromotory s otočnou lopatkou (otočným pístem)
- Hydromotory s mechanickým převodem

Hydromotor s otočnou lopatkou

V tělese (válcí) hydromotoru je na hřídeli uložena lopatka (lamela) s maximálním úhlem výkyvu 300° . Přívodem tlakové kapaliny do prostoru mezi lopatku a těleso vznikne síla, která lopatku otáčí do krajní polohy. Vzhledem ke konstantnímu tlaku, pracovní ploše a ramenu síly je vznikající moment po dobu celého pootočení lopatky konstantní. V případě požadavku na větší moment lze využít hydromotor s dvoustrannou lopatkou, avšak úhel výkyvu tohoto provedení je max. 100° . Značně problémové je u těchto hydromotorů utěsnění lopatky a hřídele mezi tlakovým a odpadním prostorem. Účinnost bývá poměrně nízká v rozmezí hodnot mezi 60-70%. Pracovní tlak kapaliny se pohybuje od 1,5 do 20 MPa dle požadavku.



Obr. 14 Schéma kyvného hydromotoru a) s jednostrannou lopatkou b) s dvoustrannou lopatkou [5]

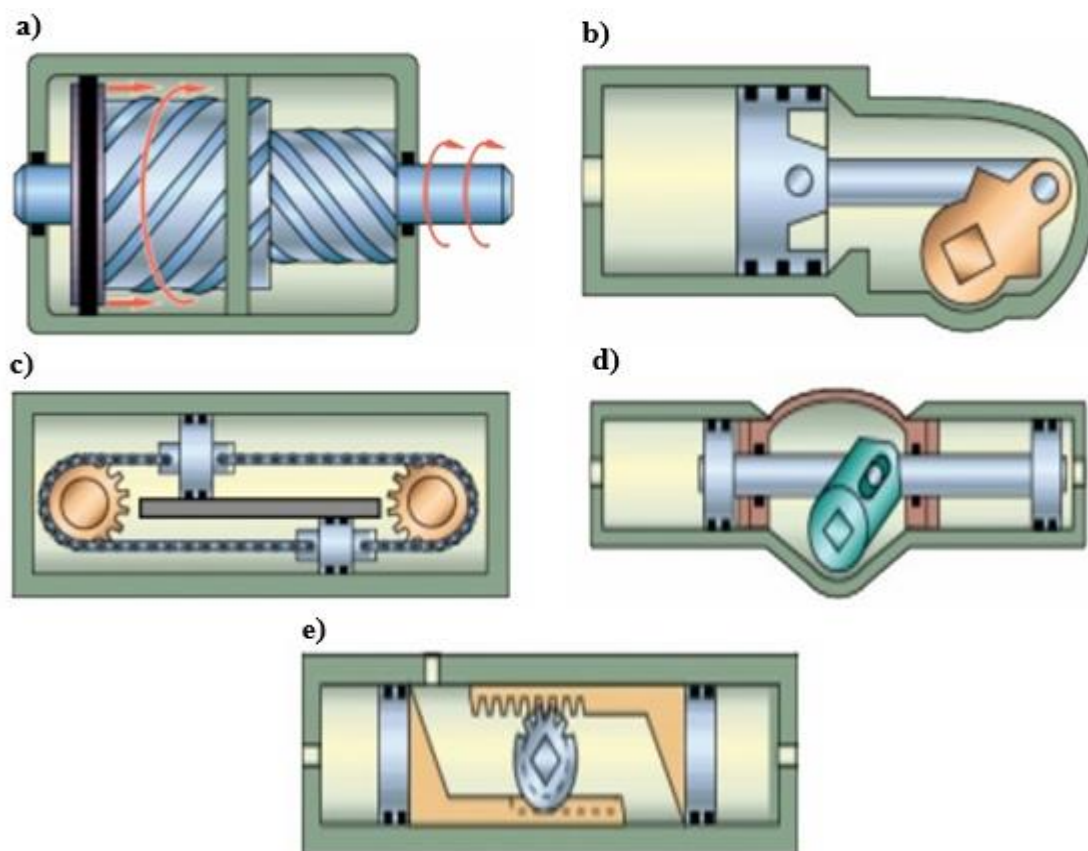
Hydromotory s mechanickým převodem

Pracují na principu převodu přímočarého pohybu pístu na kyvný nebo rotační pohyb výstupního členu. Vzájemná poloha činného prvku a výstupní hřídele je buď souosá, nebo je hřídel na osu pístu kolmá. Mohou se otáčet i o více jak jednu otáčku. Úhel natočení výstupního hřídele může být 180° , 360° , 720° i více v závislosti na konstrukci motoru. Nejčastější využití nacházejí v oblasti manipulace s průmyslovými materiály, automatizaci a manipulačních systémech. Rozdělují se dle transformačního členu na:

- Hydromotor se šroubovým převodem
- Hydromotor s klikovým hřídelem
- Hydromotor s řetězovým spojením pístů
- Hydromotor s přímovratnou křížovou kulisou
- Hydromotor s ozubeným hřebenem

Maximální rotace	°	1 800
Maximální pracovní tlak	MPa	21
Minimální točivý moment	N · m	68 000

Tabulka 5 Vybrané specifikace kyvných hydromotorů vyráběných firmou Parker



Obr. 15 Schéma kyvného hydromotoru s a) šroubovým převodem b) klikovým hřídelem c) řetězovým spojením pístů d) přímovratnou křížovou kulisou e) ozubeným hříbenem [7]

4 Pneumatické motory

Pneumatické motory využívají ke své práci stlačeného vzduchu, jehož energii, která je jak tlaková tak i kinetická, mění na mechanickou energii. Podle druhu energie, která je v motoru využívána, je rozdělujeme na pneumostatické a pneumodynamické.

Pneumostatické motory využívají tlakovou, popř. deformační energii stlačeného vzduchu, pneumodynamické motory pak využívají jeho kinetické energie. Pneumatické motory lze stejně jako hydromotory rozdělit podle pohybu výstupního členu do tří základních skupin:

- a) Rotační pneumatické motory
- b) Kyvné pneumatické motory
- c) Přímočaré pneumatické motory

Při návrhu pneumatického mechanismu je třeba brát na zřetel rozdílnost oproti hydraulickým mechanismům. Plyn jako nositel energie má dvě rozhodující specifické vlastnosti:

- Uzavřený objem vzduchu je elastický – plyn je stlačitelný
- Uzavřený objem tlakového vzduchu akumuluje energii.

Stlačený vzduch je nutno během provozu zbavit nečistot, vlhkosti a nasýtit olejovou mlhou pro zajištění mazání pohyblivých částí.

4.1 Rotační pneumatické motory

Pneumatické rotační motory patří do kategorie objemových strojů, v nichž se předává tlaková energie vzduchu na pohybový člen, který vykonává buďto vratný nebo rotační pohyb. Vzhledem k velmi malé celkové energetické účinnosti je jejich využití v praxi nízké. Hodnota účinnosti pneumatického motoru se pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,15. I přes uvedenou nevýhodu je možno zaznamenat některé přednosti pneumatických motorů ve srovnání s jinými typy motorů:

- Jednoduchá konstrukce
- Možnost provozu v prašném, vlhkém i korozivním prostředí
- Schopnost akumulace energie, tlumení rázů a kmitání v pohonu
- Schopnost trvalého přenosu maximálního zatížení až do úplného zastavení

Pneumatické motory se také lépe přizpůsobují značným změnám zatížení, kmitání, vibracím a časté reverzaci v průběhu pracovního cyklu. Bývají však hlučné a obtížná je i přesná regulace otáček. Snižováním provozního tlaku a snižováním minutového objemu stlačeného vzduchu lze přestavovat výkon, otáčky a točivý moment motoru. Podle konstrukčního uspořádání dělíme rotační pneumatické motory na:

- a) Pístové pneumatické motory
- b) Zubové pneumatické motory
- c) Lamelové pneumatické motory
- d) Turbínové pneumatické motory

4.1.1 Pístové pneumatické motory

Pístové pneumatické motory se rozlišují dle uspořádání na:

- Motory s uspořádáním válců do V
- Motory s válci v řadě
- Ploché motory s písty proti sobě
- Motory s axiálními písty
- Motory s radiálními písty

Motory s radiálními písty jsou nejrozšířenější. Válce jsou hvězdicově uspořádány kolem osy rotace motoru. Písty konají ve válcích přímočarý vratný pohyb a pohánějí pomocí ojnic klikovou hřídel. Použití klikového mechanismu umožňuje dosáhnout vysokého záběrového momentu. Řízení průtoku stlačeného a odpadního vzduchu u jednotlivých válců probíhá za pomoci rotačního válcového šoupátka, jehož pohyb je odvozen od pohybu hřídele motoru.

4.1.2 Zubové pneumatické motory

Konstrukce zubových motorů je velmi jednoduchá, velmi podobná zubovým hydromotorům. Ve skříni motoru jsou s nepatrnými čelními a obvodovými vůlemi uložena dvě ozubená kola, s přímým, šikmým nebo šípovým ozubením. Motory s přímými a šikmými zuby pracují jako plnotlaké a reverzaci otáček lze provést změnou přívodu a odvodu vzduchu či ozubeným pře-

vodem. Motory se šípovým ozubením pracují s expanzí a změna směru otáčení se provádí ozubeným převodem.

Motory s přímými zuby jsou velmi hlučné, mají velkou měrnou spotřebu vzduchu a vysokou hmotnost. Použitím šikmého ozubení lze snížit hlučnost i rozměry a tím i hmotnost. V průběhu pracovního cyklu je potřeba zachycovat vznikající axiální síly v ozubených kolech pomocí ložisek. U motorů se šípovým ozubením axiální síly nevznikají a mají větší celkovou účinnost.

Existují také motory s několika ozubenými koly s vnějším i vnitřním ozubením. Jsou konstruovány pro dosažení většího výkonu při menších rozměrech.

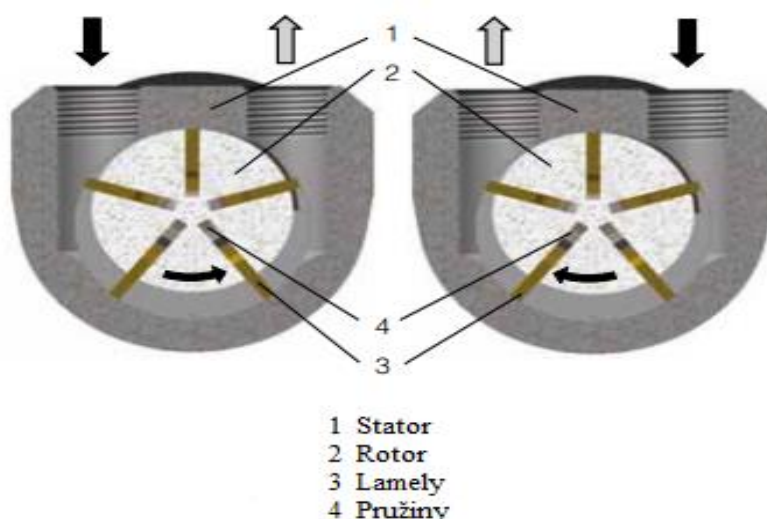
Výhodou zubových motorů je přetížitelnost až do úplného zastavení bez jakýchkoliv následků. Mezi nevýhody patří již zmíněná hlučnost, velká hmotnost a vysoká měrná spotřeba vzduchu.

4.1.3 Lamelové pneumatické motory

Lamelové motory jsou nejrozšířenějším typem mezi pneumatickými rotačními motory. Vynikají především jednoduchou konstrukcí a malou hmotností. Mají klidný chod, avšak vysokootáčkové motory jsou během pracovního cyklu velmi hlučné.

Lamelový motor je tvořen státorem, ve kterém je excentricky uložený rotor s podélnými zářezy, v nichž jsou posuvně uloženy lamely. Ty jsou při otáčení odstředivou silou, případně s pomocí pružiny, vysouvány z drážek a přitlačovány ke stěně statoru a rozdělují tak prostor mezi rotorem a státorem na jednotlivé komory. Stlačený vzduch je přiváděn otvorem ve statoru do prostoru, kde působí na činnou plochu lamely a roztáčí rotor.

Využívají se především k pohonu rotačních ručních nástrojů, proto je konstrukce motoru přizpůsobena konstrukci celého stroje. Jejich rozšíření je dáno především bezpečným provozem, možností přetížení až k úplnému zastavení a možností plynulého řízení otáček.



Obr. 16 Schéma lamelového pneumatického motoru

4.1.4 Turbínové pneumatické motory

Rozlišují se axiální, radiální, tangenciální turbíny a turbíny s volným prouděním. Hlavním konstrukčním prvkem je stator (pevné kolo) s rozváděcími lopatkami, které tvoří trysky. Ty urychlují a směřují stlačený vzduch na oběžné lopatkové kolo, rotor, který se tlakem vzduchu roztáčí. Používají se převážně k pohonu speciálních vysokootáčkových nástrojů jako nástrojové brusky, zubní vrtačky apod.

4.2 Kyvné pneumatické motory

Pneumatické kyvné motory pracují na principu přeměny energie stlačeného vzduchu, ve formě zdvihu válce, na oscilační pohyb výstupního hřídele. Vynikají jednoduchou konstrukcí a vzhledem ke své velikosti jsou schopné vyvinout veliké síly. Jako většina pneumatických pohonů mohou pracovat v prostředí s nebezpečím výbuchu, ale i ve velmi znečištěném prostředí. Dle transformačního členu dělíme kyvné pneumatické motory na:

- Pneumatický motor s ozubeným hřebenem
- Pneumatický motor s lamelami

Oba uvedené typy jsou vyráběny jako jednočinné i dvojčinné. Jednočinné motory používají pro návrat do výchozí polohy nejčastěji pružinu. Tím lze ušetřit stlačený vzduch, který by byl potřeba pro zpětný zdvih. Dvojčinné motory však poskytují větší kontrolu pohybu a mohou pracovat při vyšších rychlostech.

4.2.1 Kyvný pneumatický motor s ozubeným hřebenem

Konstrukční provedení a princip práce je obdobný jako u kyvného hydromotoru s ozubeným hřebenem. Ozubený hřeben, plnící funkci pístu, se působením stlačeného vzduchu posouvá a otáčí pastorkem. Ke zdvojnásobení výstupního točivého momentu lze přidat druhý ozubený hřeben na protilehlou stranu pastorku.

Pneumatické motory s ozubeným hřebenem nabízejí nejširší rozsah točivého momentu a výkyvu. Mechanická účinnost se pohybuje mezi 90% až 95%.

4.2.2 Kyvný pneumatický motor s lamelami

Motory mají těleso s válcovým vrtáním, ve kterém je na hřídeli uložena lamela. Stlačený vzduch je přiváděn vždy na jednu stranu lamely a tím dochází k otáčení hřídele, dokud není dosaženo konce zdvihu. Úhel výkyvu u typu s jednou lamelou je omezen na 280°. V provedení s dvoustranou lamelou je maximální úhel výkyvu 100°, točivý moment je však dvojnásobný. Účinnost těchto pohonů snižuje především třením lamel o stěnu válce a netěsnosti. Pohybuje se mezi 75% až 85%.

4.3 Přímočaré pneumatické motory

Pneumatické válce mění energii stlačeného vzduchu na mechanickou energii translačního pohybu. Podle principu práce, v mnohých směrech i konstrukce, jsou přímočaré pneumatické válce velmi podobné hydraulickým. Na rozdíl od hydraulických válců mají pro porovnatelnou hodnotou vyvozované síly některé výhody:

- Jednoduchá konstrukce
- Technologická nenáročnost
- Schopnost dosahovat vysokých rychlostí pohybu pístu
- Možnost pracovat v prašném a výbušném prostředí

Mezi jejich nevýhody patří:

- Obtížná regulace rychlosti
- Nemožnost řízení velikosti zdvihu mezi krajními polohami

Základní rozdělení pneumatických přímočarých motorů je dle pracovního způsobu na jednočinné a dvojčinné.

4.3.1 Přímočaré pneumatické motory jednočinné

Přímočaré pneumatické motory pístové

Pracovní zdvih je u tohoto typu pneumotoru zajištěn působením stlačeného vzduchu pouze na jednu stranu pístu. Motor tudíž vykonává mechanickou práci pouze v jednom směru. Vratný pohyb zpět bývá zajištěn pružinou, jejíž použitelná délka vymezuje celkový zdiv, případně může být zpětný pohyb vyvozen vnější silou. V případě pístu s pružinou je síla vyvíjená tlakem vzduchu na plochu pístu menší o sílu pružiny působící proti pohybu pístu. Oproti dvojčinným válcům mají nižší spotřebu vzduchu, ale jsou delší o dosednutou pružinu a nelze u nich nastavit a řídit rychlost zpětného pohybu.

Přímočaré pneumatické motory membránové

Pro aplikace, u kterých je vyžadován malý zdvih, by byl přímočarý motor s pístem nevhodný. V takovém případě se dostávají ke slovu membránové motory, u kterých je píst nahrazen membránou, která bývá rovná nebo vlnitá. Ta je tlakem vzduchu uvnitř válce prohýbána a její průhyb je přenášen na lineární pohyb pístnice. Zdvih u rovných membrán bývá do 40 mm a 80mm u vlnitých. Zpětný pohyb může zajišťovat napružení membrány nebo šroubovitá pružina.

Novým typem pneumatického membránového motoru je fluidní sval. Pneumatický sval je tažný pohon, který je podobný biologickému svalu. Skládá se z kontrakční hadice a připojovacích prvků. Kontrakční hadice je tvořena membránou a vnitřní vložkou z aramidové příze.



Obr. 17 Fluidní sval [8]

Příze slouží jako výztuha i pro přenos síly. Membrána hermeticky uzavírá provozní médium. Po přivedení vnitřního tlaku se membrána ve tvaru hadice roztáhne. Tak se vytvoří tažná síla a kontrakce v podélném směru. Maximální užitelná tažná síla je na začátku kontrakce a se zdvihem klesá. Tohoto pohonu se využívá nejčastěji v oblasti upínání u zvedacích zařízení či jako pneumatické pružiny.

4.3.2 Přímočaré pneumatické motory dvojčinné

Přímočaré pneumatické motory dvojčinné s pístní tyčí

U dvojčinných motorů síla daná působením tlakového vzduchu umožňuje pohyb pístu v obou směrech, to znamená, že stlačený vzduch působí střídavě na obě strany pístu. Válec tak pro návrat do výchozí polohy nepotřebuje pružinu. Zdvih u těchto válců je libovolný, je však třeba brát v úvahu namáhání pístní tyče na vzpěr. Rychlost pohybu pístu lze nastavit v obou směrech. Podle konstrukčního provedení rozlišujeme dvojčinné pneumatické válce na:

- Pneumatické válce s jednostrannou pístnicí
- Pneumatické válce s oboustrannou pístnicí
- Tandemové pneumatické válce

Přímočaré pneumatické bezpístnicové válce

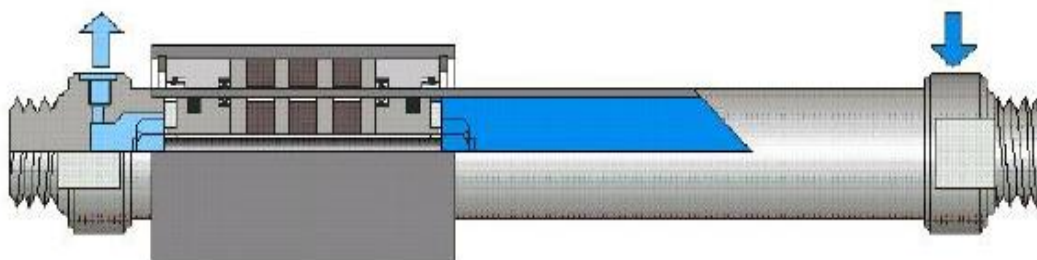
Bezpístnicové válce jsou vhodným řešením při požadavku na minimalizaci zástavbového prostoru či velkého zdvihu, jelikož není potřeba brát v úvahu namáhání pístní tyče na vzpěr. Velkou výhodou je také větší činná plocha pístu v důsledku chybějící pístní tyče. Vyvozaná síla je tak stejná v obou pracovních směrech a není třeba měnit pracovní tlak k vyvážení sil.

Rozlišujeme tyto druhy bezpístnicových pneumatických válců:

- S posuvným členem vlečeným pístem
 - a. Mechanické pneumotory
 - b. Magnetické pneumotory
- S posuvným členem vlečeným kabelem

Bezpístnicové pneumotory magnetické s posuvným členem vlečeným pístem

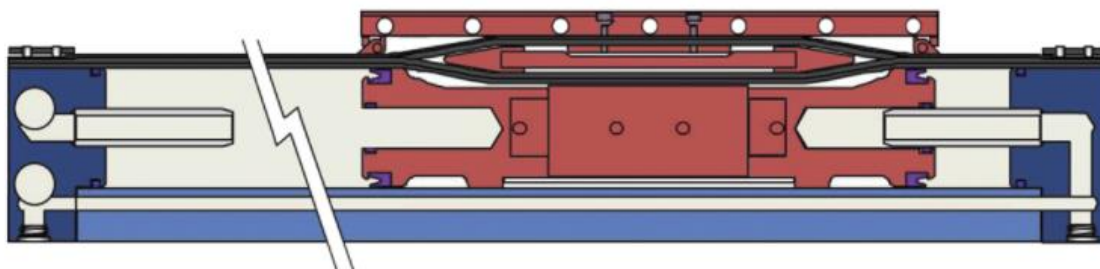
Na pístu uvnitř válce je umístěný magnet, který vyvolává silné magnetické pole, jímž je vlečen posuvný člen nacházející se vně válce. Síla magnetického pole limituje pracovní sílu celého pneumotoru. Nejsou tak určeny pro práci s nadměrnou zátěží. Prostředí, ve kterém pracují, musí být zbaveno magnetických částic. Jejich přitažení magnetem by mohlo poškodit pohyblivou část motoru.



Obr. 18 Schéma magnetického bezpístnicového pneumotoru [4]

Bezpečnostní pneomotory mechanické s posuvným členem vlečeným pístem

Patří mezi nejrozšířenější bezpečnostní pneomotory. Posuvný člen pohybující se vně válce je mechanicky spojen s pístem. Spojení je provedeno můstkem přes podélnou drážku vytvořenou ve válci. Ta je utěsněna vnitřním labyrintovým těsněním a z vnějšku uzavřena krycím pásem. Oba pásy jsou vzájemně propojeny. Projíždějící můstek spoj postupně rozpojuje a v místě za můstkem je opět uzavírán. Není zde zajištěna absolutní těsnost, ale jsou schopny přenést větší zatížení než předchozí typ. Můstek má pevné vedení v drážce válce a je proto odolný proti příčným výkyvům i naklápění.



Obr. 19 Schéma mechanického bezpečnostního pneomotoru

Bezpečnostní pneomotory s posuvným členem vlečeným kabelem

Posuvný člen umístěný vně válce je vlečený kabelem vedeným na obou stranách válce kladkou a uchyceným k pístu. Pohyb posuvného členu je vždy v opačném směru než pohyb pístu. Tyto válce jsou vhodné pro aplikace vyžadujících vysokou rychlost cyklu s nižšími požadavky na přesnost.

Tlumení válců v koncových polohách

Aby se předešlo vzniku rázů při dojezdu pístu do koncové polohy, využívají pneumatické válce tlumení v koncových polohách. Tlumení může být nenastavitelné, pomocí tlumících vložek, případně nastavitelné. Princip nastavitelného tlumení v úvratích spočívá v uzavření hlavního odfuku do atmosféry pístem. Pro výtok vzduchu tak zůstává jen malý průtočný průřez. Tím dojde ke stlačení vyfukovaného vzduchu, který zpomalí píst před dosažením koncové polohy. Velikost vznikajícího přetlaku lze nastavit škrtícím zpětným ventilem. Teplo, vzniklé zvýšením tlaku vzduchu, se odvádí víčky a dny válců do okolního prostředí.

5 Trendy a budoucnost hydraulických a pneumatických pohonů

Výroba hydraulických a pneumatických pohonů již řadu let podléhá normám. Díky tomu jsou výrobci nuceni k vývoji kvalitnějších výrobků. Současné vývojové trendy jsou tlačeny snižováním nákladů, zvyšováním kvality, energetické účinnosti a miniaturizací prvků. Kladen je tak větší důraz na použití nových materiálů, zlepšování kvality stávajících materiálů a jejich technologického zpracování. Tím se zvyšuje užitná hodnota a prodlužuje se životnost prvků. Moderním trendem je pak především přesnější regulace pohonů a precizní řízení pomocí elektroniky.

Důvodem, který tlačí výrobce k neustálému zlepšování, může být například rozvoj elektromechanických a elektrických systémů. Hydraulické a pneumatické pohony si v jejich rostoucí konkurenci stále udržují místo při uplatnění ve strojních zařízeních jednak díky svým charakteristickým vlastnostem a také díky intenzivnějšímu využívání řídicí techniky. To vede k návrhu hydraulických a pneumatických pohonů jako mechatronických systémů.

Tekutinové mechanismy se uplatňují při realizaci přímočarých pohybů a regulovaných pohonů, u kterých je možno regulovat polohu, rychlost a sílu. Silnými stránkami je zatížitelnost pohonů a rozmanitost konstrukčních provedení akčních členů.

Snaha o zmenšování při stejném nebo vyšším výkonu vedla například k vývoji kompaktních elektrohydraulických pohonů. Dříve standartní koncepce typu hydraulický válec – čerpadlo – agregát – ventily a spousta metrů trubek a hadic se tak zkoncentrovala do jednoho kompaktního celku, který je na stroji umístěn tam, kde byl dříve válec, ale vedou k němu už pouze dráty.

6 Řízení tekutinových pohonů

6.1 Řídící prvky tekutinových mechanismů

Při přenosu energie v tekutinových mechanismech je potřeba realizovat operace, které umožní řízení výstupních parametrů pohonu podle požadavků daných technologickým procesem. Mezi základní operace řízení výstupních parametrů tekutinového obvodu patří hrazení průtoku, řízení průtoku a řízení tlaku nositele energie a uskutečňují se skrze řídicí prvky, jež jsou vhodnou funkční kombinací základních konstrukčních prvků

6.1.1 Prvky pro hrazení průtoku

Prvky pro řízení směru (hrazení) proudu je možno rozdělit podle základních konstrukčních znaků na:

- Jednosměrné (zpětné) ventily
- Rozvaděče
- Vestavné ventily

Jednosměrné (zpětné) ventily

Umožňují průtok tekutiny pouze v jednom směru, v opačném směru průtok uzavírají. Uzavíracím prvkem bývá kulička, kuželka nebo manžeta, která je tekutinou a pružinou přitlačována do sedla ventilu. V opačném směru posune tekutina uzavírající prvek proti síle pružiny a protéká ventilem.

Pokud je potřeba zajistit průtok i ve směru, ve kterém jednosměrný ventil za normálních podmínek uzavírá, lze využít řízeného jednosměrného ventilu. Ten po zavedení tlakového signálu umožňuje průtok ve směru, ve kterém byl předtím hrazen.

Spojením dvou řízených jednosměrných ventilů vznikne tekutinový zámek. Pomocná kuželka je ovládána středním pohybujícím se pístem. Zámek hradí průtok ve dvou větvích, které jsou zpravidla spojeny s vývody přímočarého motoru.

V pneumatice se často využívá pneumatický dvojitý jednosměrný ventil, často označovaný jako ventil logické funkce „OR“. Propouští průtok stlačeného vzduchu pouze, je-li tlak v jednom ze vstupních kanálů, přičemž kanál, kterým není přiváděn tlakový vzduch, je uzavřen. Využíván je také ventil s funkcí logického součinu „AND“, který propouští průtok stlačeného vzduchu jen, je-li stejný tlak v obou vstupních kanálech. Při nestejném tlaku vzduchu ve vstupních kanálech je ve výstupu proud vzduchu s nižším tlakem.

Rozvaděče

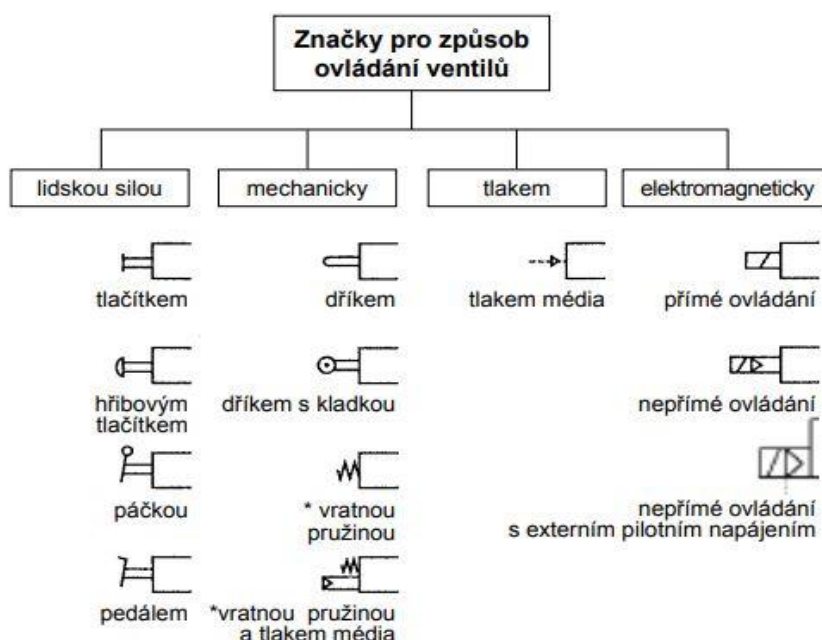
Jsou to ventily, které umožňují měnit směr proudu tekutiny, popř. průtok uzavřít. Používají se především pro řízení směru a přerušování pohybu motorů. Podle tvaru základního funkčního prvku se rozvaděče dělí na šoupátkové, ventilové a sedlové.

Podle počtu vedení (cest) označujeme rozvaděče jako dvoucestné, třícestné, čtyřcestné a vícecestné. Cestou se rozumí kanál, kterým tekutina vtéká nebo vytéká z rozvaděče. Dále rozlišujeme rozvaděče podle počtu poloh jako dvoupolohové, třípolohové a vícepolohové. Ke znázornění rozvaděčů včetně popisu a činnosti ve schématech slouží normalizované grafické značky.

Označování vývodů (přípojů)	Staré značení	Značení dle ISO 5599
Výstup z rozvaděče k motoru	A, B, C	2, 4, 6
Přípoj tlaku od zdroje	P	1
Přípoj k nízkotlaké větvi potrubí / odvzdušnění	R, S, T	3, 5, 7
Řídící (ovládací) vstupy	X, Y, Z	10, 12, 14

Tabulka 6 Značení jednotlivých přívodů

Přestavení rozvaděče po požadované poloze je možno realizovat lidskou silou, mechanicky, elektromagneticky nebo stlačeným vzduchem.



Obr. 20 Značky pro způsob ovládání rozvaděčů [6]

Šoupátkové rozvaděče - průtočný průřez se provádí přestavováním polohy válcového, plochého nebo rotačního šoupátka.

Ventilové rozvaděče - průtok jednotlivými kanály je ovládán řízenými jednosměrnými ventily. Umožňují pracovat s velkými proudy a s kapalinami s malou mazací schopností.

Sedlové rozvaděče – využívány při práci s malými průtoky a vysokými tlaky, při požadavku na zajištění těsnosti. Základním konstrukčním prvkem je kulička.

Dvoucestné dvupolohové (2/2) a třícestné dvupolohové (3/2) ventily rozlišujeme podle stavu v klidové poloze. Je-li proud vzduchu uzavřen, pak jej označujeme jako uzavřený ventil N.C. (Normally Closed). Prochází-li v klidové poloze ventilem vzduch ze vstupu na výstup označuje se jako normálně otevřený N.O. (Normally Open).

Vestavné ventily

Jedná se o moderní, logické prvky, pro hrazení průtoku nositele energie. Jejich výhodou je možnost plnit více funkcí. Kromě hrazení průtoku umožňují také řízení průtoku a tlaku v obvodě. Vhodným propojením vestavných ventilů lze sestavit rozvaděč s libovolným počtem vstupů a s libovolnou kombinací jejich vzájemného propojení. [7]

6.1.2 Prvky pro řízení tlaku

Jedná se o prvky, s jejichž pomocí lze udržovat v obvodech konstantní tlak, redukovat tlak, připojovat či odpojovat sériově zapojené prvky a spojitě řídit tlak elektrickými signály. Podle uvedených funkcí rozdělujeme prvky pro řízení tlaku na ventily:

- Tlakové (pojistné a přepouštěcí)
- Redukční
- Připojovací
- Odpojovací

Tlakové ventily

Jedná se o prvek, u něhož je tlak na vstupu téměř nezávislý na průtoku. Z hlediska jejich funkce v obvodu rozlišujeme tlakové ventily na pojistné a přepouštěcí. V současnosti se jejich konstrukční uspořádání neliší.

Pojistný ventil – slouží k jištění obvodu proti tlakovému přetížení. Otevírá se pouze při přetížení nastaveného tlaku.

Přepouštěcí ventil - udržuje nastavený tlak na konstantní hodnotě.

Redukční ventily

Prvky, jejichž úkolem je snížit vstupní tlak před ventilem na požadovanou výstupní hodnotu. Připojují se vždy k prvkům do série. Mohou být jednostupňové nebo dvoustupňové v provedení dvoucestném nebo třícestném.

Připojovací ventily

Univerzální prvky se schopností plnit v obvodě více funkcí – předepínací, postupovou, odlehčovací.

Odpojovací ventily

Při dosažení požadovaného tlaku automaticky přeruší průtok v obvodě od zdroje. Po poklesu tlaku průtok opět umožní.

6.1.3 Prvky pro řízení průtoku tekutin

Připojením těchto prvků do obvodu dochází ke změně odporu průtoku tekutiny. Tlaková energie se při průtoku mění v energii tepelnou, která způsobí zvyšování teploty tekutiny. Mezi řídicí prvky průtoku patří:

- Clony a trysky
- Škrticí ventily
- Škrticí ventily se stabilizací

Clony a trysky

Prvky s konstantním odporem proti pohybu. Velikost odporu je závislá na průtočném průřezu a jeho délce. Rozdíl mezi tryskou a clonou je v délce škrticího otvoru.

Škrticí ventily

Umožňují spojitou změnu odporu proti pohybu. Velikost odporu je opět závislá na průtokovém průřezu ventilu.

Škrticí ventily se stabilizací

Spojením škrticího ventilu s redukčním ventilem lze získat zařízení schopné poskytnout konstantní výstupní rychlost nebo otáčky řízeného motoru. Redukční ventil zabezpečí konstantní tlakový spád na škrticím ventilu.

6.1.4 Proporcionální ventily

Řídicí prvky, které svým uspořádáním umožňují spojitě řízení proudu nebo tlaku elektrickými signály. Řídicí signál je buď napěťový, nebo proudový.

Proporcionální ventily pro řízení proudu

Rozdělují se na proporcionální škrticí ventily a proporcionální rozvaděče.

Proporcionální škrticí ventily – řídí okamžitou hodnotu průtoku ventilem úměrně velikosti elektrického řídicího signálu. To umožňuje plynulé řízení rozběhu i brždění tvarováním elektrického řídicího signálu.

Proporcionální rozvaděče – elektrickým signálem lze spojitě řídit polohu šoupátka, a tím i velikost a směr průtoku

Proporcionální ventily pro řízení tlaku

Udržují nastavenou hodnotu provozního tlaku odpovídající velikosti elektrického řídicího signálu nebo provozní tlak redukuje na hodnotu úměrnou elektrickému řídicímu signálu.

6.1.5 Servoventily

Pracují na podobném principu jako proporcionální ventily, ale jejich konstrukce jim dává vyšší přesnost a výrazně lepší dynamické charakteristiky. Používají se pro regulaci v systémech s uzavřenou smyčkou. Rozdělovací člen, šoupátko, je řízeno servomotorem. Řízení je zpětnovazební a zpětnou vazbou může být poloha šoupátka, tlak v systému, případně poloha řízeného motoru. Jsou velmi náročné na čistotu provozní kapaliny.

6.2 Řízení hydraulických pohonů

Pro přizpůsobení výstupních charakteristik hydromotoru pracovním charakteristikám poháněného stoje se často setkáváme s požadavkem na spojitě či stupňovité řízení jejich parametrů:

- Síla (u přímočarého hydromotoru) nebo moment (u rotačního a kyvného hydromotoru)
- Směr pohybu
- Rychlost pohybu nebo otáčky resp. úhlová rychlost
- Poloha výstupního členu nebo úhel natočení
- Zrychlení nebo úhlové zrychlení
- Výkon a jiné další parametry

Většinu parametrů lze řídit prostřednictvím pracovní kapaliny. V podstatě se jedná o řízení základních parametrů přenosu energie, tj. tlaku nebo průtoku, nebo současně obou parametrů. Takové řízení se nazývá ventilové řízení, které využívá prvků uvedených v kapitole 5.1. Je však možno měnit i výstupní parametry motoru změnou geometrického objemu hydrogenerátoru nebo hydromotoru. Pak mluvíme o objemovém řízení.

6.3 Řízení pneumatických pohonů

Řízení pneumatických pohonů můžeme realizovat v zásadě dvěma cestami. Pneumatickými prvky (ventily) nebo elektronicky. Výběr možné varianty závisí především na složitosti řízení úlohy a možnosti měřit veličiny potřebné pro řízení. Řízené parametry jsou totožné s parametry uvedenými v předchozí kapitole.

U elektropneumatického řízení je propojena elektrická řídicí jednotka s pneumatickou výkonovou jednotkou. Elektrická řídicí jednotka přijímá elektrické signály ze signálních jednotek. K přeměně pneumatických signálů na elektrické signály slouží pneumaticko-elektrické měniče nebo tlakové spínače. Signály jsou zpracovány logicky, časově a výkonově za pomoci logických jednotek jako jsou relé, stykače apod. a následně jsou vedeny na elektromagneticky ovládané ventily nebo motory.

6.4 Hydraulické a pneumatické obvody

Tekutinový obvod je tvořen soustavou prvků, kterými je možno tekutinou přenášet energii a vyvodit tak požadované pohyby pohonu. Obvod je sestaven ze zdroje tlakové energie, z tekutinového motoru, z řídicí části, kterou lze ovládat tlak v obvodu a tím vyvozené síly, směr a průtok tekutiny, z potrubí a doplňkových prvků. Pro znázornění a popis funkce pneumatických obvodů lze použít:

- Slovní popis
- Náčrtek technologického uspořádání zařízení
- Zkrácený zápis
- Krokový diagram
- Schéma tekutinového obvodu

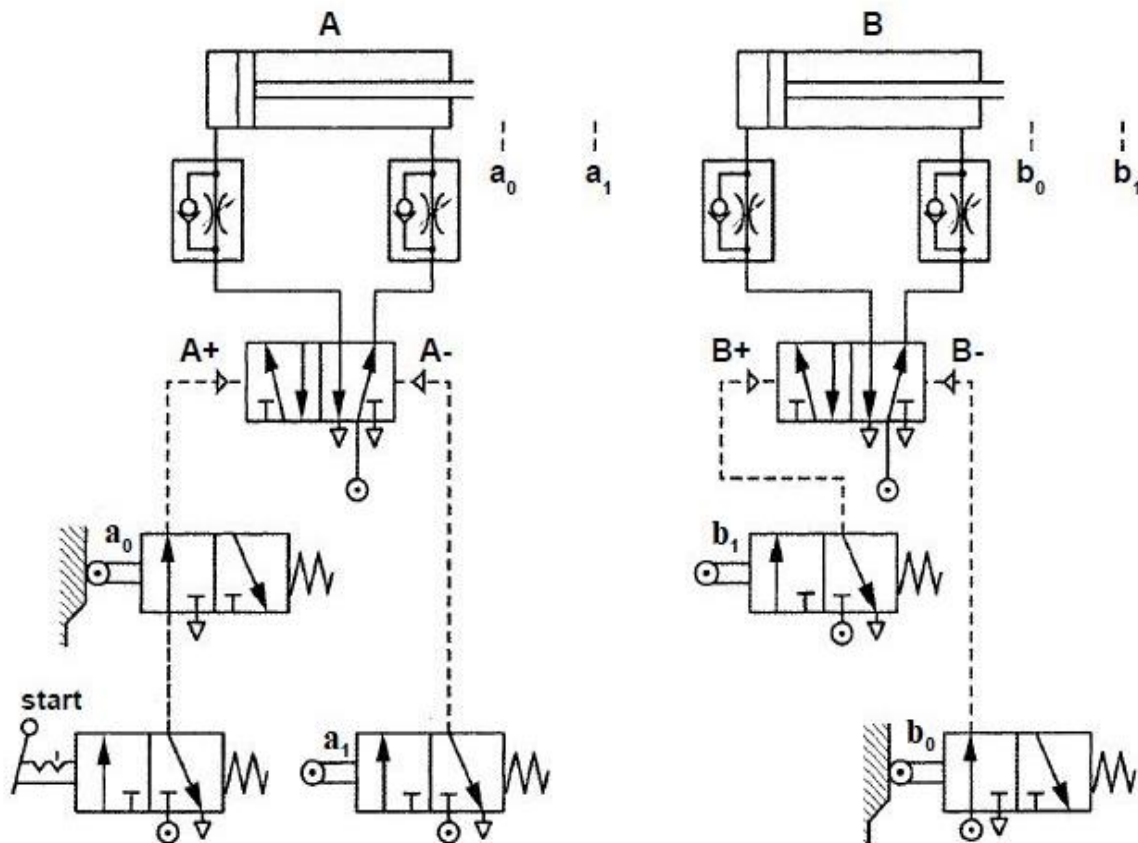
Zkrácený zápis

Slouží k snadnému, rychlému a srozumitelnému popsání chování tekutinového obvodu. Všem prvkům obvodu jsou přidělena písmena velké nebo malé abecedy. „Např. pneumatické válce se označují písmeny velké abecedy. Vysunutá pístnice pneumatického válce *A* se zapíše jako *A+*, zasunutá pístnice jako *A-*. Každý z pneumatických válců nebo pohonů má dvě koncové polohy, které se snímají v pneumatických obvodech narážkami ovládanými 3/2 N.C. ventily. Ventil aktivovaný při zasunutí pístnice pneumatického válce *A* se označí jako *a₀*, ventil aktivovaný při vysunutí pístnice jako *a₁*.“ [6]

Schéma tekutinového obvodu

Zobrazené schéma musí jednoznačně vyjadřovat funkci obvodu. Proto je při jejich kreslení potřeba dodržet určité zásady:

- Rozmístění prvků ve schématech provádět s ohledem na srozumitelnost a přehlednost, nikoliv podle skutečného rozmístění na stroji
- Válce a ventily kreslit ve vodorovné poloze
- Vedení média vést pokud možno přímo a bez křížení
- Prvky řadit zdola nahoru ve směru toku řídicích signálů a toku energie
- Prvky řadit zleva doprava podle časového sledu průběhu jejich funkcí
- Prvky jsou zobrazeny ve výchozím postavení ovládaní. V případě odchylky od této zásady, musí být na tento stav upozorněno.

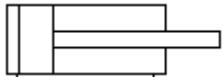

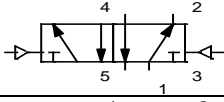
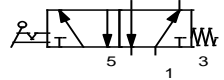
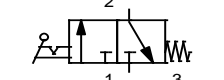
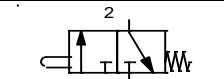
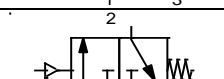






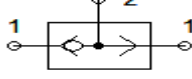
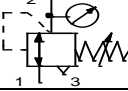


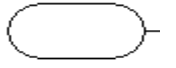
Obr. 21 Schéma pneumatického obvodu [6]

Schématické značky prvků tekutinových mechanismů pro kreslení funkčních schémat zapojení jejich obvodů, jsou stanoveny normou ISO 1219, platnou jak pro prvky používané v hydraulických, tak i v pneumatických obvodech. Symboly neznázorňují konstrukční řešení prvku, ale pouze jeho funkci.

7 Návrhy pneumatických systémů

V této části práce jsem se zaměřil na návrh pneumatických systémů s cílem demonstrovat principy funkce pneumatických mechanismů a přiblížit možné způsoby řízení, ukázat za jakým účelem a z jakého důvodu se jednotlivých prvků v obvodu nejčastěji využívá a jakým způsobem se zapojují. Jednotlivé navrhované systémy mají přispět k prohloubení teoretických poznatků nabytých během studia. Svoji koncepcí postupně směřují od nejjednodušších ke složitějším mechanismům. Posledním mechanismem je v případě této práce zařízení pro děrování pásky, které lze sestavit za pomoci stavebnice TASK PN1. Správnou funkci navrhnutého mechanismu jsem ověřil simulací v programu „FluidSim“ a zároveň fyzickou realizací ve stavebnici TASK PN1. Program „FluidSim“ je nástroj firmy Festo sloužící k návrhu a simulaci tekutinových obvodů. Je volně ke stažení ze stránek firmy Festo. Navržené úlohy jsou voleny především s ohledem na možnost realizace ve stavebnici TASK PN1.

Označení prvku	Schématická značka	počet
Dvojčinný pneumatický válec s jednostrannou pístnicí		2
Jednočinný pneumatický válec s pružinou		1
5/2 vzduchem ovládaný ventil - bistabilní		3
5/2 Ručně ovládaný ventil páčkou		1
3/2 Ručně ovládaný ventil páčkou		1
3/2 Mechanicky ovládaný ventil nárazkou		2
3/2 Vzduchem ovládaný ventil		1
3/2 Ručně ovládaný ventil tlačítkem		1
3/2 Mechanicky ovládaný ventil kladkou		2
3/2 Přímě řízený elektromagnetický ventil		5

Jednosměrný škrťací ventil		3
Dvupolohový jednosměrný ventil		1
Regulátor tlaku s vestavěným manometrem		1
Kompresor		1
Manometr		1
Vzdušník		1

Tabulka 7 Sestava pneumatické stavebnice TASK PN1

Uvedené požadavky na mechanismus u jednotlivých úloh slouží právě k demonstraci způsobů řízení, a pokud se budou v posloupnosti navrhovaných pneumatických mechanismů opakovat, nebudou již uváděny.

7.1 Pneumatický mechanismus s jednočinným pneumatickým válcem

Požadavky na mechanismus:

- Uvedení do činnosti dvěma tlačítky stlačenými současně
- Návrat do výchozí polohy
- Možnost regulace rychlosti při vysouvání pístnice
- Kontrola nastaveného tlaku

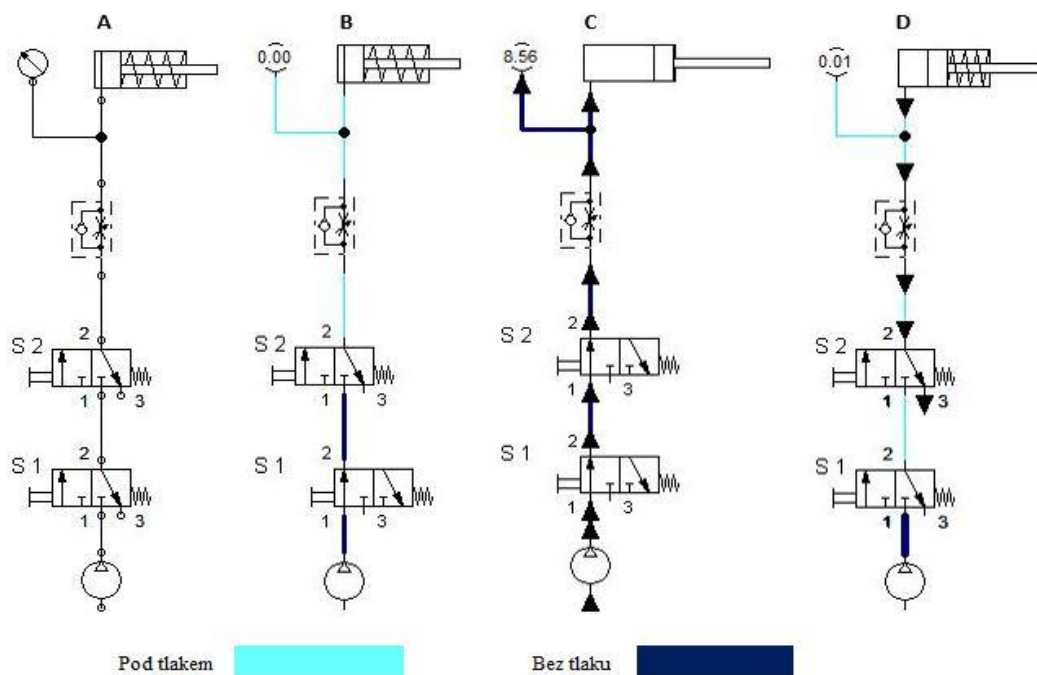
Realizace

Provedení požadavku a) lze zařídit pomocí blokování, neboli aplikací logického součinu – funkce „AND“, která je realizována sériovým zapojením dvou 3/2 ventilů. Princip funkce je patrný z obr. 29, stav B a C. Při stisknutí tlačítka S1 dojde k přestavení ventilu a kanál výstupu vzduchu je spojen s kanálem přívodu vzduchu druhého ventilu. Ten je však v klidové poloze uzavřený (N.C.) a vzduch tak uniká výfukem do atmosféry. Při stisknutí tlačítka S2 dojde k přestavení ventilu a vzduch tak může proudit do pneumatického válce a vysunout pístnici (obr. 29., stav C). Uvedení stroje do činnosti dvěma tlačítky stlačenými současně se používá z důvodu bezpečnosti u potenciálně nebezpečných strojů. Tlačítka by na stroji měla být umístěna tak, aby bylo vyžadováno použití obou rukou operátora.

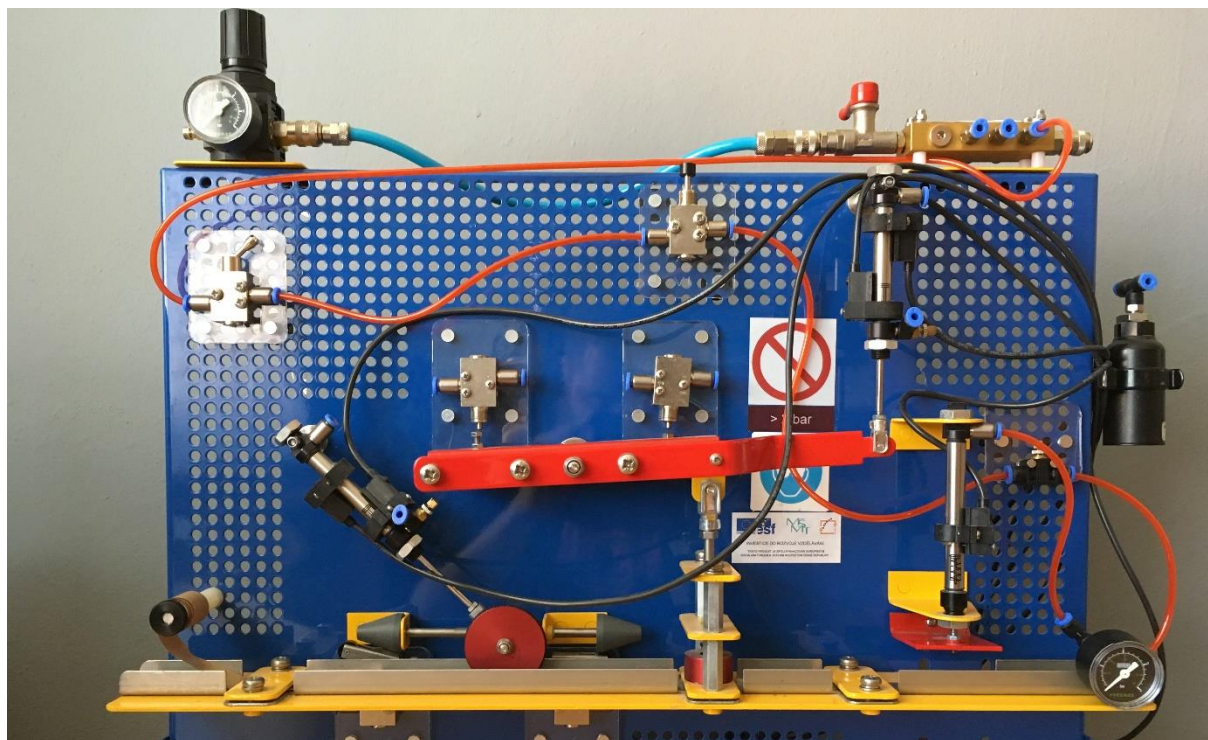
Návrat do výchozí polohy zajišťuje vratná pružina po odpojení pracovního vzduchu. Aby tak mohla provést, je potřeba odvést vzduch z válce do atmosféry. To umožní přestavení 3/2 ventilu do klidové polohy (obr. 29., stav D).

Zapojení jednosměrného škrťacího ventilu do obvodu umožňuje nastavení průtoku vzduchu škrcením vzduchu na přívodu do válce a tím i regulaci rychlosti vysouvání pístnice. Regulace rychlosti při zasouvání pístnice se u jednočinných pneumatických válců téměř nevyskytuje.

Omezení průtoku vzduchu se používá za účelem zabránění poškození stroje či pneumotoru. Kontrola nastaveného tlaku je provedena manometrem připojeným za škrťacím ventilem. Stavebnice Task PN1 bohužel neobsahuje 2 tlačítkem ovládané 3/2 ventily, proto bylo při reálném zapojení využito ventilu ovládaného páčkou.



Obr. 22 Simulace navrženého mechanismu



Obr. 23 Schéma zapojení mechanismu s jednočinným válcem ve stavebnici TASK PN1

Seznam použitých prvků:

- Jednočinný přímočarý pneumatický válec
- Logický součin
- Dva tlačítkem ovládané 3/2 ventily
- Napájení kompresorem
- Jednosměrný škrťací ventil
- Manometr

7.2 Pneumatický mechanismus s dvojjinným pneumatickým válcem s jednostrannou pístnicí

Požadavky na mechanismus:

- a) Stejná rychlost pístnice v obou směrech
- b) Zabránění samovolnému pohybu pístnice
- c) Řízení ze dvou různých míst
- d) Setrvání pístnice v koncové poloze po daný časový úsek
- e) Automatický návrat pístnice do výchozí polohy při trvalém sepnutí ventilu

Realizace

U dvojjinného pneumatického válce s jednostrannou pístnicí je plocha pístu, na kterou může tekutina působit, z jedné strany větší než z druhé. Pro dosažení stejné rychlosti pístnice při jejím pohybu na jednu i druhou stranu je potřeba do obvodu zařadit škrťací ventil na stranu bližší pístnici. Škrťací ventily se běžně zařazují na oba výstupy z válce, na straně pístnice však musí docházet k většímu škrcení.

Pro řízení dvojjinného válce se používají nejčastěji 5/2 případně 4/2 nebo 5/3 ventily. Použití dvou 3/2 ventilů je nevhodné. Pokud by oba ventily byly v klidovém stavu, bylo by možno volně pohybovat s pístnicí. To je z bezpečnostního hlediska nevhodné.

Pro návrh tohoto mechanismu byl použit bistabilní 5/2 ventil, vzduchem (řídícím signálem) ovládaný, který nezavírá jednotlivé kanály, ale pouze mění směr průtoku média ventilem. Zároveň k jeho přestavení postačí krátký impulz a ventil dále zůstane v poloze, která odpovídá signálu pro jeho přestavení. Této vlastnosti se využívá pro realizaci funkce paměti.

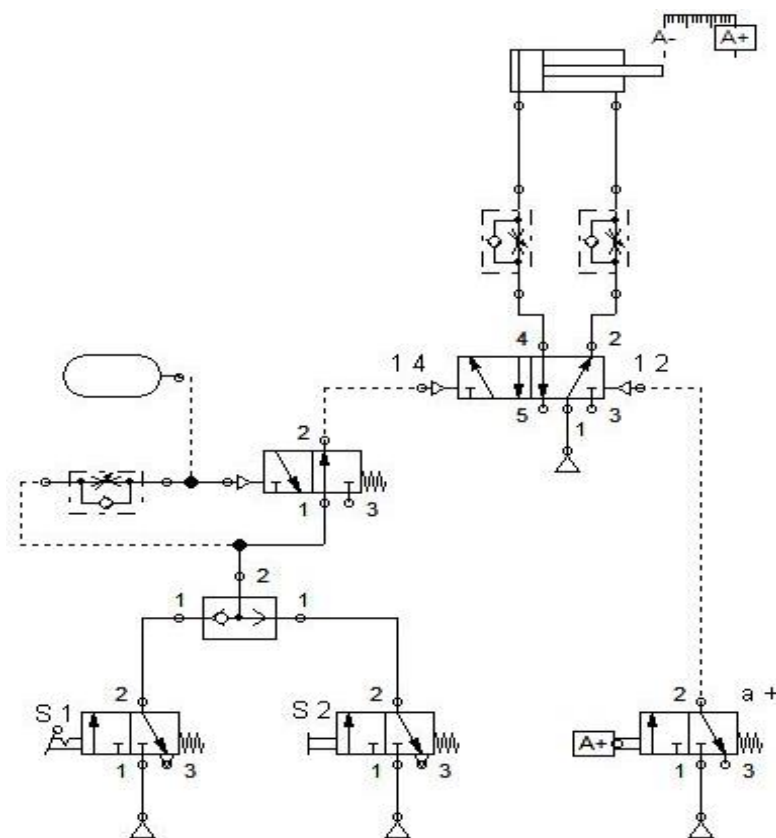
K řízení válce ze dvou různých míst lze aplikovat logický součet – funkci „OR“. Přepnutím páčky S1 nebo stiskem tlačítka S2 (obr. 24) dojde k přivedení vzduchu do logického ventilu, kterým se realizuje funkce logického součtu. Dvoupolohový jednosměrný ventil zajistí, že bude vždy otevřen pouze jeden vstup. Z výstupu tohoto ventilu bude přiveden řídicí signál na kanál 14 bistabilního 5/2 ventilu, dojde k jeho přestavení a k vysunutí pístnice dvojjinného pneumatického válce.

Návrat pístnice se zajistí nárazkou A+ (obr. 30), která na konci zdvihu pístnice přestaví v klidové poloze uzavřený (N.C.) 3/2 ventil. Tím dojde k přivedení řídicího signálu na kanál 12 vzduchem ovládaného 5/2 ventilu, který se přestaví a pístnice se zasune do výchozí polohy A-. K vyloučení vlivu polohy tlačítkem ovládaného 3/2 ventilu na automatický návrat pístnice je potřeba změnit trvalý vstupní signál na impuls. To lze provést zapojením pneumatického

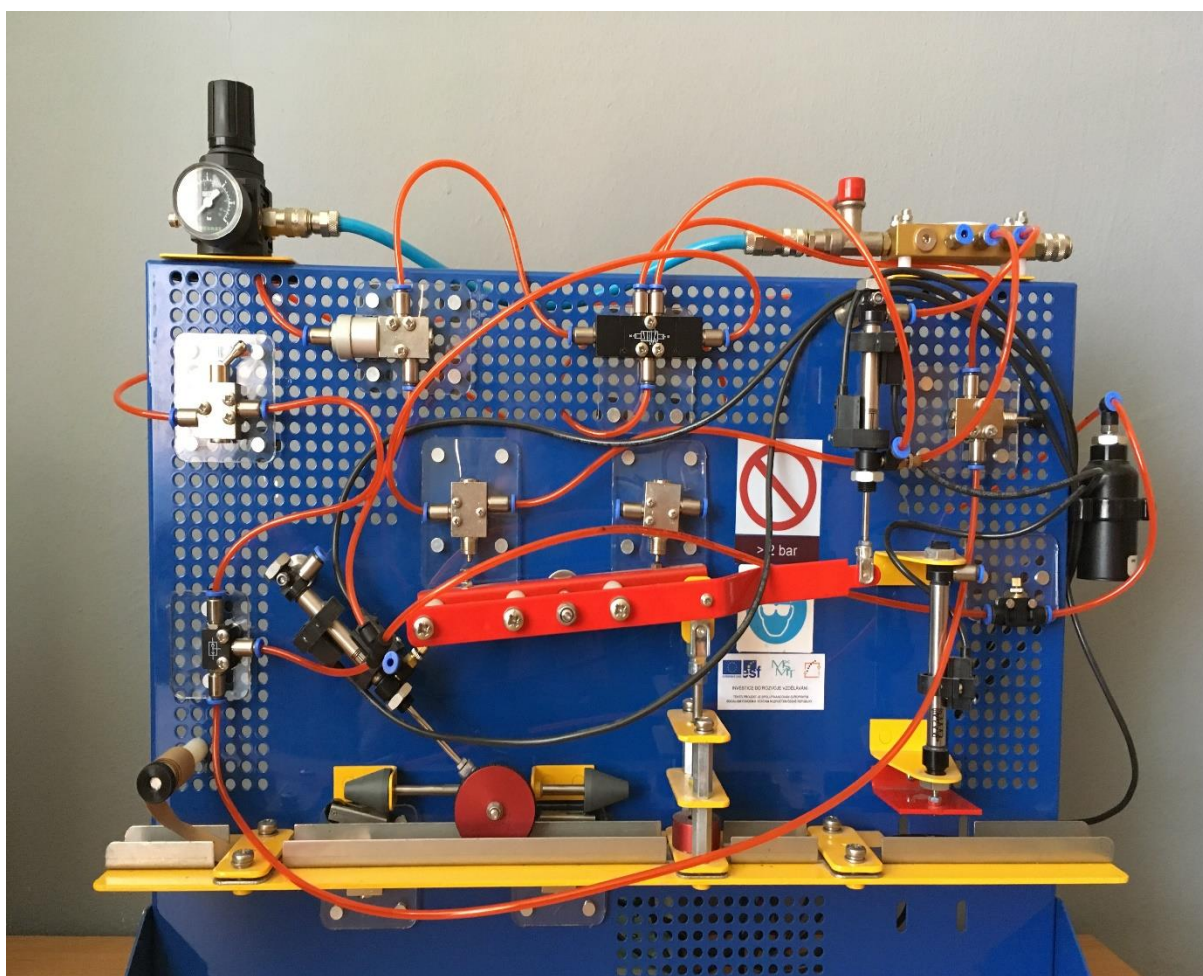
časového relé. Dobu setrvání pístnice v koncové poloze lze pak řídit škrtícím ventilem a objemem zásobníku časového relé.

Seznam použitých prvků:

- Dvojčinný pneumatický válec s jednostrannou pístnicí
- 5/2 vzduchem ovládaný ventil – bistabilní
- 3/2 ručně ovládaný ventil tlačítkem
- 3/2 ručně ovládaný ventil s páčkou
- 3/2 mechanicky ovládaný ventil nárazkou
- 3/2 vzduchem ovládaný ventil
- Tříkrát jednosměrný škrtící ventil
- Dvoupolohový jednosměrný ventil
- Vzdušník



Obr. 24 Schéma mechanismu s dvojčinným pneumatickým válcem s jednostrannou pístnicí



Obr. 25 Schéma zapojení mechanismu s dvojčinným válcem ve stavebnici TASK PN1

7.3 Pneumatický mechanismus s dvěma dvojčinnými válci

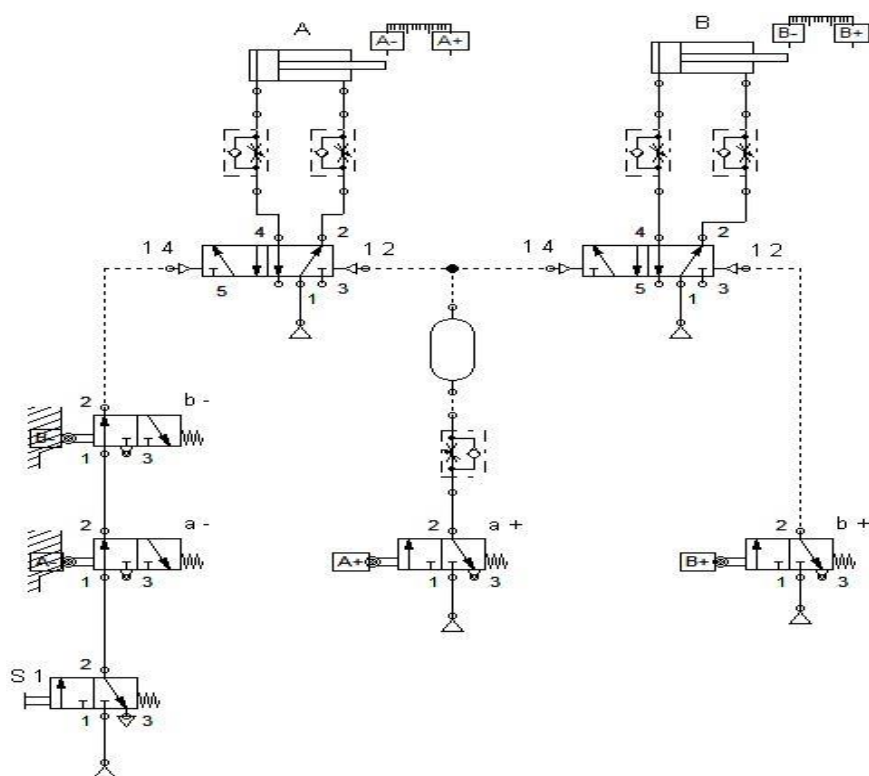
Požadavky na mechanismus

- Podmínka spuštění cyklu za předpokladu obou pneumatických válců v počáteční poloze
- Setrvání pístnice v koncové poloze pro daný časový úsek
- Návrat do výchozí polohy
- Použití pneumatického řízení

Realizace za použití pneumatického řízení

Podmínku spuštění cyklu za předpokladu obou pneumatických válců v počáteční poloze lze snadno vyřešit aplikací logického součinu, funkce „AND“. Schéma tohoto zapojení je patrné z obr. 26. Aby bylo možné tlačítkem „S1“ spustit cyklus, musejí být ventily „a-“ a „b-“ v činné poloze. Do činné polohy je přestaví přes kladku zasunuté pístnice válců.

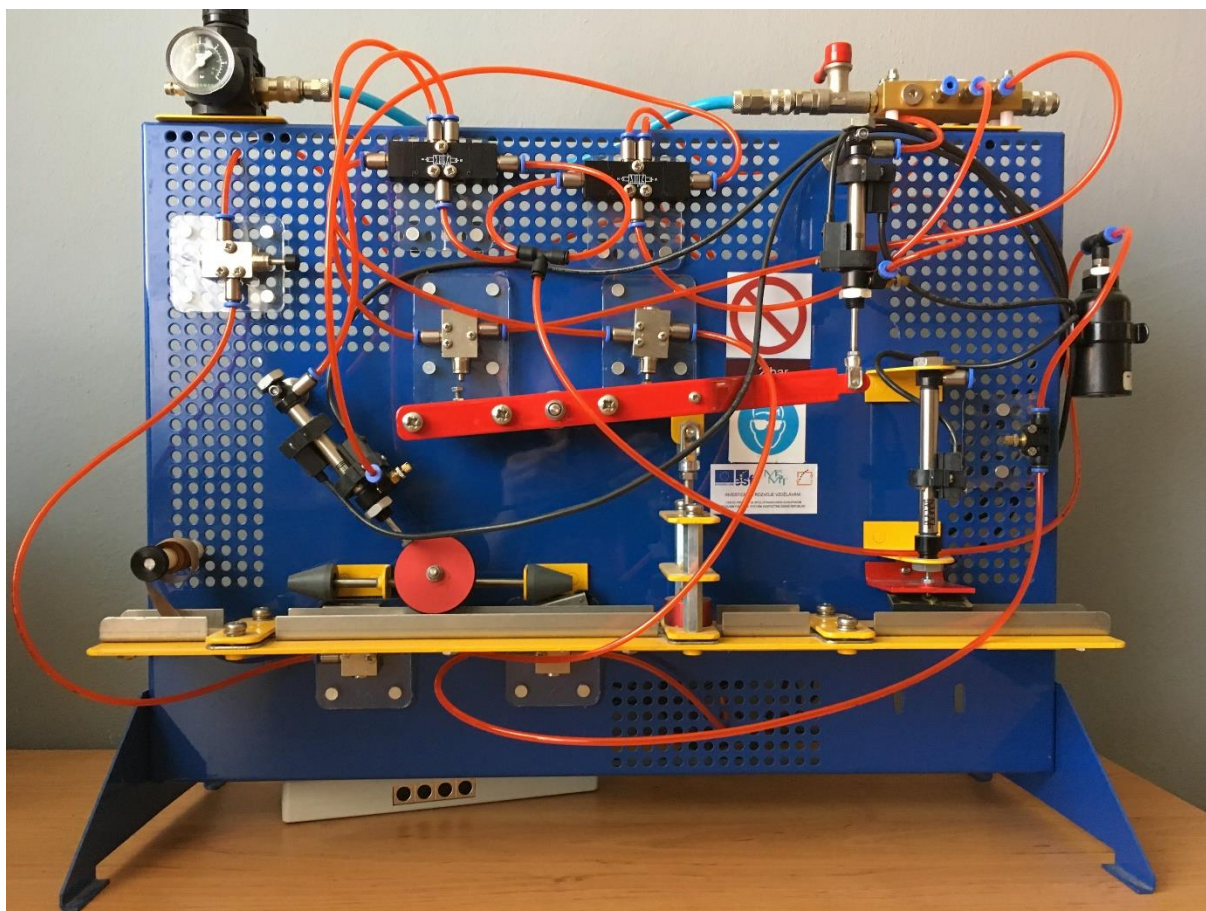
Po stisknutí tlačítka S1 se v případě splnění podmínky dostane řídicí signál na port 14 bista-bilního 5/2 ventilu, přestaví ho a pístnice pneumatického válce A je vysunuta. V koncové poloze přestaví kladkou ovládaný 3/2 ventil „a+“. Řídicí signál tak putuje na port 12 5/2 ventilu ovládajícího pístnici válce A a současně na port 14 5/2 ventilu ovládajícího pohyb válce B. Řídicí signál však nejprve musí projít skrze časové relé, jehož nastavení určuje dobu setrvání pístnice válce A v koncové poloze. Po uplynutí časového intervalu se pístnice tohoto válce zasune do výchozí polohy a započne vysouvání pístnice válce B. Ta na konci zdvihu přestaví 3/2 ventil „b+“, který vyšle řídicí signál na port 12 pilotního ventilu válce B, Dojde k jeho přestavení a návratu pístnice do výchozí polohy. Nové spuštění cyklu je možné až po opětovném stisknutí tlačítka.



Obr. 26 Schéma mechanismu pro svařování plastových dílů

Seznam použitých prvků

- Dva dvojčinné válce s jednostrannou pístnicí
- Dva 5/2 vzduchem ovládané ventily
- Čtyři 3/2 mechanicky ovládané ventily kladkou
- 3/2 ručně ovládaný ventil tlačítkem
- Pneumatické časové relé (škrťací ventil, vzdušník)
- Čtyři škrťací ventily



Obr. 27 Schéma zapojení mechanismu s dvěma dvojčinnými válci ve stavebnici TASK PN1

7.4 Zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu

Požadavky na mechanismus

- Dodržení pevně stanovené sekvence v automatickém cyklu
- Použití pneumatického řízení
- Použití elektropneumatického řízení

Sekvence mechanismu

A+, B+, / (C+, B-), A- / C-

A+	Posun
B+	Děrování
B-	Návrat děrovače do výchozí polohy
C+	Značkování
A-	Návrat válce posuvového mechanismu do výchozí polohy
C-	Návrat značkovače do výchozí polohy

7.4.1 Realizace za použití pneumatického řízení

Realizace obvodu je patrná ze schématu na obr. 28. Aby byl zajištěn běh v této pevně stanovené sekvenci, je nutné získat řídicí signál z posuvového systému a odeslat jej do systému děrovače. Po ukončení děrování musíme řídicí signál odeslat zpět do systému pro posuv a zároveň i do značkovače, aby tak mohla pokračovat nepřetržitá sekvence.

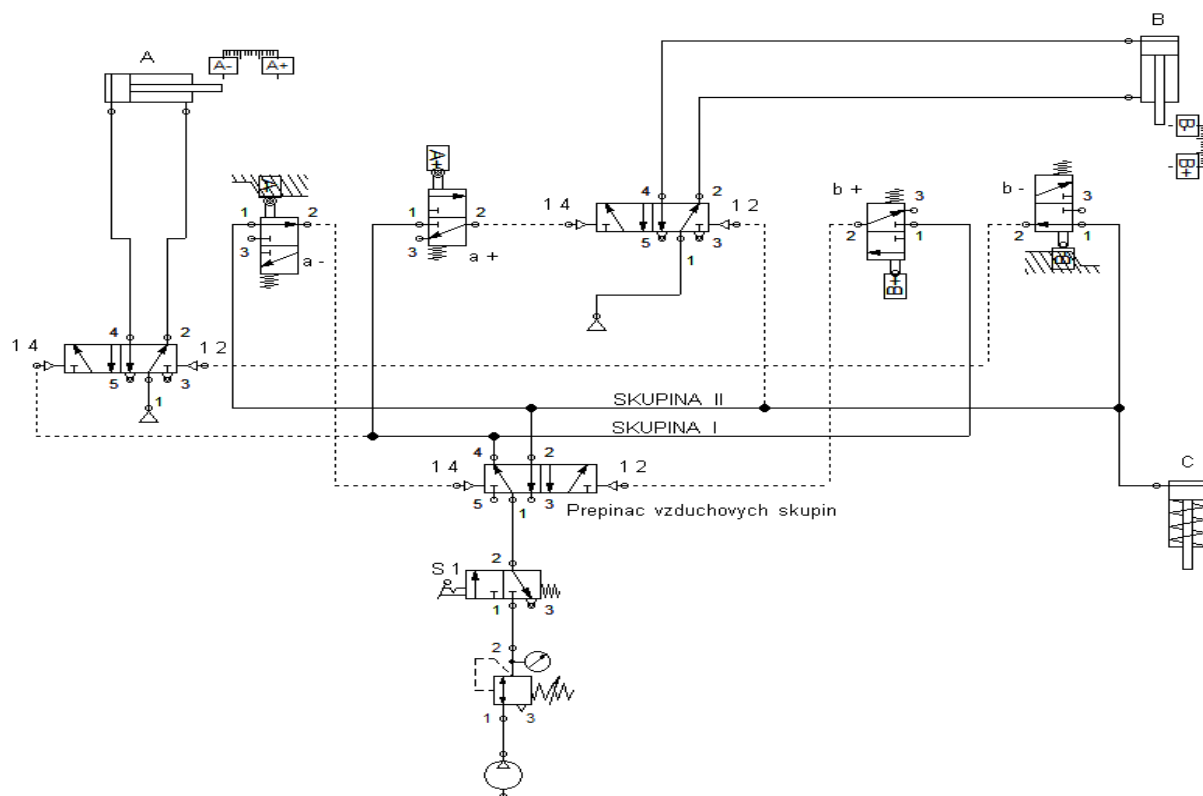
Při návrhu je potřeba vyvarovat se nevhodnému míchání operace posuvu a děrování dohromady. Řešením je kaskádové zapojení obvodu, které rozdělí přívod hlavního vzduchu do dvou vzduchových skupin – Skupina I a Skupina II (viz obr. 28). Škrtkové ventily nejsou součástí schématu z důvodu zachování jeho přehlednosti.

Popis činnosti zařízení sestaveného dle schématu (obr. 28)

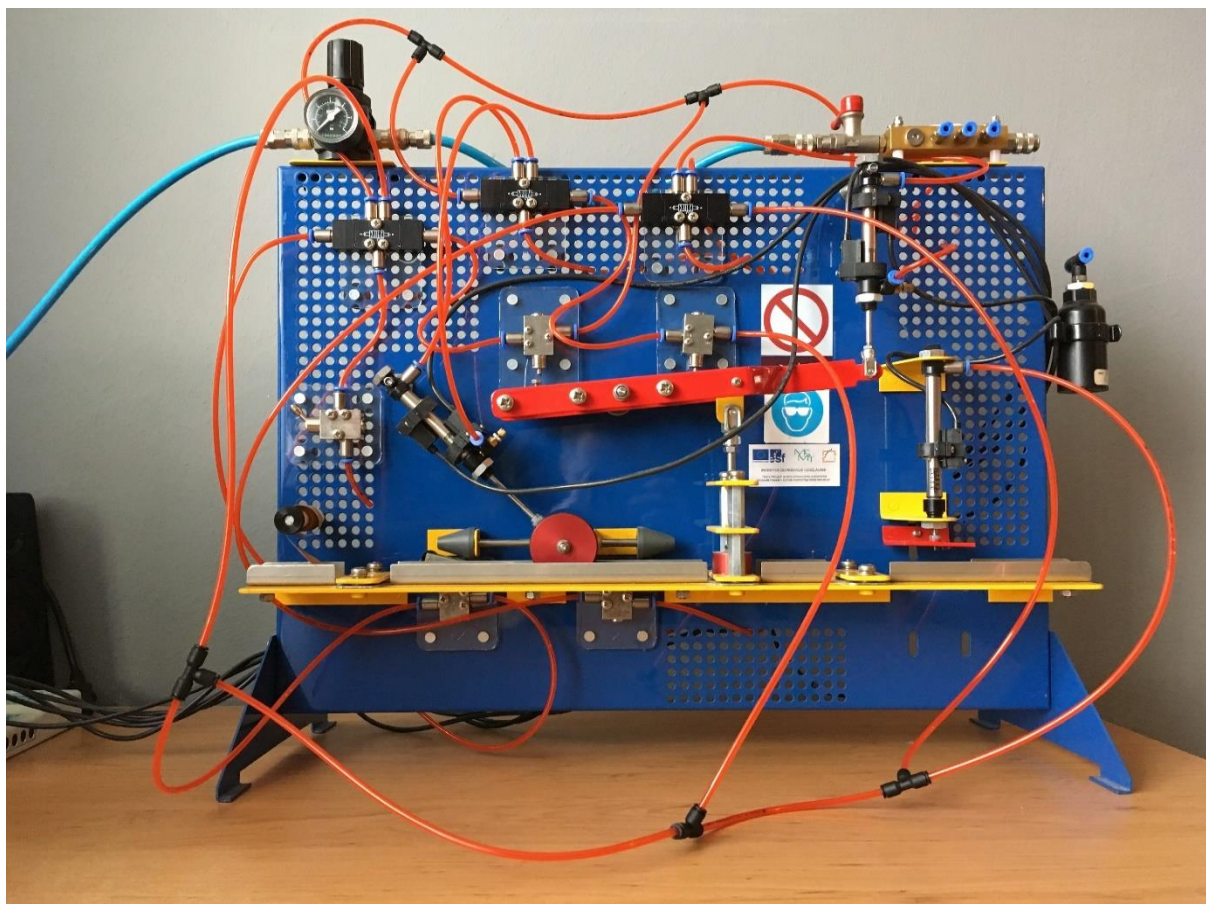
Při přepnutí páčky S1 3/2 ventilu dojde k přívodu vzduchu do 5/2 ventilu označeného jako „Přepínač vzduchových skupin“. Aktivní je vzduchová SKUPINA I. Tou je přiveden vzduch na port 14 5/2 bistabilního ventilu ovládající vysunutí válce A. Dojde tak k jeho vysunutí a zároveň k posuvu zpracovávaného materiálu. Vysunutá pístnice přestaví kladkou ovládaný ventil „a+“, který následně vyšle signál na port 14 5/2 bistabilního ventilu ovládající vysunutí válce B. Proveďte se operace děrování a vysunutá pístnice přestaví nárazkou ovládaný ventil „b+“, který vyšle řídicí signál na port 12 „Přepínače vzduchových skupin“. Vzduchová SKUPINA I je vypnuta. Vzduchová SKUPINA II je zapnuta a hlavní vzduch je přiveden na port 12 5/2 ventilu válce B a dojde k jeho zasunutí. Současně je přiveden vzduch na vstup jednočinného pneumatického válce C, který se vysune. Zasunutá pístnice válce B přestaví nárazkou ovládaný ventil „b-“, přes který putuje řídicí signál na port 12 5/2 ventilu válce A ovládající jeho zasunutí. Zasunutí válce A má za následek přestavení kladkou ovládaného 3/2 ventilu „a-“. Ten vyšle řídicí signál na port 14 „Přepínače vzduchových skupin“. SKUPINA II je vypnuta, hlavní vzduch je odpojen od „a-“, SKUPINA I je zapnuta. Tím je umožněn výfuk vzduchu z válce C a pružina vrátí jeho pístnici do výchozí polohy. Sekvence je kompletní.

Seznam použitých prvků:

- Kompresor
- Regulátor tlaku s vestavěným manometrem
- Tlačítkem ovládaný 3/2 ventil
- Tří tlakem ovládané bistabilní 5/2 ventily
- Dva kladkou ovládané 3/2 ventily
- Dva nárazkou ovládané 3/2 ventily
- Dva dvojitinné válce s jednostrannou pístnicí
- Jednočinný válec s pružinou



Obr. 29 Schéma zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu řízené pneumaticky



Obr. 28 Schéma zapojení zařízení pro děrování ve stavebnici TASK PN1 řízené pneumaticky

7.4.2 Realizace za použití elektropneumatického řízení

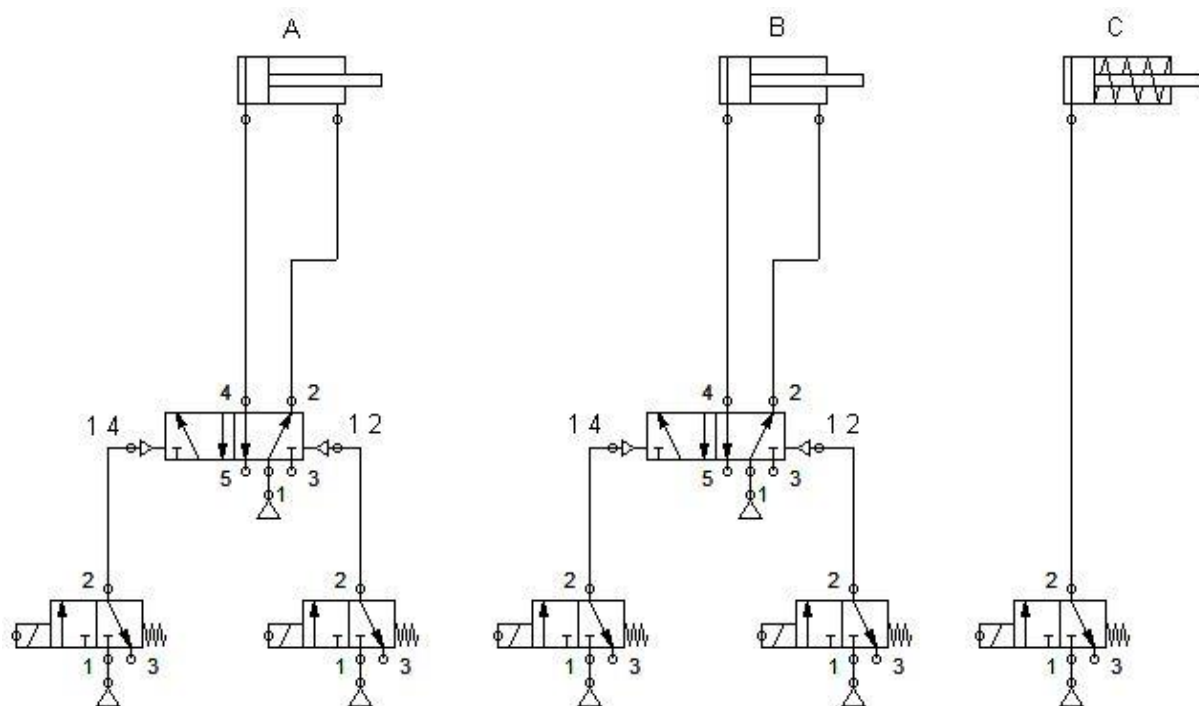
Výhodou systému ovládaného elektrickými signály je jeho flexibilita. Pneumaticky řízený obvod navržený výše (obr. 28), je schopen pracovat pouze s jednou pevnou sekvencí o stejné rychlosti. Při použití elektropneumatického řízení je však možné měnit celkovou rychlost systému, jeho vlastní sekvenci a v případě navrženého zařízení pro děrování např. i rozteč mezi jednotlivými otvory.

Při návrhu elektropneumatického řízení je potřeba vzít v úvahu, že elektronický systém se ze své fyzikální podstaty chová jinak než elektronické prvky. Je to dáno především reakční dobou jednotlivých pneumatických prvků a rozdílnou rychlostí šíření elektrického a pneumatického signálu.

K realizaci byla použita stavebnice TASK PN1, modul TASK PN2 Air Control Center, který obsahuje pět elektromagneticky ovládaných 3/2 ventilů, které jsou řízeny počítačem prostřednictvím řídicího rozhraní Deltronics a softwaru Deltronics Control It 2, ve kterém je navržena procedura pro řízení systému.

Schéma elektropneumaticky ovládaného zařízení (obr. 30) je mnohem jednodušší než v případě čistě mechanického systému. Zobrazený obvod však neobsahuje žádnou zpětnovazební informaci o poloze pístnice v krajních polohách. Pro zajištění zpětnovazební informace je stavebnice vybavena magnetickými senzory, které snímají polohu magnetických pístů pneuomotorů. Tento způsob řízení se nazývá řízení v uzavřené smyčce. V případě, že by chyběla zpětná vazba, jednalo by se o řízení v otevřené smyčce.

Realizace zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu má však jeden nedostatek v obou typech řízení. Žádným způsobem není podána zpětná informace o zavedení a pohybu děrovaného materiálu, v případě stavebnice TASK PN1 se jedná o papírovou pásku. Vhodné by bylo pomocí snímače vyhodnocovat pohyb zpracovávaného materiálu a při posunutí o požadovanou hodnotu pak odeslat signál do řídicí jednotky.



Obr. 30 Schéma zařízení pro děrování pracující v automatickém cyklu řízené elektropneumaticky

Řešení procedur

Navržená procedura provede před spuštěním pracovního cyklu kontrolu systému a zajistí správnou výchozí pozici jednotlivých válců. Pracovní cyklus lze poté spustit poklepaním na vstup 6 v řídicím okně Control It 2. Řídicí procedura poté řídí pracovní činnost pneumatik v přesně definovaném pořadí do doby, než je činnost zařízení zastavena poklepaním na tlačítko stop v hlavním grafickém okně. Rychlost práce systému, případně i samotnou sekvenci je možno změnit úpravami v řídicí proceduře „Derovani“, respektive úpravou procedury „Derovacka“ a „Iniciace“.

Celý program obsahuje jednu hlavní a jednu řídicí proceduru, sedm sub-procedur a 73 plnohodnotných řádek (1 řádek = 1 příkaz). Níže je uvedena pouze hlavní procedura „Derovacka“ a celý program je pak uveden v příloze č. 1 této práce. Úvod do práce s řídicím programem Control It 2 a jednotlivé příkazy jeho programovacího jazyka jsou pak uvedeny v příloze č. 2.

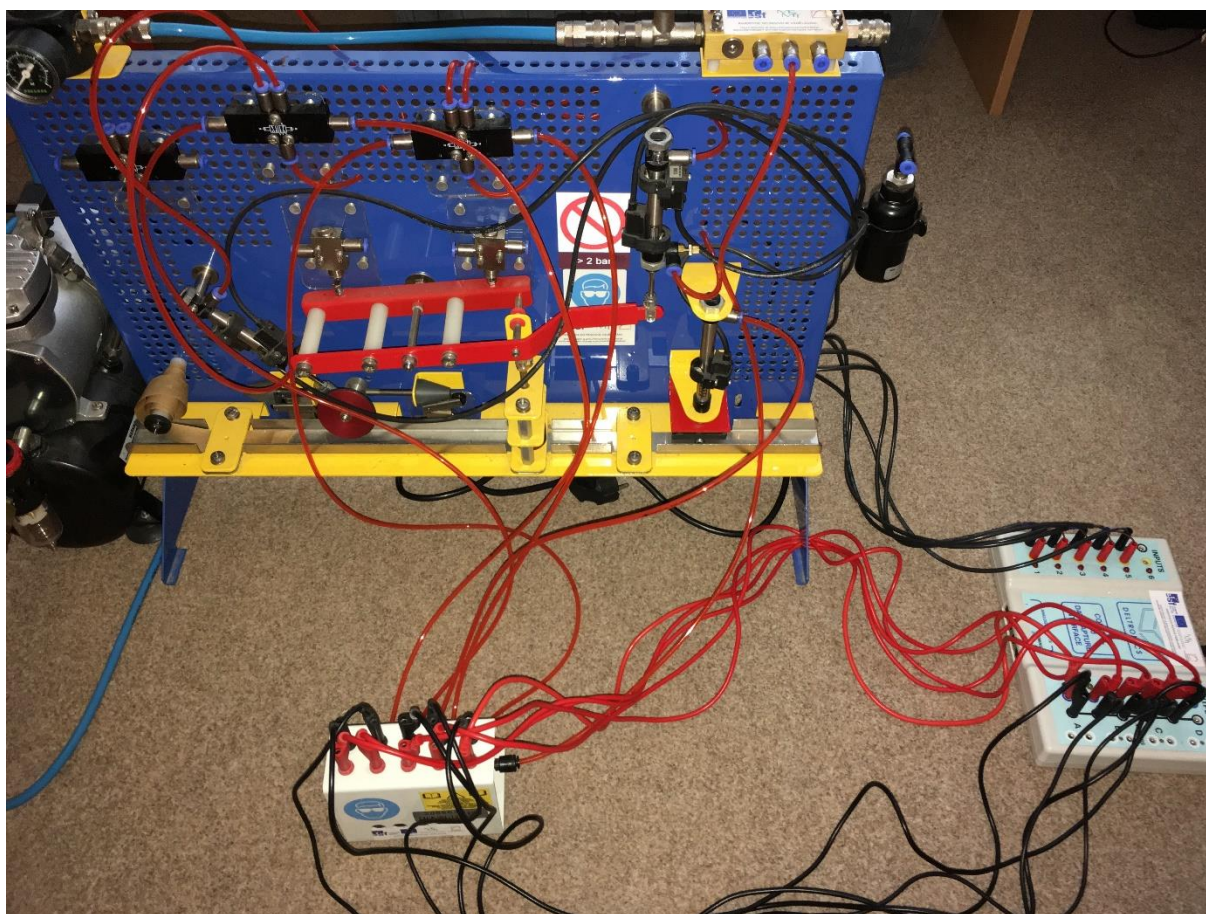
Zřejmé je, že navržený program by bylo možné po menších úpravách použít i pro elektropneumatické řízení ostatních navržených úloh. Měnila by se pouze pozice volaných sub-procedur v řídicí proceduře, některé proměnné a samozřejmě časování.

Derovacka – hlavní procedura

Switch off all	// Proveďte vypnutí všech výstupů
Clear 1	// vynulování počítadla vstupu 1
Clear 2	// vynulování počítadla vstupu 2
Clear 3	// vynulování počítadla vstupu 3
Clear 4	// vynulování počítadla vstupu 4
Clear 5	// vynulování počítadla vstupu 5
Clear 6	// vynulování počítadla vstupu 6
If Inputs # 18 Iniciace EndIf	// Pokud nejsou pneumatiky ve výchozí poloze, spouští sub-proceduru iniciace. $18_{dec} = 010010_{bin}$, iniciace spuštěna pokud není na vstupu 2 a 5 signál = vysunuté pneumatiky.
Repeat Until ipnut 6 On	// Opakuj // dokud nezíská signál na vstupu 6
Repeat Forever Derovani Next	// Opakuj do nekonečna // sub-proceduru Derovani // Konec smyčky



Obr. 31 Schéma připojení vzduchu k elektromagneticky ovládaným ventilům



Obr. 32 Schéma zapojení zařízení pro děrování ve stavebnici TASK PN1 řízené elektronicky

8 Závěr

Záměrem předložené bakalářské práce bylo provedení rešerše v oblasti hydraulických a pneumatických pohonů a jejich řízení a také návrh pneumatických mechanismů, jejichž zapojení a princip funkce by bylo možno demonstrovat za pomoci stavebnice TASK PN1.

Pro získání informací k nastudování problematiky hydraulických a pneumatických pohonů byly použity jednak knihy mnohdy vydané před několika desítkami let, tak i aktuální katalogy a internetové stránky výrobců jednotlivých zařízení. Patrné je, že se vývoj tekutinových pohonů posunul vpřed, avšak většina konstrukčních principů je využívána již od samého počátku.

V první části práce jsem vypracoval přehled nejprve hydraulických, poté pneumatických motorů, které jsem rozdělil do kategorií podle druhu pohybu výstupního členu. V průmyslové praxi se dnes nejvíce využívají lineární pohony. Je jim proto v této práci věnováno více prostoru. Vystihnout celkově problematiku lineárních pohonů by však bylo příliš obsáhlé a i z tohoto důvodu jsem se v práci omezil pouze na nejdůležitější věci.

Největší potenciál se dle mého názoru skrývá u bezpístnicových válců, jelikož v dnešní době neustálého zmenšování nabízejí východisko při řešení strojů s požadavkem na malé zástavbové rozměry. Jejich využití v hydraulických aplikacích není prozatím příliš rozšířené z důvodu problematiky těsnění mezi posuvným členem a pístem. Nacházejí proto především uplatnění v pneumatice. Myslím, že řešení této problematiky je ten správný směr, kterým by se měli výrobci ubírat.

Druhá část práce je věnována způsobům řízení tekutinových pohonů. Opět je provedena rešerše prvků k tomu se používajících a popsány způsoby řízení hydraulických a pneumatických pohonů.

Závěr práce je pak více praktický. S využitím poznatků z předchozích kapitol a stavebnicí TASK PN1 byly navrženy různě složité pneumatické mechanismy, za účelem seznámení se se základními principy pneumatiky. Práce na takovém projektu, s možností jeho přímé realizace, je velmi efektivním způsobem pro umocnění nabytých teoretických poznatků. Jednotlivé úlohy byly zároveň odsimulovány v programu „FluidSim“ od firmy Festo. Výhodou simulace v tomto programu je možnost pozorovat jakou funkci plní prvky v daném okamžiku, jakým způsobem se pohybuje médium a jak ovládá jednotlivé prvky obvodu.

Práce mě osobně přinesla prohloubení a utřídění poznatků, které jsem nasbíral za dobu studia. Rozšířil se mi přehled o jednotlivých pohonech, jejich konstrukčních a užitných vlastnostech. Díky demonstraci funkce pneumatických mechanismů na stavebnici TASK PN1 jsem také získal znalosti převážně z pneumatického řízení a seznámil jsem se tak s možností jeho aplikace v praxi. Velmi vhodné by do budoucna bylo rozšířit stavebnici o další prvky, které by přidali nové možnosti při tvorbě různých obvodů, jelikož její použití při výuce je velmi efektivní a účinné.

10 Přílohy

I. PŘÍLOHA č. 1

Zařízení pro děrování – řídicí program

Derovacka – hlavní procedura

Switch off all	// Proveďte vypnutí všech výstupů
Clear 1	// vynulování počítadla vstupu 1
Clear 2	// vynulování počítadla vstupu 2
Clear 3	// vynulování počítadla vstupu 3
Clear 4	// vynulování počítadla vstupu 4
Clear 5	// vynulování počítadla vstupu 5
Clear 6	// vynulování počítadla vstupu 6
If Inputs # 18 Iniciace	// Pokud nejsou pneumaty ve výchozí poloze, spouští sub-proceduru iniciace. $18_{dec} = 010010_{bin}$, iniciace spuštěna pokud není na vstupu 2 a 5 signál = vysunuté pneumaty.
EndIf	
Repeat	// Opakuj
Until ipnut 6 On	// dokud nezíská signál na vstupu 6
Repeat Forever	// Opakuj do nekonečna
Derovani	// sub-proceduru Derovani
Next	// Konec smyčky

Iniciace - sub-procedura

If input 2 Off	// Pokud není signál na vstupu 2
Switch On motorB2	// Zapni motorB2 (output 2, zasunutí pneumaty B)
EndIf	// Ukončení příkazu If
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 2 On	// Dokud není signál na vstupu 2
Switch Off motorB2	// Vypni motorB2 (output 2)
If input 5 Off	// Pokud není signál na vstupu 5
Switch On motorA2	// Zapni motorA2 (output 5, zasunutí pneumaty A)
EndIf	// Ukončení příkazu If
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 5 On	// Dokud není signál na vstupu 5
Switch Off motorA2	// Vypni motorA2 (output 5)
End	// konec sub-procedury – návrat zpět do volající procedury

Derovani - řídicí procedura

Wait 1	// Počkej 1 sekundu
MotorAForward	// Sub-procedura MotorAForward – vysunutí motoru A
Wait 3	// Počkej 3 sekundy
MotorBForward	// Sub-procedura MotorBForward – vysunutí motoru B
Wait 3	// Počkej 3 sekundy
MotorBReturn	// Sub-procedura MotorBReturn – zasunutí motoru B
MotorCForward	// Sub-procedura MotorCForward – vysunutí motoru C
Wait 2	// Počkej 2 sekundy
MotorAReturn	// Sub-procedura MotorAReturn – zasunutí motoru A
Wait 2	// Počkej 2 sekundy
MotorCReturn	// Sub-procedura MotorCReturn – zasunutí motoru C
end	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

MotorAForward – sub-procedura – vysouvání pístnice pneumotoru A

Switch On motorA1	// Zapni motorA1 (output 4)
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 4 On	// Dokud není signál na vstupu 4
Switch Off motorA1	// Vypni motorA1 (output 4)
End	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

MotorBForward – sub-procedura – vysouvání pístnice pneumotoru B

Switch On motorB1	// Zapni motorB1 (output 1)
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 1 On	// Dokud není signál na vstupu 1
Switch Off motorB1	// Vypni motorB1 (output 1)
End	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

MotorCForward – sub-procedura – vysouvání pístnice pneumotoru C

Switch On motorC1	// Zapni motorC1 (output 3)
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 3 On	// Dokud není signál na vstupu 3
End	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

MotorAReturn - sub-procedura – návrat pístitnice pneumotoru A do výchozí polohy

Switch On motorA2	// Zapni motorA2 (output 5)
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 5 On	// Dokud není signál na vstupu 5
Switch Off motorA2	// Vypni motorA2 (output 5)
End	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

MotorBReturn – sub-procedura – návrat pístitnice pneumotoru B do výchozí polohy

Switch On motorB2	// Zapni motorB2 (output 2)
Repeat	// Opakuj
Wait 1	// Počkej 1 sekundu
Until input 2 On	// Dokud není signál na vstupu 2
Switch Off motorB2	// Vypni motorB2 (output 2)
End	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

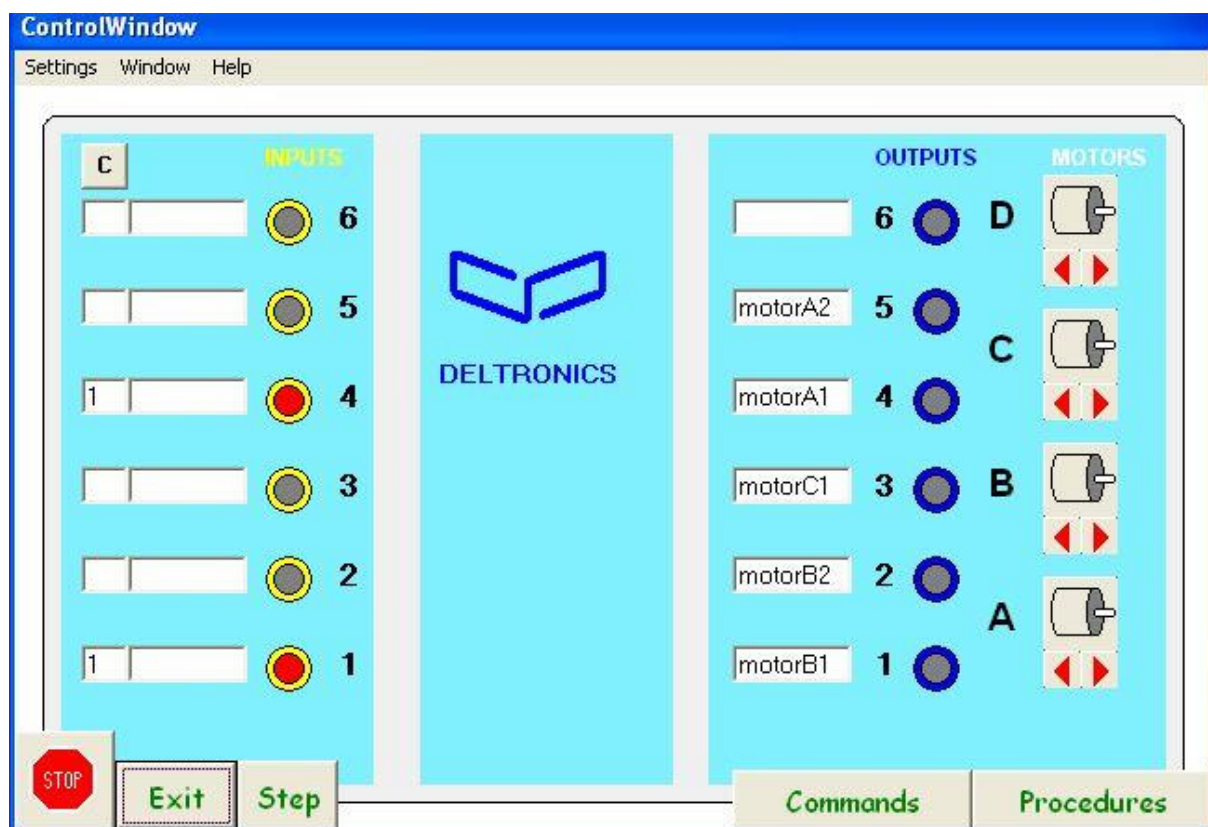
MotorCReturn – sub-procedura – návrat pístitnice pneumotoru C do výchozí polohy

Switch Off motorC1	// Vypni motorC1 (output 3)
End	// Konec sub-procedury – návrat do volající procedury

II. PŘÍLOHA č. 2

Software Control it 2

Jedná se o řídicí program určený pro použití s řídicím rozhraním DELTRONICS CONTROL and DATA CAPTURE INTERFACE, které je určeno k ovládání TASK PN2 Air Control Centre (výstupy) a registraci signálů od magnetických čidel (vstupy), připevněných na koncích pneumatických válců.



Obr. 33 Řídicí okno Control It 2

Vstupy (Inputs)

V levé části řídicího okna (obr. 33) je řada 6 LED odpovídající diodám na vstupech rozhraní DELTRONICS. Každý vstup má počítadlo, ukazující počet změn na dané vstupu. Zároveň je možné každý vstup označit vlastním identifikátorem, což je výhodné při tvorbě programu. Pokud máte připojeno USB rozhraní Deltronics, diody budou indikovat skutečný stav na vstupech tohoto rozhraní

Výstupy (Outputs)

V pravé části se nachází další řada 6 LED, které reprezentují stav výstupů. Kliknutím na příslušnou LED zapnete nebo vypnete řídicí (výstupní) signál. Pokud máte připojeno USB rozhraní Deltronics, diody budou indikovat skutečný stav na vstupech tohoto rozhraní. Výstupy je stejně jako vstupy možno označit vlastním identifikátorem.

Motory (Motors)

Čtyři ikony motorů, složené ze tří tlačítek umístěné v pravé části okna slouží k spuštění a změně smyslu otáčení motoru. Přes USB rozhraní lze připojené motory ovládat.

Stop

Vypne všechny výstupy a zastaví běžící procedury

Exit

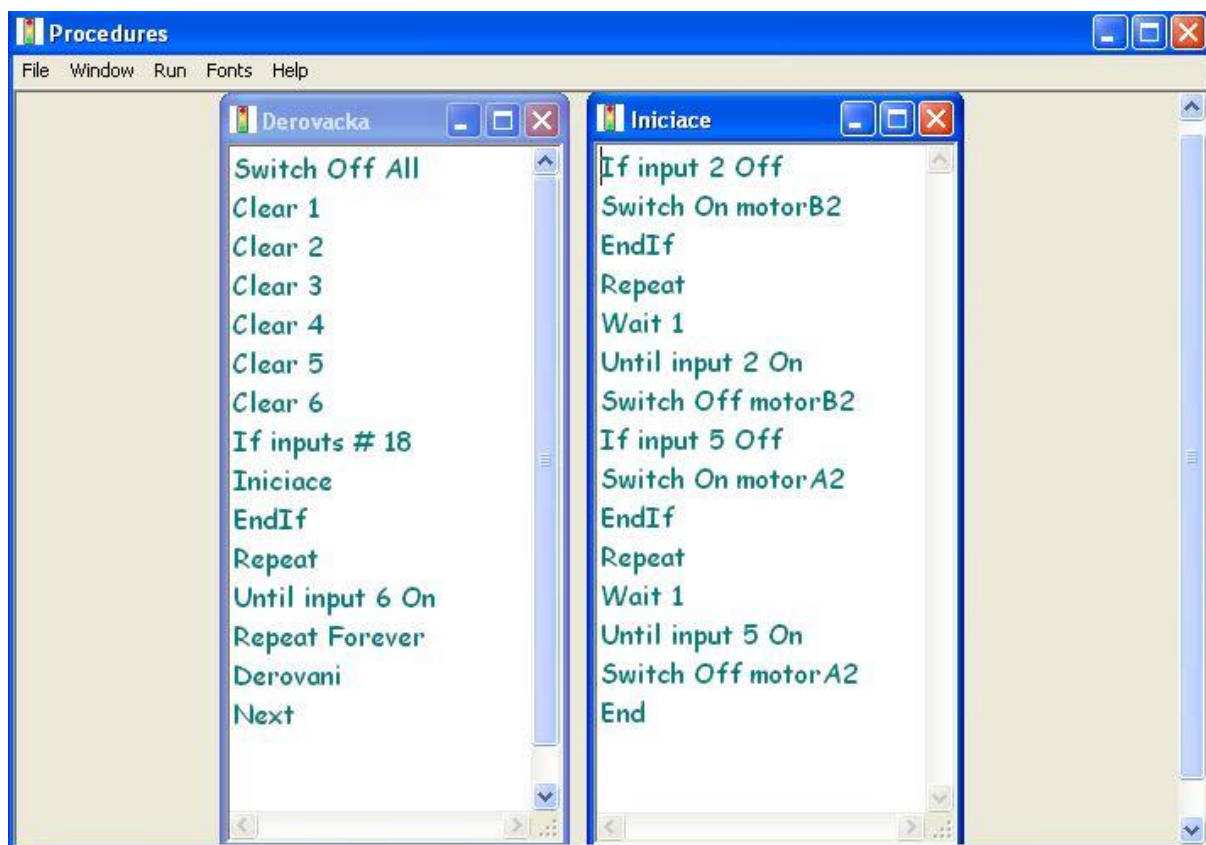
Ukončí program. Pokud jsou některé procedury neuloženy, budete nejprve vyzváni k jejich uložení

Step

Slouží ke krokování programu

Procedures

Spouští okno procedur, ve kterém je možné procedury vytvářet a editovat. Spuštění procedury probíhá přes menu Run a následné vybrání požadované procedury.



Obr. 34 Okno Procedures programu Control It 2

Commands

Spouští okno s příkazy. Příkazy lze do procedury napsat ručně nebo vkládat pomocí okna příkazů. Pokud píšete příkazy pomocí klávesnice, je nutné vkládat mezery mezi jednotlivá slova, čísla apod.

Clear	Vynuluje počítadlo příslušného vstupu (N)	Clear N
Count	Zjistí stav počítadla u definovaného vstupu	If Count N >20 Then Switch Off 2
Do	Opakování série příkazu v požadovaném počtu cyklů (X)	Do X [Statement] EndDo
End	Každá procedura by měla být zakončena příkazem End. V hlavní proceduře označuje místo zastavení procedury. V sub-proceduře vyvolává návrat do volající procedury	EndDo EndIf EndWhile EndLoop
If / Then	<i>If</i> společně s <i>Then</i> tvoří podmínku. Příkaz <i>Then</i> je možno vynechat.	If [Condition] then [Command] EndIf
Else	Používá se ve spojitosti s příkazem <i>If</i> , kdy podmínka není pravdivá	If Input 1 on then Switch on 4 Else Switch off 4
Input	Příkaz je používán ve spojitosti s příkazy <i>If</i> , <i>Until</i> , nebo <i>While</i> pro testování stavu vstupů	If Input 2 On Then ... If Input 2 Off Then. ... Until Input 4 On
Inputs	Příkaz je používán ve spojitosti s příkazy <i>If</i> , <i>Until</i> , nebo <i>While</i> pro testování stavu všech vstupů najednou.	If Inputs = 18 Then Switch on 5 Else Switch off 5
Let	Přirazuje hodnotu proměnným	Let [Variable] = [expression]

Loop	Používá se pro konstrukci nekonečné smyčky. Smyčku je možné ukončit pouze tlačítkem Stop.	Loop [Statement] EndLoop
Motor	Slouží pro řízení zapnutí či vypnutí motoru a pro řízení směru jeho otáčení	Motor A Forward Motor C reverse Motor A Off
Output	Slouží pro řízení výstupů. <i>Output 48</i> způsobí, že binární ekvivalent 48_{dec} (110000_{bin}) se objeví na výstupech a přepíše všechny předešlé příkazy Switch On nebo Switch Off	Let A = 48 Output A
Power	Řídí rychlost otáčení motorů. <i>Power A [P]</i> – <i>P</i> vyjadřuje hodnotu přiváděné energie.	Power A 25
Repeat	Slouží společně s <i>Until</i> a <i>Next</i> pro konstrukci smyček	Repeat X [Statement] Next Repeat Forever [statement] Next Repeat [statement] Until [Condition]
Switch	Slouží k aktivaci a deaktivaci výstupů. Jako parametr příkazu je možné použít konstanty nebo proměnné	Switch On 1,3,5 Switch Off 5
Wait	Program čeká nastavený počet sekund a pak pokračuje ve vykonání dalších příkazů	Wait 20
While	Slouží k vytváření smyček. Na rozdíl od příkazu <i>Repeat</i> je podmínka vyhodnocována na začátku cyklu	While [Condition] [Statenemt] EndWhile