



Európska únia
Európsky sociálny fond

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Marian Šupák
Jitka Almášiová

Pneumatické mechanizmy

2012

Publikácia bola vydaná a financovaná z prostriedkov ESF
v rámci národného projektu Profesijný a kariérový rast
pedagogických zamestnancov.
ITMS kód projektu 26120130002
ITMS kód projektu 26140230002

PNEUMATICKÉ MECHANIZMY

Marian ŠUPÁK

Jitka ALMÁŠIOVÁ

Bratislava 2012

OBSAH

1	PNEUMATICKÉ MECHANIZMY	6
1.1	Základné pojmy	6
1.1.1	<i>Mechanizmus a energia</i>	6
1.1.2	<i>Základné vzťahy</i>	8
1.1.3	<i>Prúdenie vzduchu vo vedení</i>	10
1.1.4	<i>Prietok vzduchu zúženým prierezom (škrtenie)</i>	11
1.1.5	<i>Výtoková rýchlosť a prietok pri vyprázdňovaní</i>	12
1.1.6	<i>Zapĺňovanie a vyprázdňovanie konštantného objemu</i>	12
1.2	Rozdelenie pneumatických mechanizmov	13
1.3	Vlastnosti pneumatických mechanizmov	15
1.4	Vlastnosti stlačeného vzduchu	17
1.5	Základné parametre pneumatických mechanizmov	19
2	PRVKY ZDROJA	22
2.1	Úprava vzduchu	22
2.2	Filtrácia vzduchu	22
2.3	Sušenie vzduchu	23
2.4	Primastenie vzduchu	24
2.5	Regulácia tlaku	25
2.6	Kompresorová stanica	25
2.7	Rozvod stlačeného vzduchu	27
2.8	Tlaky	27
3	MOTORY	28
3.1	Jednočinný priamočiary pneumotor s krátkym zdvihom	28
3.2	Jednočinný priamočiary pneumotor	28
3.3	Dvojčinný priamočiary pneumotor	29
3.4	Tlmenie v koncových polohách	29
3.5	Utesňovanie pracovných priestorov	30
3.6	Spôsoby upevnenia motorov	31
3.7	Tandemový pneumotor	31
3.8	Kyvný pneumotor	32
3.9	Rotačný pneumotor	32
4	ZÁKLADY VENTILOV	33
5	SCHEMATICKÉ ZNAČKY PRVKOV PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV	35
5.1	Prvky zdroja	35
5.2	Prvky na hradenie prietoku – rozvádzače	36
5.3	Jednosmerné a logické ventily	38

5.4 Prvky na riadenie prietoku	38
5.5 Tlakové ventily	38
5.6 Priamočiare pneumatory	39
5.7 Rotačné a kývavé pneumatory	40
5.8 Prvky pneumatického obvodu	40
5.9 Schéma pneumatického obvodu	41
5.10 Číslovanie prvkov	42
6 RIADENIE HLAVNÝCH PARAMETROV PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV	43
6.1 Priame a nepriame riadenie	43
6.2 Riadenie monostabilného a bistabilného rozvádzača	44
6.3 Logické členy v riadení pneumatických mechanizmov	45
6.4 Použitie rýchloodvzdušňovacieho ventila	46
6.5 Použitie tlakového relé	47
6.6 Použitie časového relé	47
6.7 Sekvenčné riadenie	48
6.8 Stavové diagramy	49
6.9 Riadenie smeru pohybu pneumatora	52
6.10 Riadenie pohybovej frekvencie pneumatora	55
6.11 Riadenie sily, momentu pneumatora	58
6.12 Impulzné riadenie monostabilného rozvádzača	61
6.13 Polohovanie pneumatora	62
6.14 Kmitavý pohyb pneumatora	63
6.15 Programové riadenie pneumatických mechanizmov	65
7 SNÍMAČE POUŽÍVANÉ PRI RIADENÍ PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV	68
7.1 Snímače prítomnosti a priblíženia	68
7.1.1 Magnetické bezdotykové senzory	68
7.1.2 Indukčné bezdotykové senzory	69
7.1.3 Optické bezdotykové senzory	70
7.1.4 Kapacitné bezdotykové senzory	70
7.1.5 Ultrazvukové bezdotykové senzory	71
7.2 Snímače sily a tlaku	71
7.2.1 Odporový tenzometrický snímač	71
7.2.2 Piezoelektrický snímač	72
7.3 Bezdotykové pneumatické snímače – trysky	72
7.3.1 Protiprúdová tryska	73
7.3.2 Prúdová – hradiaca tryska	74
7.3.3 Reflexná tryska	75
7.3.4 Charakteristiky reflexných trysiek	76
7.3.5 Dorazová tryska	76
7.3.6 Dorazová tryska s mechanickou nárazkou	77
7.3.7 Prísavný unášač	77
7.3.8 Prísavná hlava	78
8 RIADENIE PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV ELEKTRICKÝM SIGNÁLOM	79
8.1 Základy tvorby elektrickej schémy riadenia	70
8.2 Princípy a príklady elektropneumatického riadenia	81

ÚVOD

Členstvo krajín v Európskom hospodárskom spoločenstve si okrem iného vyžaduje ovládanie najnovších technických trendov, čo je zvlášť dôležité pre učiteľov a majstrov odborného výcviku.

Na stredných odborných školách strojárskoho a elektrotechnického zamerania absentujú odborné učebnice, ktoré by reagovali na najnovšie trendy v priemysle, čo spôsobuje učiteľom nemalé problémy. Ich príprava na vyučovaciu hodinu spočíva v prácnom zabezpečovaní potrebných materiálov v rámci svojho voľného času. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli učiteľom pomôcť a spracovať materiály zamerané na pneumatické mechanizmy.

Publikácia reaguje na požiadavku strojárskoho priemyslu orientovanú na nutnosť posilnenia kompetencií učiteľov odborných strojárskych predmetov v oblasti moderných technológií.

Výsledkom bude zabezpečenie vyučovania na odborných školách učiteľmi vybavenými najnovšími informáciami a praktickými zručnosťami v oblasti pneumatických mechanizmov. Pneumatické mechanizmy predstavujú oblasť techniky, ktorá na svoju činnosť využíva techniku stlačeného vzduchu.

Táto príručka je cenným materiálom hlavne pre absolventov vzdelávacieho programu *Nové trendy v pneumatike*, v ktorej sú prehľadne spracované informácie o pneumatických mechanizmoch od základných pojmov cez prvky zdroja, pneumatory, základy ventilov až po snímače používané na riadenie pneumatických mechanizmov a riadenie pneumatických mechanizmov elektrickým signálom.

Autori

1 PNEUMATICKÉ MECHANIZMY

1.1 Základné pojmy

1.1.1 Mechanizmus a energia

Mechanizmy sú systémy na prenos a transformáciu energie a informácie pomocou nositeľa energie. Ak budeme hovoriť o prenose energie, teda výkonu, môžeme povedať, že mechanizmus je zariadenie, stroj, slúžiaci na uľahčenie fyzickej práce človeka prácou stroja. Teda pre mechanizmus budú dôležité jeho výkonové parametre. Ak budeme hovoriť o prenose informácie, dostaneme sa do oblasti riadenia. Mechanizmus sa potom stane poloautomatom alebo automatom. Automat je zariadenie, stroj, ktorý slúži na nahradenie riadiacej činnosti človeka riadiacim programom. Teda je to mechanizmus s výkonovými parametrami plus riadenie činnosti tohto mechanizmu. Pre zjednodušenie budeme v ďalšej časti pod pojmom mechanizmus rozumieť aj riadenie mechanizmu.

Mechanizmy môžeme rozdeliť napríklad podľa druhu nositeľa energie. Pod pojmom nositeľ energie pritom rozumieme množinu hmotných častíc rôzneho tvaru, veľkosti, fyzikálnych či chemických vlastností, napr. elektróny, atómy, molekuly, polotovary, obrobky a pod. Tieto častice majú schopnosť prenášať isté množstvo energie.

Typické nositele energie používané v mechanizmoch môžu byť [1]:

- tuhé – tuhý nositeľ (mechanické prevody, mechanizmy na transformáciu pohybu, hriadele, páky a pod.),
- elektrické – nositeľ energie je prenášaný vodičom (prúd elektrónov),
- hydraulické – kvapalný nositeľ energie (minerálny olej, voda, tekutý kov, plastické látky),
- pneumatické – nositeľom energie a informácie je vzdušnina (stlačený vzduch, plyn).

Ďalšie energie využívané v technických zariadeniach sú napr. energia solárna, jadrová, tepelná, svetelná (fotón) a pod.

Každý mechanizmus bez ohľadu na to, s akým nositeľom energie pracuje, môžeme rozdeliť na tri hlavné časti – zdroje príslušnej energie G (vysielače, generátory), spotrebiče tejto energie M (prijímače, motory) a prenosový kanál PK (riadenie) – obr. 1.



Obr. 1 Bloková schéma prenosového systému

Prenosový kanál je teda zmysluplné prepojenie generátorov a motorov, ktoré umožňuje nielen prenos energie (výkonový parameter), ale aj prenos informácie (riadiaci parameter, ktorým môžeme ovládať parametre prenášanej energie). Ovládanie parametrov umožňuje transformačný blok TB.

Pneumatické mechanizmy sú používané prevažne na prenos informácie a riadenie. Ako výkonové, silové mechanizmy – len pre malé až stredné výkony. Preto sa v tomto učebnom texte budeme viac zameriavať na riadenie pneumatických mechanizmov a ich výkonových parametrov sa dotkneme len okrajovo.

Stlačený vzduch je nositeľom piatich základných foriem energie – potenciálnej W_g , deformačnej W_d , tepelnej W_T , tlakovej W_p a kinetickej W_k , čo môžeme vyjadriť vzťahom:

$$W = W_g + W_d + W_T + W_p + W_k \quad (1)$$

Pri prenose energie spravidla jedna zložka prevláda nad ostatnými – ide o dominantnú zložku prenášanej energie. Pri pneumatických mechanizmoch malá hustota nositeľa energie ($\rho \Rightarrow 0$) dovoľuje považovať energie W_g a niekedy aj W_k za zanedbateľné. W_T je stratová energia (tiež sa zanedbáva) a deformačná energia W_d sa prejavuje ako stlačiteľnosť vzdušniny, teda ako tlaková energia. Pri prenose energie sa teda prejavuje pohyb (kinetická energia) stlačeného vzduchu a jeho stlačenie (tlaková energia).

$$W_g = \rho \cdot g \cdot h, \quad W_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c^2, \quad W_p = p \quad (2)$$

kde: ρ [kg.m⁻³] je hustota, merná hmotnosť tekutiny,
 g [m.s⁻²] je gravitačné zrýchlenie,
 h [m] je výška vzhľadom na referenčnú rovinu, (geodetická výška),
 c [m.s⁻¹] je okamžitá rýchlosť prúdenia (pri zjednodušení stredná rýchlosť v),
 p [Pa] je tlak v prúdiacej tekutine.

V zásade môžeme povedať, že podľa prevládajúcej energie sa pneumatické zariadenia dajú rozdeliť na pneumostatické a pneumodynamické. Pri pneumostatických prevláda tlaková energia vzduchu a jeho

pohyb, teda kinetická energia je takmer nepodstatná. Zdroj tlakovej energie je kompresor. Pri pneumodynamických prevláda rýchlosť prúdenia vzduchu pri takmer nepodstatnej tlakovej energii. Zdroj prúdenia vzduchu je ventilátor.

Tak ako v hydraulike uvažujeme buď s reálnou, skutočnou kvapalinou, alebo pri zjednodušení s ideálnou kvapalinou, tak aj v pneumatike môžeme vzduch považovať buď ako reálny, alebo ako ideálny plyn.

Vzduch ako ideálny plyn má tieto vlastnosti [2]:

- je dokonale stlačiteľný,
- má nulovú viskozitu,
- c_p, c_v, r, λ = konšt (pri zmene stavu).

kde: c_p, c_v [J.kg⁻¹.K⁻¹] je merná tepelná kapacita plynu pri konštantnom tlaku, resp. objeme,

r [J.kg⁻¹.K⁻¹] je plynová konštanta,

λ [-] je súčiniteľ trenia.

1.1.2 Základné vzťahy

Teória pneumatických mechanizmov vychádza z časti mechaniky nazývanej termomechanika. Termomechanika sa zaoberá teóriou plynov a pár. Hlavnými fyzikálnymi veličinami sú tlak p [Pa], merný objem v [m³.kg⁻¹], prípadne celkový objem V [m³] a termodynamická teplota T [K]. V ďalšej časti sú uvedené niektoré základné vzťahy a zákony termomechaniky:

- **Clapeyronova stavová rovnica** pre 1 kg ideálneho plynu:

$$p \cdot v = r \cdot T \quad (3)$$

resp.

$$\frac{p \cdot v}{T} = \text{konšt} \quad (4)$$

a obecné pre m [kg] plynu

$$p \cdot V = m \cdot r \cdot T \quad (5)$$

- **Boylev – Mariottov zákon** pre $T = \text{konšt}$

$$p \cdot v = \text{konšt} \quad (6)$$

- **Gay – Lussacov zákon** pre $p = \text{konšt}$

$$\frac{v}{T} = \text{konšt} \quad (7)$$

- **Charlesov zákon** pre $v = \text{konšt}$

$$\frac{p}{T} = \text{konšt} \quad (8)$$

Predpoklady na popis prúdenia vzduchu:

- prúdenie je približne lineárne, čo dovoľuje používať stredné hodnoty parametrov stavu,
- rovnica kontinuity, ktorá vyjadruje, že v každom čase a v každom priereze je rovnaký hmotnostný prietok vzduchu:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (9)$$

alebo

$$A_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1 = A_2 \cdot v_2 \cdot \rho_2 \quad (10)$$

kde: $A \text{ [m}^2\text{]}$ je veľkosť prietokového prierezu,
 $v \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$ je stredná rýchlosť prúdenia tekutiny,
 $\rho \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ je hustota, merná hmotnosť tekutiny.

- **Bernouliho rovnica**, ktorá vyjadruje zákon zachovania energie:

$$u_1 + \frac{p_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} + g \cdot h_1 + q_1 = u_2 + \frac{p_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} + g \cdot h_2 = \text{konšt} \quad (11)$$

kde: $u \text{ [J.kg}^{-1}\text{]}$ je merná vnútorná energia plynu,
 $q \text{ [J.kg}^{-1}\text{]}$ je merné teplo privedené počas prúdenia.

Prúdenie a uvedené rovnice z termomechaniky umožňujú pri zjednodušení stanoviť základné výpočtové vzťahy na výpočet pneumatického mechanizmu pre nasledovné základné pracovné situácie:

- prúdenie vzduchu vo vedení,
- prietok vzduchu zúženým prierezom (škrtenie),
- zaplňovanie a vyplňovanie pracovných priestorov vzduchom.

1.1.3 Prúdenie vzduchu vo vedení

Stlačený vzduch sa premiestňuje od generátora k motorom cez riadiace prvky prostredníctvom potrubí (kovové alebo plastové), prípadne prostredníctvom ohybných hadíc (gumové alebo plastové). Pri tomto premiestňovaní tlakového vzduchu dochádza k prúdeniu vzduchu. Prúdenie vo vedení môže byť:

- laminárne,
- turbulentné.

Kritériom na určenie druhu prúdenia je bezrozmerné *Reynoldsovo číslo*:

$$\text{Re} = \frac{c \cdot d}{\nu} \quad (12)$$

kde: c [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] je charakteristická rýchlosť,

d [m] je charakteristický rozmer (pre kruhový prierez potrubia je to priemer d),

ν [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] je kinematická viskozita,

a pre parametre vzduchu je $\text{Re} > 2\,320$, teda prúdenie vzduchu je vždy turbulentné.

Prúdenie vzduchu vo vedení je expanzné prúdenie, čo znamená, že po dĺžke vedenia (potrubia) dochádza k nelineárnym zmenám tlaku, teploty, rýchlosti a hustoty.

Pre krátke vedenia sú tlakové straty p_{zl} [Pa] trením vyjadrené ako dĺžkové straty vzťahom:

$$p_{zl} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (13)$$

kde: λ [-] je súčiniteľ trenia,

l [m] je dĺžka meraného úseku potrubia,

d [m] je priemer potrubia,

ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] je hustota, merná hmotnosť tekutiny,

v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] je priemerná rýchlosť prúdenia.

Okrem dĺžkových strát sa pri prúdení vyskytujú aj miestne straty p_{zm} [Pa] spôsobené náhlým zúžením alebo rozšírením prierezu, zmenou smeru prúdenia a pod.:

$$p_{zm} = \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_1 \quad (14)$$

kde: ξ [-] je súčiniteľ miestnej straty,

v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] je priemerná rýchlosť prúdenia,

ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] je hustota, merná hmotnosť tekutiny.

Pre dlhé vedenia, nad 10 m, sú dĺžkové straty vyjadrené náročnejšími vzťahmi a je možné nájsť ich v príslušnej literatúre [3].

1.1.4 Prietok vzduchu zúženým prierezom (škrtenie)

Ide o dokonale nevratný dej, pri ktorom sa nevykoná žiadna práca. Zúžený priestor predstavuje pre prúdiaci tlakový vzduch odpor. Na prekonanie tohto odporu sa spotrebuje tlakový spád $\Delta p = p_1 - p_2$.

Na stanovenie rýchlosti vychádzame z **Bernoulliho rovnice pre stlačiteľnú tekutinu**:

$$i_1 - i_2 = \frac{p_1 - p_2}{\rho} = \frac{1}{2} \cdot (v_2^{*2} - v_1^2) \quad (15)$$

kde: i [J.kg⁻¹] je merná entalpia,
potom výtoková rýchlosť bude:

$$v_2^* = \sqrt{v_1^2 + 2 \cdot \frac{\chi}{\chi - 1} \cdot \frac{p_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\chi - 1}{\chi}} \right]} \quad (16)$$

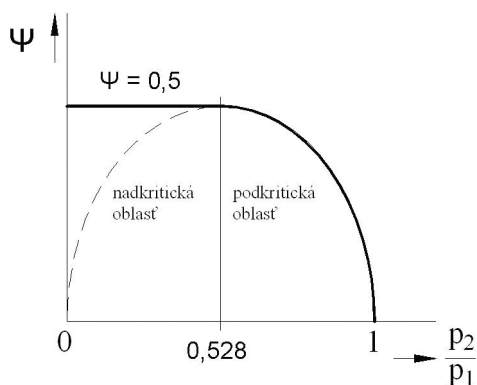
a pre vzduch je adiabatický exponent $\kappa = 1,4$ [-] a po úprave bude výtoková rýchlosť:

$$v_2^* = \sqrt{v_1^2 + 7 \cdot \frac{p_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,286} \right]} \quad [m.s^{-1}] \quad (17)$$

prietok škrtením bude

$$Q = A_0 \cdot v_2^* \cdot \psi \quad (18)$$

kde: A_0 [m²] je veľkosť zúženého prierezu,
 v_2^* [m.s⁻¹] je výtoková rýchlosť prúdenia tekutiny zo zúženého prierezu,
 ψ [-] je výtokový súčiniteľ a závisí od pomeru tlakov p_2/p_1 – obr. 2.



Obr. 2 Závislosť výtokového súčiniteľa ψ od pomeru tlakov

1.1.5 Výtoková rýchlosť a prietok pri vyprázdňovaní

V tejto časti opíšeme situácie pri vyprázdňovaní nádoby, vzdušníka, alebo pri výtoku otvorom, napr. netesnosti v potrubnej sieti.

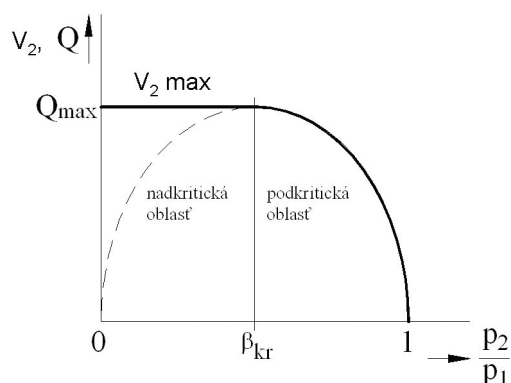
Počiatočná rýchlosť $v_1 = 0$, teda výtoková rýchlosť bude:

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot \frac{\chi}{\chi - 1} \cdot \frac{p_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right]} \quad (19)$$

a pre vzduch je adiabatický exponent $\kappa = 1,4$, takže výtoková rýchlosť bude:

$$v_2 = \sqrt{7 \cdot \frac{p_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,286} \right]} \quad [m.s^{-1}] \quad (20)$$

Pri znižovaní tlakového pomeru p_2/p_1 , teda pri poklese tlaku p_2 bude výtoková rýchlosť narastať až po maximálnu hodnotu v_{2max} pri tzv. kritickom tlakovom pomere. Pri ďalšom poklese tlaku p_2 sa rýchlosť už meniť nebude – obr. 3.



Obr. 3 Závislosť objemového prietoku a rýchlosti od pomeru tlakov

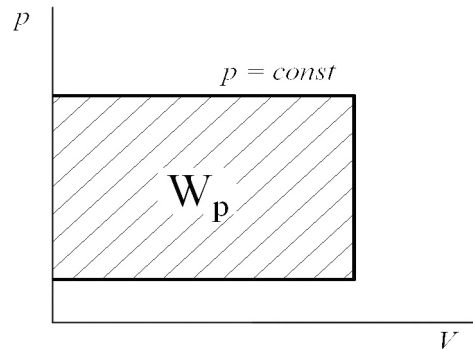
1.1.6 Zaplňovanie a vyprázdňovanie konštantného objemu

Ide o dva typické prípady vyskytujúce sa pri činnosti priamočiareho pneumatika. V prípade zaplňovania objemu bude tlakový vzduch prúdiť pod piest a v prípade vyprázdňovania objemu bude vzduch z motora piestom vytláčaný. V oboch prípadoch ide o stanovenie času potrebného na zaplnenie, resp. vyprázdnenie príslušného objemu. Keďže teória je pomerne zložitá a vzťahy sa nevyhnú derivačným a integračným rovniciam, nebudú v tejto časti uvedené. V prípade potreby je možné nájsť ich v príslušnej literatúre [2].

1.2 Rozdelenie pneumatických mechanizmov

Pneumatické mechanizmy pracujú na objemovom princípe a z hľadiska naplňovania daného objemu ich delíme na dve skupiny [2]:

Prvú skupinu tvoria pneumatické mechanizmy so zaplňovaním pracovného priestoru objemom vzduchu V pri konštantnom tlaku, teda $p = \text{konšt}$, $V = \text{var}$. Deformačná energia sa nevyužíva, i keď v procese naplňovania objemu V existuje.



Obr. 4 Využitie energie stlačeného vzduchu pri premenlivom objeme a konštantnom tlaku

Využívaná tlaková energia:

$$W_p = V \cdot p \quad [N.m] \quad (21)$$

Výkon:

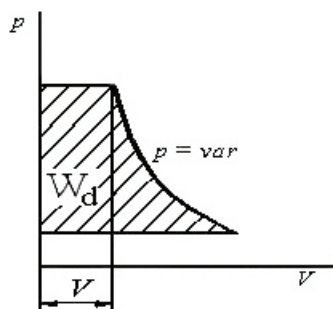
$$P = \frac{dW_p}{dt} = \frac{dV}{dt} p + V \frac{dp}{dt} \quad [W] \quad (22)$$

a pre $p = \text{konšt}$ platí $dp/dt = 0$, teda rovnica pre výkon bude

$$P = \frac{dV}{dt} p = Q \cdot p \quad [W] \quad (23)$$

V uvedených vzťahoch je V [m³] objem, Q [m³·s⁻¹] prietok a p [Pa] absolútny tlak vzduchu.

Do druhej skupiny patria pneumatické mechanizmy so zaplňovaním pracovného priestoru v počiatočnom stave takým objemom vzduchu V , aby sa pri jeho deformácii (stláčanie, expanzia) vykonala práca pri $V = \text{konšt}$ (ako množstvo vzduchu) a $p = \text{var}$.



Obr. 5 Využitie energie stlačeného vzduchu pri konštantnom objeme a premenlivom tlaku

Deformačná energia stlačeného vzduchu:

$$W_d = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \quad [N.m] \quad (24)$$

kde k [$N.m^{-1}$] je tuhosť nositeľa energie a $x = \Delta V/A$ [m] je deformácia nositeľa energie pri priereze A [m^2], teda:

$$W_d = \frac{1}{2} \frac{k}{A^2} \Delta V^2 = \frac{1}{2} D \cdot \Delta V^2 \quad [N.m] \quad (25)$$

kde $D = k/A^2$ [$N.m^{-5}$] je odpor nositeľa energie proti deformácii.

Výkon bude:

$$P_d = \frac{dW_d}{dt} = \frac{1}{2} \Delta V^2 \frac{dD}{dt} + \Delta V \cdot D \frac{dV}{dt} \quad [W] \quad (26)$$

a pre konštantný deformačný odpor $D = konšt$ bude výkon:

$$P_d = D \cdot \Delta V \frac{dV}{dt} \quad [W] \quad (27)$$

Ak vyjadríme deformačný odpor vzhľadom $D = \Delta p / \Delta V$, môžeme deformačnú energiu vyjadriť v tvare:

$$W_d = \frac{1}{2} \frac{\Delta p^2}{D} \quad [N.m] \quad (28)$$

a po úprave dostaneme pre výkon iný výraz:

$$P_d = \Delta p \cdot \frac{1}{D} \frac{dp}{dt} \quad [W] \quad (29)$$

1.3 Vlastnosti pneumatických mechanizmov

Vlastnosti akéhokoľvek zariadenia môžeme najlepšie vyjadriť ako jeho výhody a nevýhody. Výhody sa samozrejme snažíme využiť. Čo sa týka nevýhod, u nich je dôležitá možnosť ich kompenzácie, eliminácie a pod. Z výhod a nevýhod potom ľahšie môžeme stanoviť aj oblasti použitia daného zariadenia, jeho časti či jednotlivéj súčiastky.

Výhody pneumatických mechanizmov:

- centrálna výroba stlačeného vzduchu v priemyslových podnikoch (účinnosť, kvalita),
- mobilné kompresorové stanice – miesta bez elektrickej energie,
- rozvod stlačeného vzduchu je realizovaný jediným vodičom s jednoduchým a nenáročným pripojovaním. Odfukovanie do atmosféry – vetranie či ochladzovanie pracovných priestorov (elektrický signál – orientácia, nulovanie, zemnenie, tienenie; hydraulika – dva až tri vodiče, tesnenie),
- čistota prevádzky – potravinársky, farmaceutický, textilný a odevný priemysel,
- necitlivosť na zmeny teploty,
- preťažiteľnosť až k úplnému zastaveniu,
- vnútorný pretlak zabraňuje vzniku nečistôt do systému, prvkov – prašné prostredie,
- výbušné prostredie – hlbinné bane, nábytkársky priemysel, chemický priemysel a pod.,
- veľká rýchlosť vykonávaných operácií – pri priamočiarych motoroch až 8x rýchlejšie a pri rotačnom pohybe až s 20x vyššími otáčkami než pri mechanizmoch hydraulických či elektrických,
- jednoduchá rýchlostná, otáčková, silová a výkonová regulácia jednoduchými prostriedkami a bez marenia energie,
- možnosť automatizácie a logických pracovných funkcií a jednoduchá kombinácia s elektrickými riadiacimi prvkami malých výkonov,
- jednoduchá montáž a údržba bez nárokov na zvláštnu kvalifikáciu. Jednoduchá diagnostika porúch počutelným únikom vzduchu či jednoduchým meracím prístrojom – manometrom,
- jednoduchá a technologicky nenáročná výroba prvkov pneumatických systémov bez zvláštnych pevnostných požiadaviek na materiál a opracovanie. Hliník, plasty – zníženie hmotnosti, keramika – až 10^8 cyklov.

Nevýhody pneumatických mechanizmov:

- úprava vzduchu – mechanické nečistoty, vlhkosť a voda, primazanie olejovou hmlou,
- stlačený vzduch je najdrahšou energiou z hľadiska zdroja, strát v rozvodoch a nedokonalým využitím expanzie v pracovnom prvku,
- stlačiteľnosť vzduchu spôsobuje malú tuhosť systému najmä pri premenlivom zaťažení,
- hlučnosť od expandovaného vzduchu na výstupe z pneumatických prvkov,
- malý pracovný tlak stlačeného vzduchu – max. 1 MPa vyžaduje na dosiahnutie väčších síl či krútiacich momentov výrazné zväčšenie rozmerov pneumatických motorov.

Nevýhody pneumatických mechanizmov sa dajú s ohľadom na prevádzkové podmienky podstatne eliminovať, najčastejšie kombináciou s iným typom mechanizmu:

- tuhosť a rýchlostná regulovateľnosť – kombinácia s hydraulickým či tuhým mechanizmom,
- polohovanie – elektronika v riadiacich systémoch pneumatických prvkov a systémov.

Porovnávacím parametrom na porovnanie rôznych typov mechanizmov môže byť hustota prenášanej energie vyjadrená výkonom a prierezom nositeľa energie σ :

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{\text{výkon}}{\text{prierez nositeľa energie}} \quad [\text{kW} \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (30)$$

Relácie medzi jednotlivými typmi mechanizmov sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Hodnoty porovnávacieho parametra σ pre jednotlivé mechanizmy

Typ mechanizmu	σ [kW.cm ⁻²]
Hydraulický	50
Elektrický	1,5
Pneumatický	1
Ozubené kolesá	30
Reťazový prevod	22

Tab. 2 Porovnanie pneumatických, hydraulických a elektrických silových a riadiacich systémov

Porovnávacie kritérium	Systém		
	pneumatický (P)	hydraulický (H)	elektrický (E)
celková účinnosť	30 %	75 %	90 %
straty energie pri prenose	<H	veľké	najmenšie
max. rýchlosť prenosu signálu	do 360 m.s ⁻¹	do 1 200 m.s ⁻¹	rýchlosť svetla
rozмеры systému • riadiaceho • silového	<H; porovnateľný s E >H	veľké najmenšie pri vysokých tlakoch	najmenšie pri elmotore >P a >H
rýchlosť vykonávaných operácií	vysoká	<P a E	<P
plynulosť pohybu a presnosť zastavenia v ľub. polohe	prakticky nedosiahnuteľná bez použitia špec. prvkov	vysoká a jednoducho regulovateľná	lepšia než P a horšia než H
rázy v koncových polohách	veľké; nevyhnutné tlmenie	minimálne	veľké; nevyhnutné tlmenie
citlivosť k preťaženiu	veľmi malá	nízka, vyvoláva zvýšený ohrev kvapaliny	vysoká; pri dlhšej dobe je nutná ochrana

riadiace prvky • frekvenčné charakteristiky • životnosť • cena • rozmery	20 až 40 Hz (10 až 20).10 ⁶ cyklov <H malé	<100 Hz <5.10 ⁶ cyklov vysoká >P	<200 Hz; elektronické až 10 ⁷ Hz (0,2 až 2).10 ⁶ cyklov pri elektronických prakticky neohraničená najnižšia porovnateľné s P
čas rozbehu zariadenia	0,02 až 0,1 s	0,06 až 0,2 s	0,05 až 0,15 s
bezpečnosť (výbuch, požiar)	bezpečné	nebezpečné, nutnosť nehorľavých kvapalín	nebezpečné, nutná špeciálna úprava (2 až 3-krát drahšie)
vplyv prostredia (vlhkosť, prašnosť)	bez vplyvu	silno ovplyvňuje	ovplyvňuje, nutná špeciálna úprava
montáž a demontáž	veľmi jednoduchá	jednoduchá	jednoduchá
použiteľnosť	<sily, momenty a výkony >rýchlosti, otáčky	>sily, momenty a výkony <rýchlosti, otáčky	>>výkony <rýchlosti, otáčky

1.4 Vlastnosti stlačeného vzduchu

Pri výpočtoch pneumatických mechanizmov uvažujeme čistý a suchý vzduch, ktorého základné fyzikálne veličiny sú uvedené v tab. 3.

Tab. 3 Základné fyzikálne veličiny vzduchu

Hustota pri teplote +20°C a tlaku 100 kPa	$\rho = 1,164 \text{ kg.m}^{-3}$
Plynová konštanta	$r = 287,1 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Merná tepelná kapacita – pri $p = \text{konšt}$ – pri $v = \text{konšt}$	$c_p = 1,003.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c_v = 0,716.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rýchlosť zvuku pri teplote +20°C	$v = 344 \text{ m.s}^{-1}$
Adiabatický exponent	$\chi = 1,4$
Pomer merných tepelných kapacít	$c_p/c_v = 1,4$
Dynamická viskozita pri teplote +20°C a tlaku 100 kPa	$\eta = 18,55.10^{-6} \text{ N.s.m}^{-2}$
Kinematická viskozita pri teplote +20°C a tlaku 100 kPa	$\nu = 15,55.10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$

Atmosférický vzduch je v skutočnosti zmes suchého vzduchu, vodných pár (vlhkosť) a pevných častíc (prach) v rôznej koncentrácii a veľkosti. Kvalita vzduchu je daná normou STN 10 9001, ako je uvedené v tab. 4.

Tab. 4 Stlačený vzduch. Triedy znečistenia podľa STN 10 9001-81

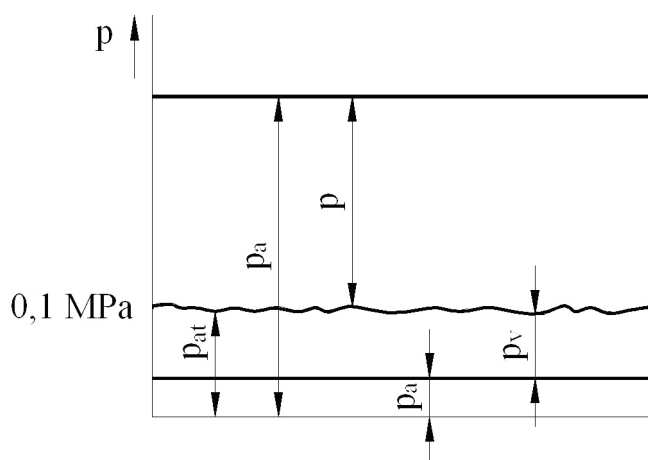
Trieda znečistenia	Rozmer tvrdej častice [mm], max.	Obsah cudzích prímiesí [mg.m ⁻³], max.		
		Tvrde častice	Voda (v kvapalnom stave)	Olej (v kvapalnom stave)
0	0,5	0,001	Nie je dovolený	
1	5	1		
2			500	Nie je dovolený
3	10	2	Nie je dovolený	
4			800	16
5	25	2	Nie je dovolený	
6			800	16
7	40	4	Nie je dovolený	
8			800	16
9	80	4	Nie je dovolený	
10			800	16
11	Neodporúča sa	12,5	Nie je dovolený	
12			3 200	25
13		25	Nie je dovolený	
14			10 000	100

Pri výpočtoch pneumatických mechanizmov sa často používa veličina modul stlačiteľnosti vzduchu, ktorý je daný vzťahom:

$$K = n \cdot p_a \quad [Pa] \quad (31)$$

kde: n [-] je polytropický exponent a pre vzduch je $n = 1,3$,
 p_a [Pa] je absolútny tlak vzduchu.

$$p_a = p_{at} + p \quad [Pa] \quad (32)$$



Obr. 6 Definícia tlakových hladín vzduchu

Na obr. 6 sú znázornené rôzne tlakové hladiny. Najmä pri termodynamických výpočtoch je potrebné rozlišovať jednotlivé tlakové hladiny. Základnou hladinou je úroveň atmosférického tlaku p_{at} s hodnotou cca 0,1 MPa. Je to tlak, pri ktorom všetky tlakomery ukazujú hodnotu nula, teda tlakomery merajú len tlak väčší než tlak atmosférický. Tento tlak je označený p , prípadne p_r a predstavuje relatívny tlak, prípadne pretlak. Tlak nižší, ako je tlak atmosférický, je označený ako p_v a predstavuje tiež relatívny tlak, nazývaný podtlak alebo tlak vakuu. Tlak meraný od skutočne nulovej hodnoty je označený ako p_a a bez ohľadu na to, či je väčší alebo menší ako tlak atmosférický, sa nazýva absolútny tlak.

1.5 Základné parametre pneumatických mechanizmov

Jedným z hlavných a najviac sledovaných parametrov koncových zariadení je výkon P . Výkon tekutínového mechanizmu je určený súčinom dvoch hlavných parametrov – tlaku p [Pa] a objemového prietoku Q [m³.s⁻¹]:

$$P = p \cdot Q \quad [W] \quad (33)$$

V pneumatických mechanizmoch je ako technická tekutina používaný vzduch. Jeho stav je v každom čase popísaný stavovou rovnicou. Stavová rovnica pre 1 kg ideálneho plynu:

$$p \cdot v = r \cdot T \quad (3)$$

a pre m [kg] plynu:

$$p \cdot V = m \cdot r \cdot T \quad (5)$$

kde: p [Pa] je absolútny tlak,
 r [J.kg⁻¹.K⁻¹] je špecifická plynová konštanta,
 T [K] je termodynamická teplota.

Prietok Q [m³.s⁻¹] sa v pneumatických mechanizmoch pri výfuku odvádza späť do atmosféry, preto sa nazýva aj ako spotreba vzduchu.

Zo stavovej rovnice platí závislosť: $Q = f(p, T)$, preto sa uvádza tzv. normálny, normovaný stav Q_N , t. j. množstvo vzduchu, ktoré pri tlaku $p_N = p_{at} = 100 \text{ kPa}$ a teplote $T_N = 293 \text{ K}$ (20 °C) vyplňuje objem $V = 1 \text{ m}^3$. Využitím stavovej rovnice bude vzťah pre objem vzduchu:

$$V_N = V \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_I} \quad [m^3] \quad (34)$$

pre prietok

$$Q_N = Q \cdot \frac{p_a}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_I} \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (35)$$

a pre $T_I = T_N$ a $p_N = 100 \text{ kPa}$ bude

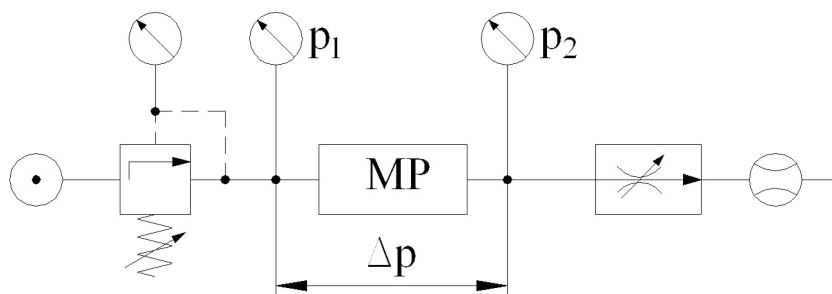
$$V_N = V \cdot p_a \quad [m^3] \quad (36)$$

a

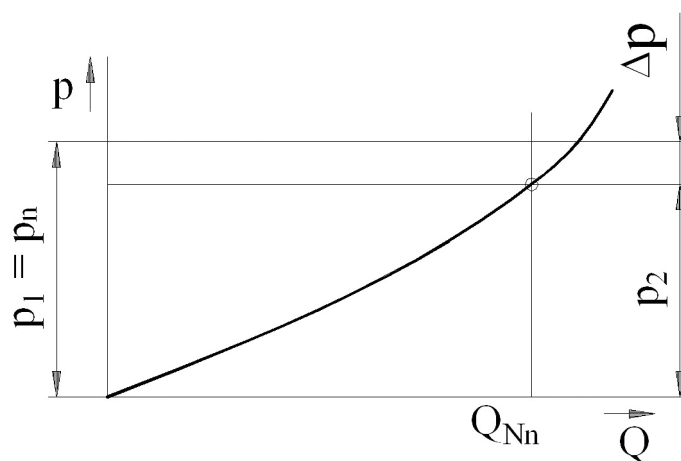
$$Q_N = Q \cdot p_a \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (37)$$

Menovitý prietok Q_{Nn} alebo prietokový súčiniteľ K_V sú uvádzané ako katalógové hodnoty (voľba prvkov pneumatického mechanizmu), ale nedajú sa exaktne vypočítať, preto sa stanovujú experimentom.

Menovitý prietok Q_{Nn} sa stanovuje pri menovitom tlaku $p_n = p_I = 0,6 \text{ MPa}$ a tlakovom spáde medzi vstupom a výstupom meraného prvku (MP) $\Delta p = 0,1 \text{ MPa}$ – obr. 7.



Obr. 7 Merací obvod na zistenie prietoku a prietokového súčiniteľa



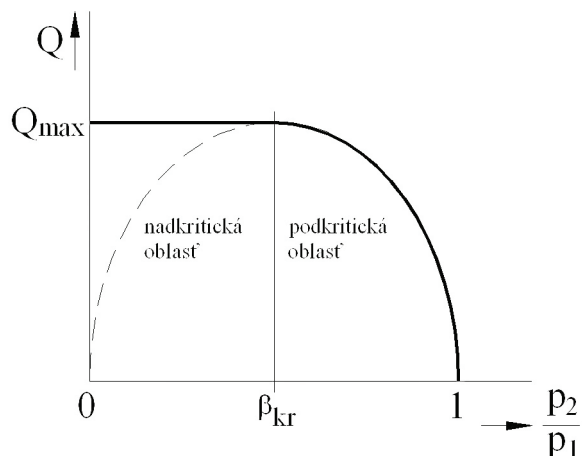
Obr. 8 Závislosť $p - Q$ a menovitý normovací prietok Q_{Nn}

Medzi menovitým prietokom Q_{Nn} a normovaným prietokom Q_N platí vzťah:

$$Q_N = 4,08 \cdot Q_{Nn} \cdot \sqrt{p_2 \cdot \Delta p} \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (38)$$

Prietokový súčiniteľ K_v je definovaný podľa odporúčania VDI/DVE 2173 ako prietok vody v $m^3 \cdot h^{-1}$ pri teplote od $+5\text{ }^\circ\text{C}$ do $+30\text{ }^\circ\text{C}$ a tlakovom spáde $\Delta p = 0,1\text{ MPa}$.

Pre prietok vzduchu pri hustote $\rho_N = 1,3\text{ kg} \cdot m^{-3}$ a teplote $T_1 = 293\text{ K}$ uvažujeme s dvomi oblasťami prúdenia – podkritická a nadkritická v závislosti od pomeru tlakov p_2/p_1 – obr. 9.



Obr. 9 Závislosť objemového prietoku od tlakového spádu

Zo základných parametrov pneumatického mechanizmu je možné odvodiť rozsah hodnôt jeho výstupných parametrov – tab. 5.

Tab. 5 Výstupné parametre pneumatických mechanizmov

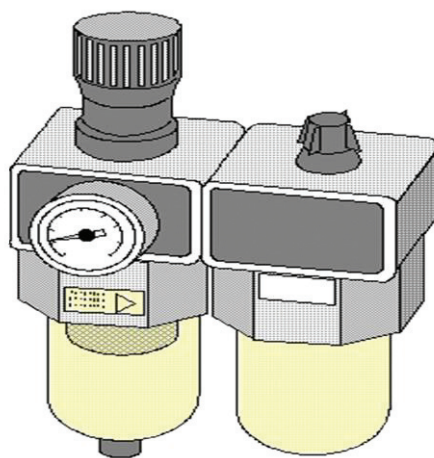
Sila	$F = p \cdot A$	0,1 až $80 \cdot 10^3\text{ N}$
Moment	$M = p \cdot V / 2\pi$	0,5 až $500\text{ N} \cdot \text{m}$
Výkon	$P = p \cdot Q$	0,01 až 60 kW
Rýchlosť	$v = Q / A$	0,01 až $5\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Otáčky	$n = Q / V$	10 až $80 \cdot 10^4\text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

2 PRVKY ZDROJA

Zdrojom energie stlačeného vzduchu je kompresor. Pri výrobe stlačeného vzduchu však nestačí vzduch len stlačiť, ale treba zabezpečiť aj jeho ďalšie požadované vlastnosti – kapitola **1.4 Vlastnosti stlačeného vzduchu**. Na to slúžia viaceré prvky, ktoré sú stručne opísané v tejto kapitole.

2.1 Úprava vzduchu

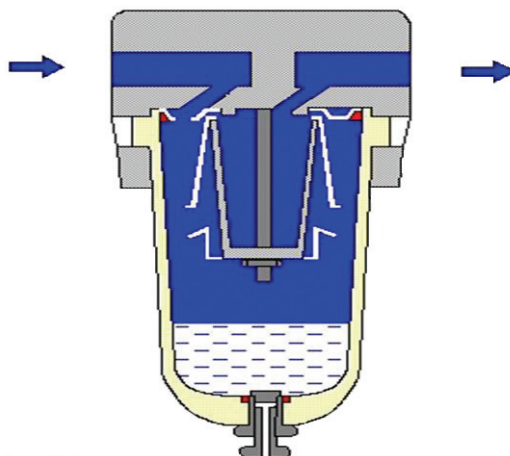
Jednotka úpravy vzduchu je na obr. 10. Filter je bežne kombinovaný s regulátorom tlaku (redukčný ventil s tlakomerom) a primasťovacou jednotkou. Táto zostava tvorí kompaktnú jednotku úpravy vzduchu. Výber správneho filtra má dôležitú úlohu pri určovaní kvality a účinnosti výkonovej aj riadiacej časti pneumatického systému. Oba tieto systémy používajú stlačený vzduch, a to buď ako výkonový alebo riadiaci signál.



Obr. 10 Jednotka úpravy vzduchu

2.2 Filtrácia vzduchu

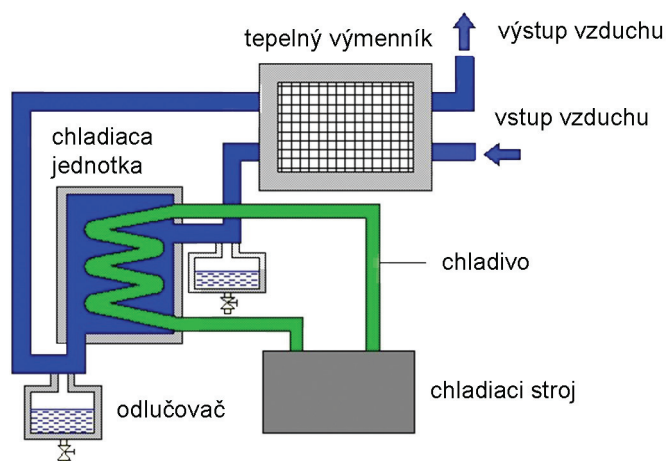
Filtrácia vzduchu je znázornená na obr. 11. Prúd stlačeného vzduchu je pred vstupom do nádoby usmernený, vzduch rotuje a ťažšie častice prachu (mechanických nečistôt) a kvapiek vlhkosti sú odstredivou silou vytláčané k obvodu vnútornej steny filtračnej nádoby a po jej stene padajú nadol. Takto predčistený vzduch potom prechádza cez samotný filter.



Obr. 11 Filtrácia vzduchu

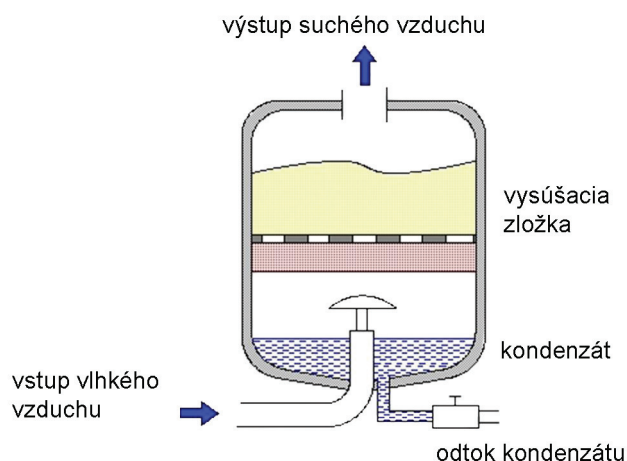
2.3 Sušenie vzduchu

Sušenie vzduchu je spojené aj so znižovaním teploty a môžeme ho dosiahnuť rôznymi spôsobmi. Zníženie rosného bodu zabezpečí, že skondenzuje väčšie množstvo vody obsiahnutej vo vzduchu. Zaradenie ochladzovača vzduchu umožňuje dosiahnuť rosný bod medzi 2 a 5 °C – obr. 12.



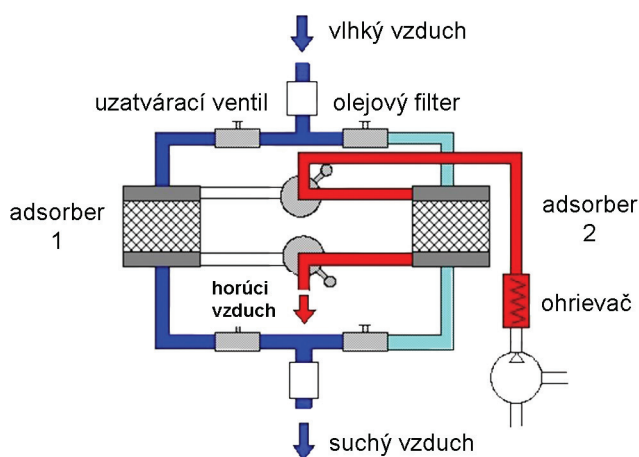
Obr. 12 Sušenie vzduchu, zníženie teploty

Absorpčné sušenie vzduchu – princíp je na obr. 13. Absorpcia je čisto chemický proces. Vlhkosť obsiahnutá v stlačenom vzduchu sa viaže na vysušiaciu zložku v nádržke. To spôsobí, že vysušacia zložka sa rozloží – vylúči sa ako tekutina na dne nádoby. Vysušacia zložka musí byť dopĺňaná podľa toho, aká je teplota, obsah vody a rýchlosť prúdenia stlačeného vzduchu.



Obr. 13 Absorpčné sušenie vzduchu

Princíp adsorpčného sušenia vzduchu je iný a je na obr. 14. Najnižšia hodnota rosného bodu (do $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$) môže byť dosiahnutá prostredníctvom adsorpčného sušenia. Pri tejto metóde je stlačený vzduch pretláčaný cez gél a voda (vlhkosť) sa usádza na povrchu, tzn. je adsorbovaná.



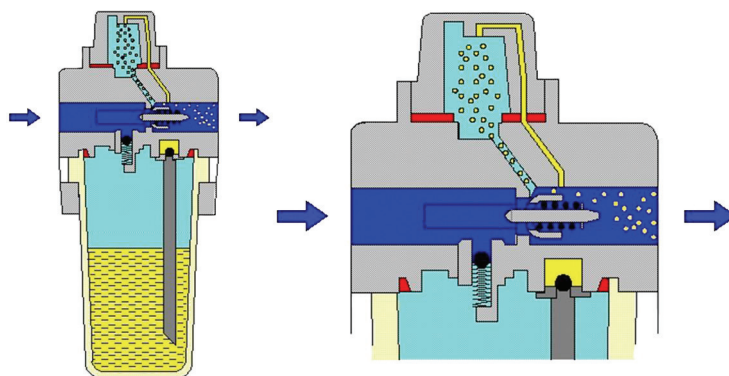
Obr. 14 Adsorpčné sušenie vzduchu

2.4 Primastenie vzduchu

Primastenie vzduchu je sporná otázka. Býva totiž pravidlom, že vyrobený stlačený vzduch by mal byť suchý a zbavený oleja. Pre niektoré prvky pneumatického obvodu je primastený vzduch zničujúci, pre iné neželateľný, no pre výkonové prvky je v mnohých prípadoch primastenie vzduchu nutnosťou. Primastenie vzduchu by preto malo byť zabezpečené len v tých častiach obvodu, kde to je potrebné.

Vzduch prechádzajúci cez masteničku spôsobuje vznik podtlaku v nádobke s olejom. Tým sa malé

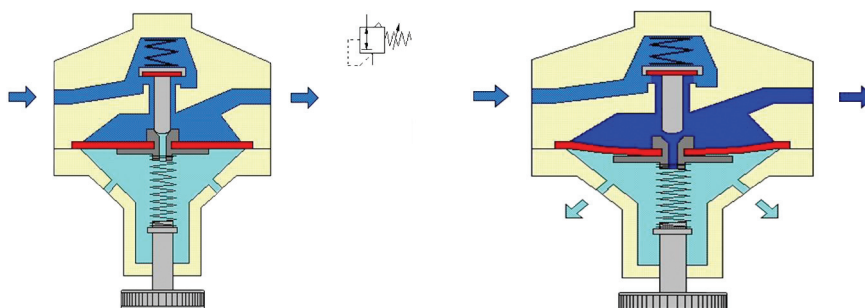
množstvo oleja dostane do hornej časti rúrky a následne kvapká do trysky. Olej je potom rozprášený prúdom vzduchu v podobe emulzie – obr. 15.



Obr. 15 Primastenie vzduchu

2.5 Regulácia tlaku

Ide o zaistenie bezpečnosti a poistenie funkcie tlakového spínača. Pri dosiahnutí nastaveného limitného tlaku regulátor tlaku vypustí časť vzduchu do atmosféry cez odvetrací otvor a zabráni tak prekročeniu dovoleného prevádzkového tlaku vo vzdušníku, prípadne jeho znehodnotenie – obr. 16.

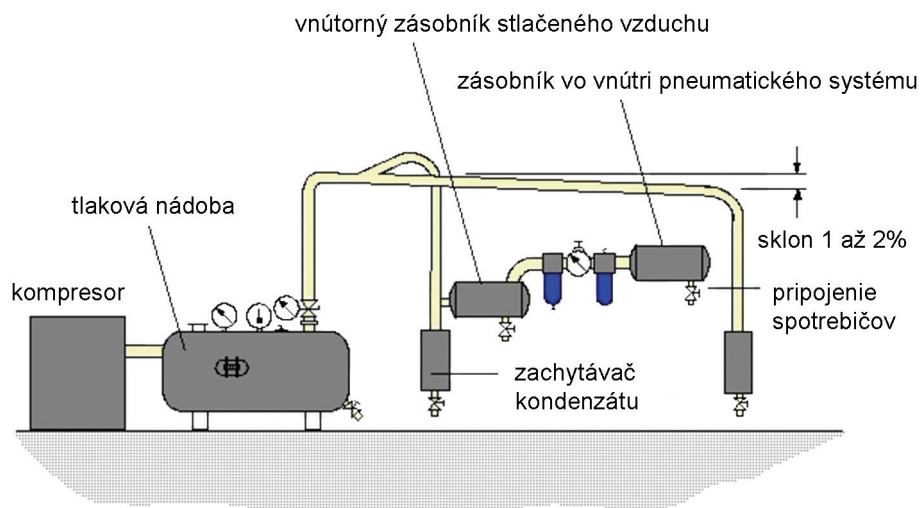


Obr. 16 Regulátor tlaku s odvetracím otvorom

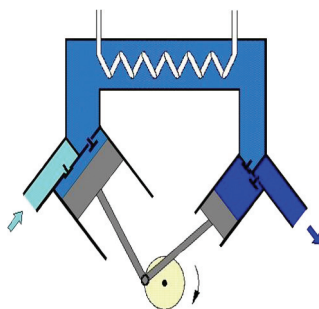
2.6 Kompresorová stanica

Napriek tomu, že stláčanie vzduchu patrí medzi energeticky a ekonomicky náročné procesy premeny energie, je používanie stlačeného vzduchu v niektorých odvetviach priemyslu a v niektorých technologických procesoch nenahraditeľné.

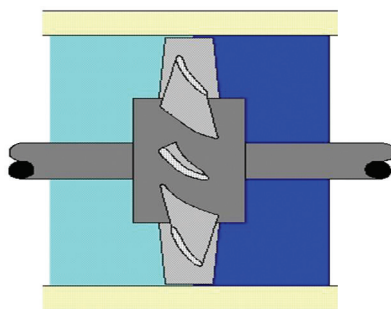
Zdrojom stlačeného vzduchu je kompresor. Doplnením ďalšími potrebnými zariadeniami dostaneme kompresorovú stanicu – obr. 17. Niektoré druhy kompresorov sú na obr. 18 a 19.



Obr. 17 Kompresorová stanica



Obr. 18 Dvojstupňový piestový kompresor

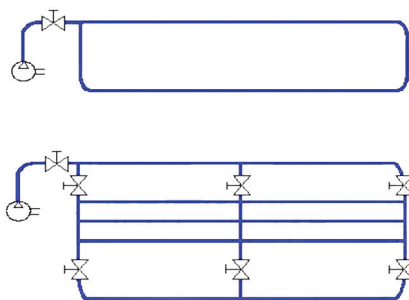


Obr. 19 Axiálny kompresor (ventilátor)

2.7 Rozvod stlačeného vzduchu

Prívod stlačeného vzduchu od kompresora k spotrebičom je zabezpečený rozvodnou sieťou – obr. 20. Odbočky k spotrebičom, strojom sú na hlavnú vetvu dielenského rozvodu stlačeného vzduchu napojené tak, aby do nich nemohol stekať kondenzát z hlavnej vetvy rozvodu. Hlavná vetva rozvodu má byť uložená so spádom cca 2 %.

Každé so spádom vodorovne uložené alebo zvislo vedené potrubie musí mať v najnižšom bode možnosť vypustenia kondenzátu, najlepšie samostatným zariadením, ktoré pracuje automaticky bez obsluhy.



Obr. 20 Rozvod vzduchu

2.8 Tlaky

Tlaky ako fyzikálne veličiny charakterizujúce tlakový vzduch sú spomenuté v kapitole 1.4 a sú aj na obr. 6. Relatívne tlaky sú merané tlakomermi a v termodynamických vzťahoch sú dosadzované hodnoty absolútnych tlakov. Tlak je zároveň jeden z výkonových parametrov tekutinového mechanizmu.

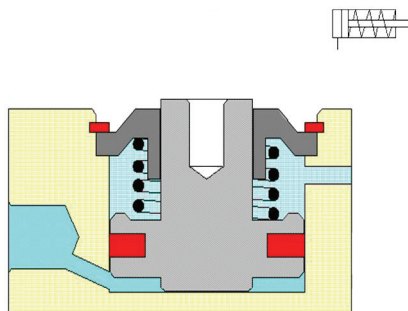
3 MOTORY

Pneumatické motory využívajú ako nositeľ a energie k prenosu síl a momentov stlačený vzduch. Podľa pohybu výstupného člena motora sa pneumatory delia na:

- motory s priamočiarym pohybom výstupného člena (piestnej tyče),
- motory s kývavým pohybom výstupného člena (hriadeľa),
- motory s rotačným pohybom výstupného člena (hriadeľa).

3.1 Jednočinný priamočiary pneumatotor s krátkym zdvihom

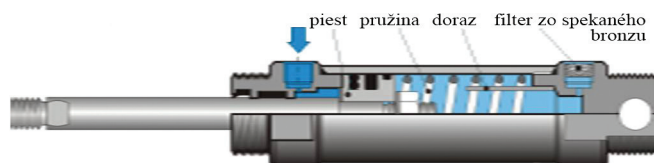
Tieto motory sú často používané v upínacích zariadeniach ako upínacie motory. Tlakový vzduch sa privádza pod piest len z jednej strany, z druhej strany je komora valca odvzdušnená. Vratný pohyb piesta je vyvolaný buď silou pružiny, alebo vonkajšou silou pôsobiaceou na piestnicu. Zdvih tohto motora je obmedzený dĺžkou maximálne stlačenej pružiny a spravidla nepresahuje 100 mm.



Obr. 21 Jednočinný priamočiary pneumatotor s krátkym zdvihom

3.2 Jednočinný priamočiary pneumatotor

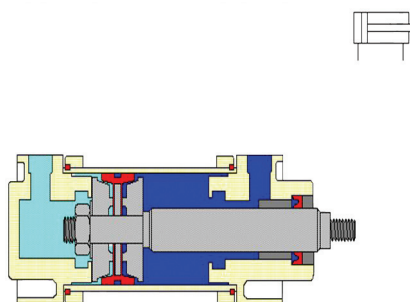
V prípade jednočinného priamočiareho motora je tlakový vzduch privádzaný len z jednej strany piesta, teda riadený je pohyb len v jednom smere. Vratný pohyb je vyvolaný buď vnútornou pružinou, alebo vonkajšou silou pôsobiaceou na piestnu tyč v príslušnom smere. Použitie takýchto motorov je typické pre zdvíhacie zariadenia, kde tiažová sila zdvíhaného bremena (a prípadne aj plošiny) vracia piest do východiskovej polohy.



Obr. 22 Jednočinný priamočiary pneumotor

3.3 Dvojčinný priamočiary pneumotor

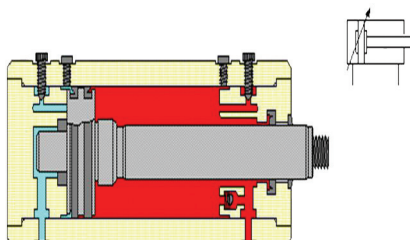
V dvojčinnom priamočiarom pneumotore býva na konci valca v mieste vyústenia piestnej tyče stieračí krúžok, ktorého úlohou je zabrániť vniknutiu mechanických nečistôt do vnútorného priestoru valca, čím by mohlo dôjsť k porušeniu tesnení. Tesniaci krúžok je upevnený v ložiskovom puzdre a utesňuje piestnu tyč. Piestnu tyč pri vysúvaní a zasúvaní vedie ložiskové puzdro. Puzdrá bývajú najčastejšie vyrobené z materiálov, ako je napr. bronz alebo plast.



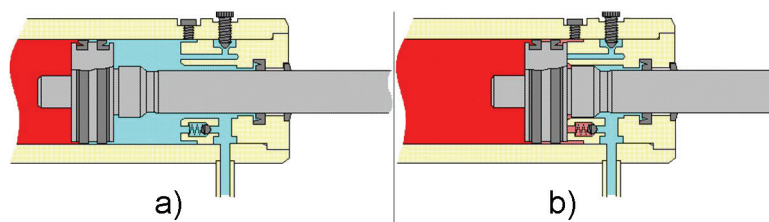
Obr. 23 Dvojčinný priamočiary pneumotor

3.4 Tlmenie v koncových polohách

Pri vysokých rýchlostiach priamočiarych pneumotorov alebo v prípade presúvania veľkých hmotností je potrebné konštrukčné upravenie týchto motorov s tlmením buď v oboch koncových polohách, alebo aspoň v jednej z nich. Pred dosiahnutím koncovej polohy piesta tlmiaci piest uzavrie priamy odtok vzduchu z motora a vzduch tak môže byť z motora vytláčaný cez zúžený prierez, v ktorom je navyše zaradený nastaviteľný škrtiaci ventil – obr. 25.



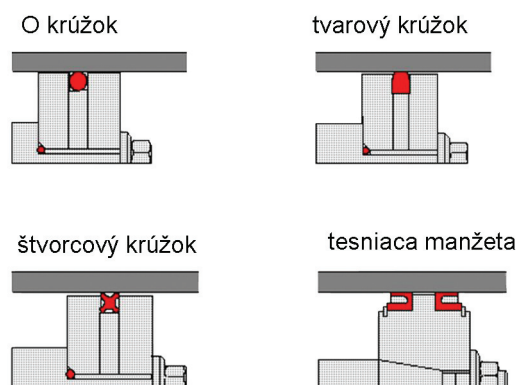
Obr. 24 Dvojčinný priamočiary pneumotor s tlmením v koncových polohách



Obr. 25 Dvojčinný priamočiary pneumotor: a) pred tlmením, b) na konci tlmenia

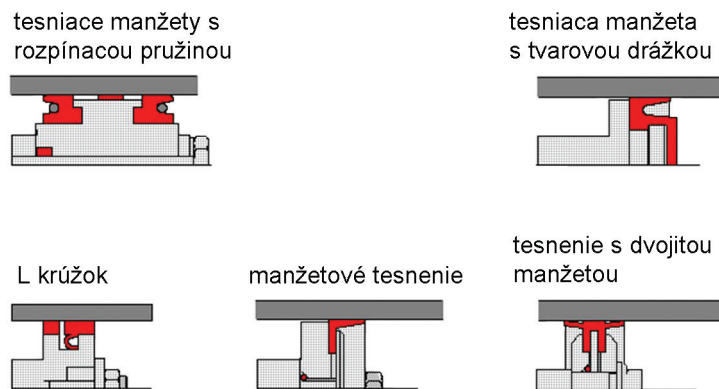
3.5 Utesňovanie pracovných priestorov

Tesnenia – na utesňovanie pracovných priestorov priamočiarych pneumotorov sa používajú krúžky rôznych prierezov, manžety – obr. 26. Materiály týchto krúžkov sú rôzne a zväčša závisia od pracovnej teploty a aj od funkcie krúžku. Perbunan sa používa pre teploty $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$, viton pre teploty $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+190\text{ }^{\circ}\text{C}$, teflon pre teploty $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 26 Tesniace krúžky rôznych prierezov

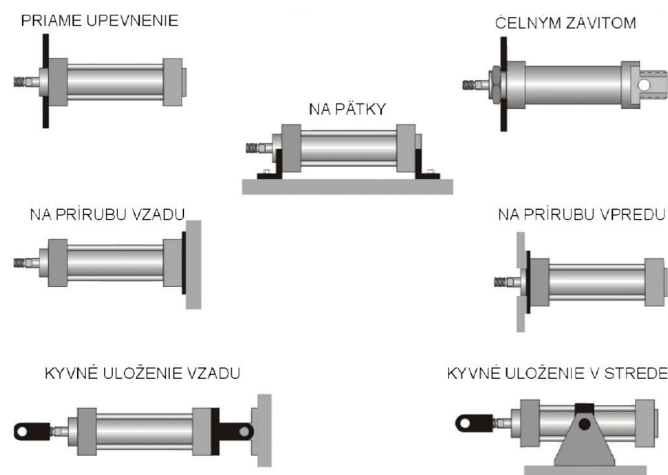
Tesnenia na obr. 27 zobrazujú dve tesniace manžety s pomocným rozpínaním pružinou (podobne ako gufero) a s vodiacim krúžkom piesta. Výhoda tohto tesnenia spočíva tiež v dokonalom utesnení pracovného priestoru valca dotesňovacím tlakom prítomným vo valci. Samotná záťaž pohonu spôsobuje deformáciu tesnenia s dôsledkom ešte lepšieho dotesnenia pracovného priestoru pohonu. Ďalšie dve manžety sa používajú pre jednočinné motory aj na utesnenie piestnice. Toto tesnenie má potom zvláštnu stieraciu hranu na výstupe piestnice z motora. Piest musí byť vo valci jednak tesnený a zároveň musí byť zabezpečené dobré vedenie piesta jednočinného motora. V prípade dvojčinného motora musí byť tesnenie dvojité, tzn. z oboch strán piesta. Piest pohonu musí byť dostatočne utesnený voči stene valca. Aj výhoda tesnenia s dvojitým okrajom spočíva v dokonalom utesnení pracovného priestoru valca dotesňovaním samotným tlakom, prítomným vo valci.



Obr. 27 Utesňovanie piestov

3.6 Spôsobu upevnenia motorov

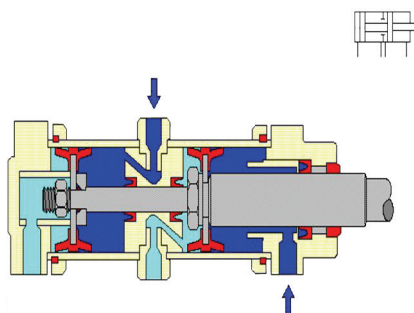
Vhodnosť upevnenia je daná umiestnením motora na stroji a spôsobom jeho práce, činnosti. Pokiaľ je spôsob upevnenia pre daný motor nemenný, potom je motor na tento účel už priamo konštruovaný. V opačnom prípade je motor konštrukčne usporiadaný tak, aby bolo možné k nemu stavebníckym spôsobom pripájať rôzne upínacie prvky na upevnenie na stroji. Tento spôsob je vhodný predovšetkým pre univerzálnosť použitia typizovaných motorov vyrábaných v rôznych prevedeniach. Päťka, závit, predná príruha, zadná príruha, otočná predná príruha, otočná stredová príruha, kyvná zadná príruha.



Obr. 28 Upevňovanie priamočiarych pneumotorov

3.7 Tandemový pneumotor

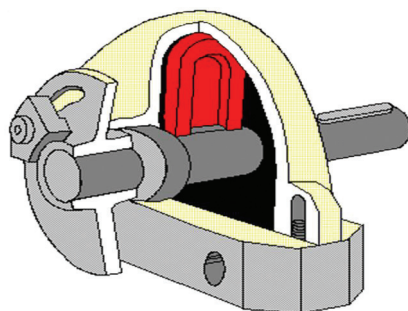
Tandemová konštrukcia priamočiareho motora s dvomi piestami. Touto konštrukčnou úpravou sa zväčší činná plocha piesta a motor je tak použiteľný na väčšie sily pri rovnakom priemere valca.



Obr. 29 Tandemová konštrukcia priamočiareho motora s dvomi piestami

3.8 Kyvný pneumotor

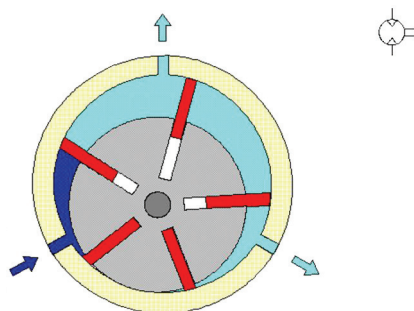
Lamelový pneumotor s kývavým pohybom s jednostrannou lamelou – uhol výkyvu je až 290° . Pri motore s dvojstrannou lamelou je maximálny výkyv 120° , ale krútiaci moment sa zdvojnásobí. Z dôvodu lepšieho zatesnenia má lamela polkruhovú zakončenie. Motor má na predĺženom hriadeli prírubu s drážkou, v ktorej sa pohybujú aretačné kamene, ktoré slúžia na nastavenie potrebného uhla kyvu. Tento uhol kyvu je možné odčítat' na stupnici vyznačenej na kryté príruby.



Obr. 30 Lamelový pneumotor s kývavým pohybom s jednostrannou lamelou

3.9 Rotačný pneumotor

Lamelové rotačné pneumotory sú najviac rozšírené pre ich všestranné použitie v pohonoch ručných pneumatických rotačných nástrojov (brúsky, vŕtačky, uťahováky a pod.). Jednoduchosť ich konštrukcie a malá hmotnosť umožňuje vstavať ich priamo do telesa stroja.



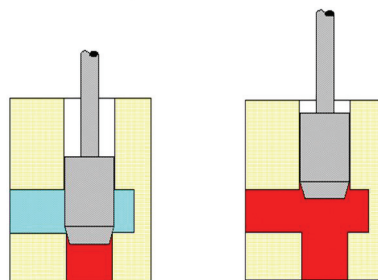
Obr. 31 Lamelový rotačný pneumotor

4 ZÁKLADY VENTILOV

Ventily bývajú najčastejšie vyhotovené buď ako sedlové, alebo posúvačové [1]. Princíp tanierových, sedlových ventilov je znázornený na obr. 32.

Vlastnosti sedlových ventilov:

- tesne uzatvárajú,
- necitlivosť k znečisteniu,
- nákladnejšia konštrukcia rozvádzačov,
- nutnosť tlakového vyrovnania,
- kratšia ovládacia dráha.

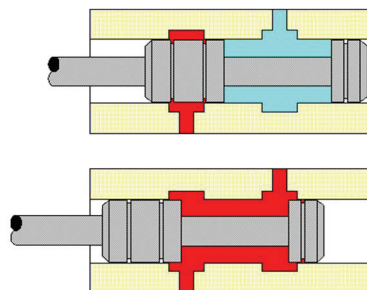


Obr. 32 Konštrukcia sedlového ventilu

Princíp posúvačových ventilov je znázornený na obr. 33.

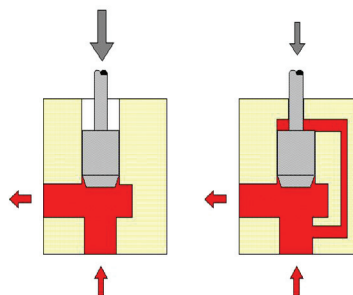
Vlastnosti ventilov s posúvačovou konštrukciou:

- priesakový tok,
- citlivosť k znečisteniu,
- jednoduchá konštrukcia rozvádzačov,
- vyrovnaný tlak,
- veľká ovládacia dráha.



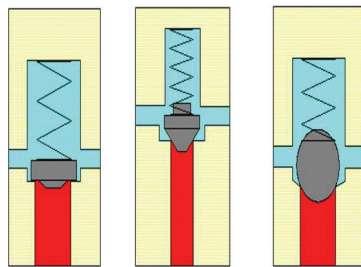
Obr. 33 Konštrukcia posúvačového ventilu

Tlakové vyrovnanie v sedlovom ventile spočíva v zmenšení veľkej prestavovacej sily, ktorá bez kompenzácie pôsobí proti tlaku vzduchu – obr. 34.



Obr. 34 Kompenzácia veľkej prestavovacej sily sedlového ventilu

Dosadacie plochy sedlových ventilov majú rôzny tvar, ako je znázornené na obr. 35.

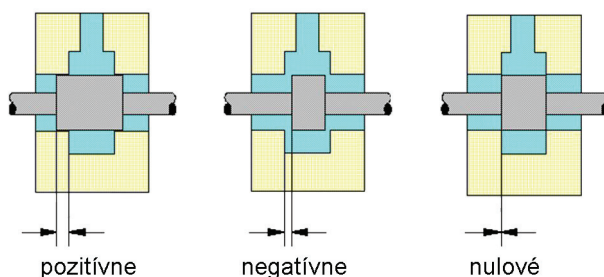


Obr. 35 Tvary dosadacích plôch sedlových ventilov

V posúvačových ventiloch je zas doplnkovým údajom k ich činnosti tzv. krytie na hranách posúvača pri zmenách jeho polohy. Toto krytie môže byť:

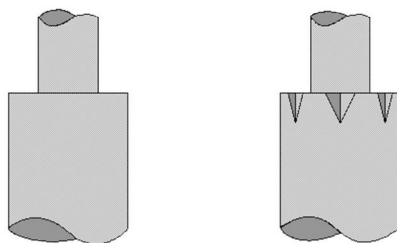
- pozitívne – tlakové špičky, tvrdé nábehy, použitie pre zariadenia so zásobníkom,
- negatívne – mäkké nábehy, záťaž poklesne,
- nulové – krátka prestavná dráha; pre rýchle prestavenie.

Jednotlivé krytia na posúvačových ventiloch sú na obr. 36.



Obr. 36 Krytie v posúvačových ventiloch

Riadiace hrany piestov ventilov môžu byť buď ostré (tvrdé zmeny polohy ventila), alebo môžu byť vybavené nábehovými drážkami – obr. 37, čo zmierňuje účinok prestavenia ventila na chod motora.



Obr. 37 Riadiace hrany piestov ventilov

5 SCHEMATICKE ZNAČKY PRVKOV PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV [4]

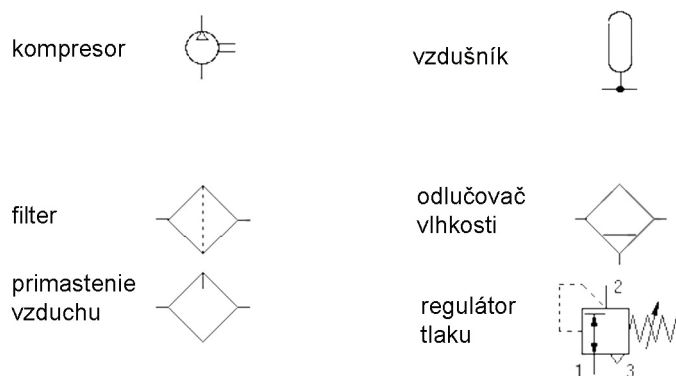
Prvky pneumatického mechanizmu môžu byť rozdelené do troch hlavných skupín:

- akčné členy – motory,
- riadiace prvky,
- prvky zdroja – generátory (kompresor).

Pri návrhu pneumatického mechanizmu treba vybrať vhodné prvky a prepojiť ich tak, aby akčné členy vykonávali všetky požadované činnosti aj s požadovanými parametrami. Takýto návrh je najvhodnejšie vyhotoviť pomocou obvodovej schémy. V schéme je každý prvok zobrazený schematickou značkou. Na jednoznačný výklad schémy je potrebná znalosť schematických značiek.

5.1 Prvky zdroja

Značky pre zdroj stlačeného vzduchu môžu byť reprezentované individuálnymi prvkami, obr. 38, alebo kombinovanými značkami, obr. 39.



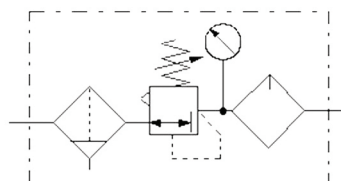
Obr. 38 Prvky zdroja

Zjednodušené značky sa majú používať v prípadoch, keď je ako zdroj použitý štandardný a bežný agregát a je použitý pre všetky prvky systému. V prípade špecifických technických požiadaviek na zdroj, ako je napríklad požiadavka na filtráciu a masťotu vzduchu, sa majú používať kompletné detailné značky.

zdroj tlaku –
zjednodušená značka



komplexný zdroj tlaku
– zjednodušená a
úplná značka

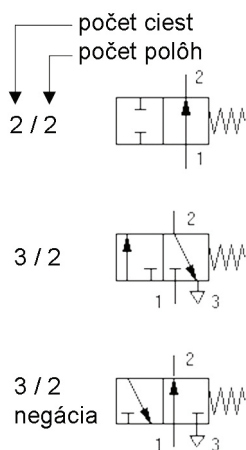


Obr. 39 Jednotka zdroja tlaku vzduchu

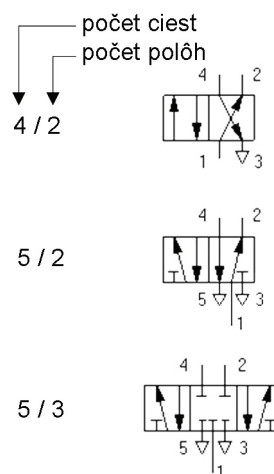
5.2 Prvky na hradenie prietoku – rozvádzače

Rozvádzače sú riadiace prvky na riadenie smeru pohybu pneumatika. Predstavujú vlastne klopné obvody, ktoré majú minimálne dve polohy (otvorený a zatvorený) a minimálne dva pripojovacie uzly (vstup a výstup), podľa toho sa aj označujú – X/Y, kde prvé číslo X predstavuje počet pripojovacích uzlov a druhé číslo Y predstavuje počet pracovných polôh. Najjednoduchším typom rozvádzača je rozvádzač 2/2.

Na obr. 40 sú schematické značky najjednoduchšieho rozvádzača 2/2, ďalej rozvádzača 3/2 ako spínací a 3/2 ako rozpinací (negátor) aj s číselným označovaním. Rozvádzače s väčším počtom ciest a polôh (rozvádzače 4/2, 5/2, 5/3) sú na obr. 41.

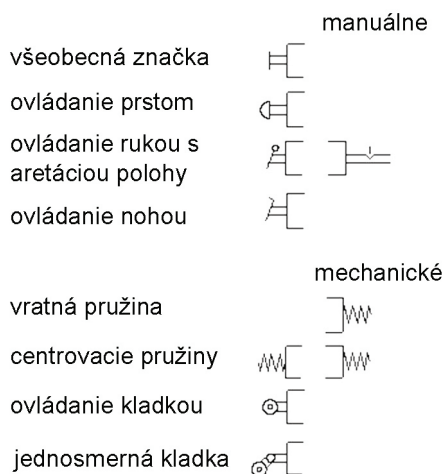


Obr. 40 Rozvádzačie ventily

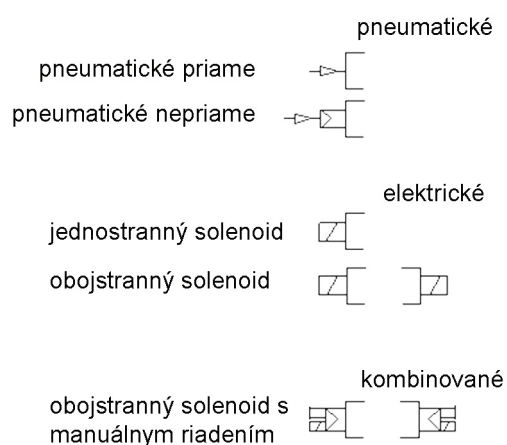


Obr. 41 Rozvádzačie ventily na riadenie smeru pohybu pneumatika

Rozvádzače predstavujú vo svojej podstate klopné obvody, ktoré sa účinkom riadiacich signálov preklápajú medzi svojimi polohami, minimálne medzi kľudovou a pracovnou polohou. Je u nich dôležité, ako bude daný rozvádzač ovládaný a ako sa bude vracat' do východiskovej polohy. Príklady manuálneho a mechanického ovládania rozvádzačov s ovládaním vratného pohybu sú na obr. 42.



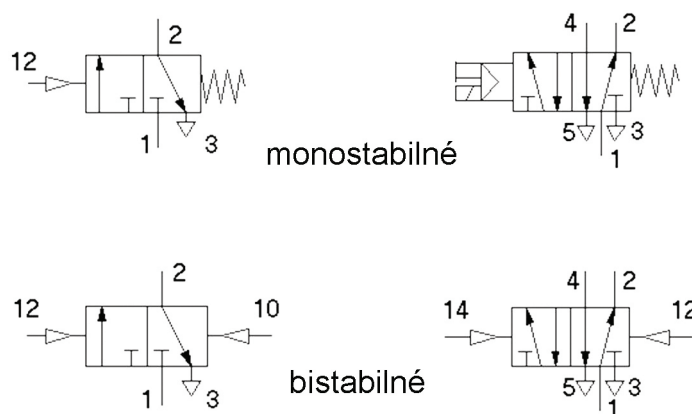
Obr. 42 Ovládanie rozvádzačov



Obr. 43 Ovládanie rozvádzačov

Príklady rozvádzačov s inými spôsobmi ovládania využívané na automatizáciu riadenia procesov sú na obr. 43.

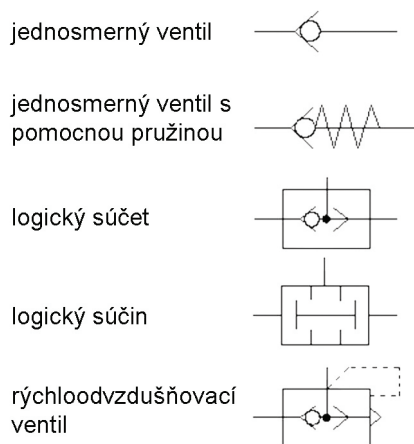
Ako pri klopných obvodoch poznáme pojem monostabilný a bistabilný klopný obvod, tak aj pri rozvádzačoch rozoznávame monostabilné a bistabilné rozvádzače. Monostabilné rozvádzače sú stabilné len v jednej polohe. Táto poloha býva najčastejšie realizovaná pružinou alebo pružinami. Do pracovnej polohy sú prestavované riadiacim signálom z jednej strany. Bistabilné rozvádzače sú stabilné v oboch svojich polohách a z jednej do druhej polohy sú preklápané krátkymi impulznými signálmi z oboch strán – obr. 44. Impulzné riadenie monostabilných rozvádzačov je uvedené v kapitole 6.12.



Obr. 44 Úplné schematické značky rozvádzačov

5.3 Jednosmerné a logické ventily

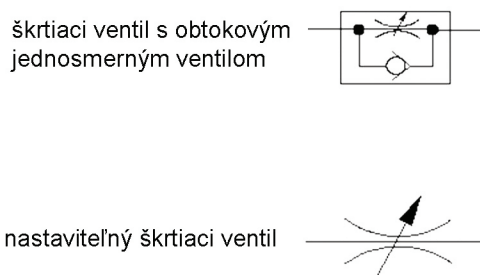
Jednosmerné ventily, logický súčin AND, logický súčet OR a rýchlovypúšťací ventil sú svojimi schematickými značkami znázornené na obr. 45. Ich použitie je spomenuté v časti riadenie hlavných parametrov pneumatických mechanizmov v kapitole 6.



Obr. 45 Jednosmerné a logické ventily

5.4 Prvky na riadenie prietoku

Ventily na riadenie prietoku – jednosmerný škrtiaci a škrtiaci ventil sú na obr. 46. Zmenou veľkosti prierezu pre pretekajúci vzduch sa mení veľkosť prietoku vzduchu ako prvý z výkonových parametrov, a tým sa mení aj rýchlosť pohybu pneumatika. Bližšie je riadenie pohybovej frekvencie pneumatika opísané v kapitole 6.10.

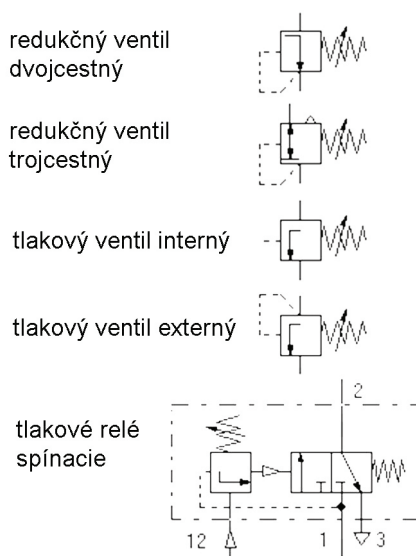


Obr. 46 Prvky na riadenie prietoku

5.5 Tlakové ventily

Tlakové ventily sú ventily, ktoré menia druhý výkonový parameter pneumatického mechanizmu – tlak. Na obr. 47 je redukčný ventil bez odľahčenia a redukčný ventil s odľahčením, t. j. s odvetraním,

odfukom do atmosféry. Redukčný ventil znižuje výstupný tlak oproti hodnote vstupného tlaku a zároveň udržiava výstupný tlak na konštantnej hodnote. Na obr. 47 je ďalej schematická značka sekvenčného tlakového ventilu s externým riadiacim signálom, tlakový ventil a pneumatické tlakové relé. Riadenie tlaku a použitie týchto ventilov opisujeme v kapitole 6.11.



Obr. 47 Tlakové ventily

5.6 Priamočiare pneumatory

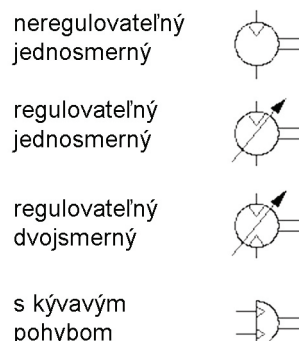
Pneumatické motory boli opísané v kapitole 3. Na obr. 48 sú znázornené schematické značky priamočiarych pneumatov – jednočinný, dvojčinný, s obojstrannou piestnicou (rýchlosť v oboch smeroch rovnaká), dvojčinný s nenastaviteľným tlmením v jednej koncovej polohe a dvojčinný s nastaviteľným tlmením v koncových polohách.



Obr. 48 Priamočiare pneumatory

5.7 Rotačné a kývavé pneumatory

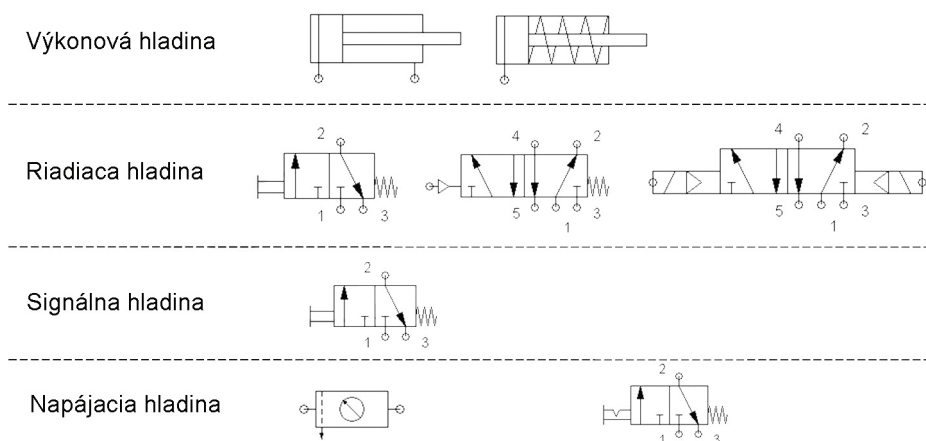
Na obr. 49 sú schematické značky rotačných pneumatov – jednosmerný neregulačný, jednosmerný regulačný, dvojsmerný regulačný a kývavý pneumatov.



Obr. 49 Pneumatory s otáčavým pohybom

5.8 Prvky pneumatického obvodu

Každé technické zariadenie môžeme rozdeliť na tri hlavné skupiny prvkov – zdroje príslušnej energie G (vysielače, generátory), spotrebiče tejto energie M (prijímače, motory) a prenosový kanál PK (riadenie) – obr. 1. V schémach tekutinových mechanizmov je z dôvodu prehľadnosti rešpektovaný tok energie od generátorov k motorom smerom zdola nahor – obr. 50. Jednotlivé prvky sú reprezentované schematickými značkami.

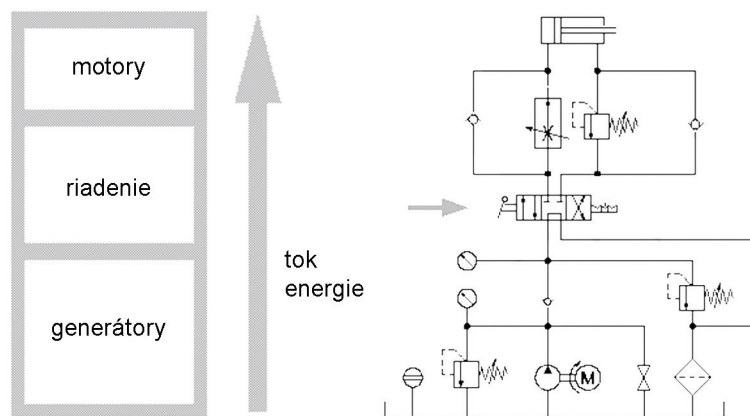


Obr. 50 Štruktúra tekutinového systému

Úloha navrhnúť pneumatický mechanizmus spočíva:

- v definovaní požiadaviek na činnosť akčných členov mechanizmu,
- vo výbere vhodných prvkov na splnenie týchto požiadaviek,

- v nakreslení schémy s použitím schematických značiek vybraných prvkov a ich rozmiestnení podľa pravidiel (kap. 5.9),
- v prepojení jednotlivých prvkov (potrubia a hadice),
- v kontrole priechodu riadiaceho a výkonového signálu od generátora cez riadenie k akčným členom,
- v prípadnej úprave, ktorou najčastejšie býva buď výmena nevhodného prvku, alebo zmena prepojenia prvkov.

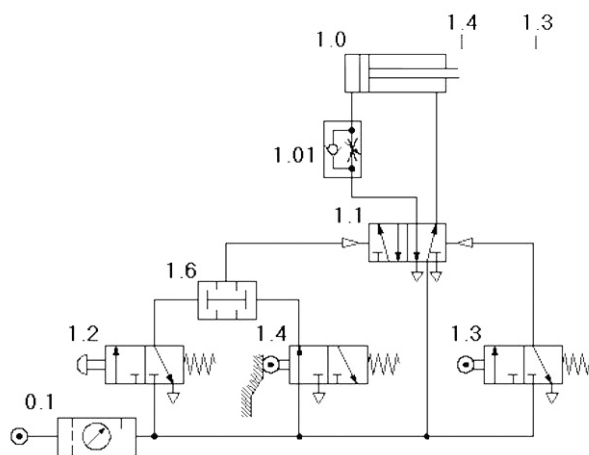


Obr. 51 Hlavné časti tekutinového systému

5.9 Schéma pneumatického obvodu

Pravidlá na kreslenie schém tekutinových obvodov:

1. Generátory sa kreslia v dolnej časti schémy, motory v hornej a riadiace prvky v strednej časti schémy.
2. Všetky pohyblivé prvky (motory, rozvádzače, ventily) sa kreslia okrem výnimiek vždy v kľudovej polohe.
3. Prvky riadenia zabezpečujúce či ovplyvňujúce vysúvanie piestnej tyče priamočiareho motora sa kreslia, pokiaľ je to možné, v ľavej časti riadenia. Prvky riadenia zabezpečujúce či ovplyvňujúce vratný pohyb piestnej tyče priamočiareho motora sa kreslia, pokiaľ je to možné, v pravej časti riadenia.
4. Obvod je navrhnutý dobre iba vtedy, ak po pripojení k zdroju tlakovej energie nedôjde k žiadnym nežiaducim pohybom motorov.
5. Číslovanie prvkov v schéme.

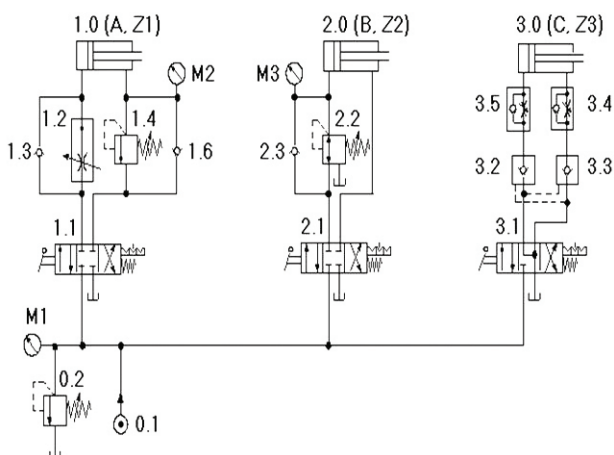


Obr. 52 Stavba schémy pneumatického obvodu

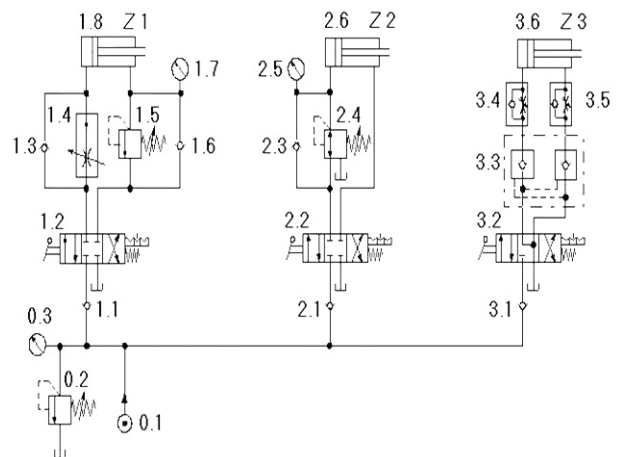
5.10 Číslovanie prvkov

Číslovanie v závislosti od činnosti prvku – X.Y je nasledovné: Prvé číslo X označuje príslušnosť k vetve, pričom vetva predstavuje prepojenie s príslušným pneumotorom, a druhé číslo Y závisí od činnosti prvku v obvode, napríklad:

- motory: X.0,
- hlavné rozvádzače: X.1,
- riadiace prvky zabezpečujúce či ovplyvňujúce vysúvanie piestnej tyče: X.2,4,6...,
- riadiace prvky zabezpečujúce či ovplyvňujúce zasúvanie piestnej tyče: X.3,5,7...,
- spoločné prvky (zdroj): 0.Y.



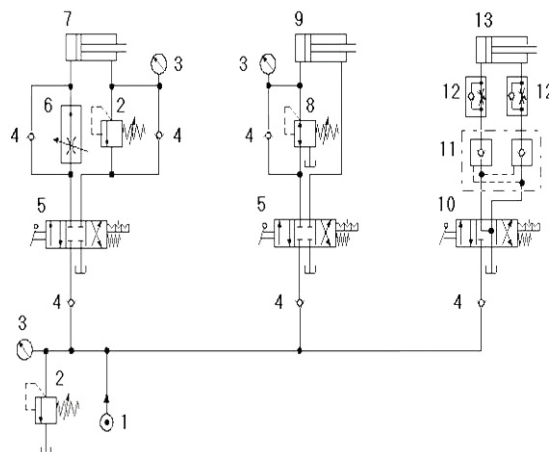
Obr. 53 Číslovanie v závislosti od činnosti prvku



Obr. 54 Číslovanie podľa DIN 24 347

Iný spôsob číslovania prvkov v obvode je číslovanie podľa DIN 24 347 – obr. 54.

Číslovanie prvkov v obvode je možné aj podľa zoznamu prvkov, špecifikácie – obr. 55. Toto číslovanie je vhodné pri vyhotovovaní špecifikácie, teda počtu jednotlivých (rovnakých) prvkov, stráca sa však prehľadnosť orientácie v samotnej schéme tekutinového mechanizmu.

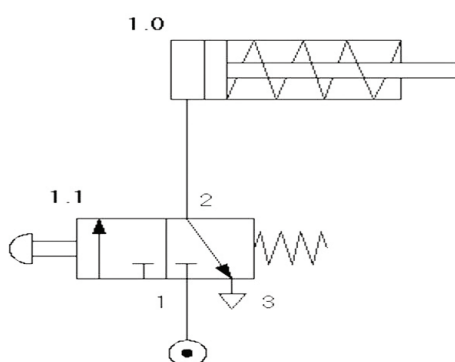


Obr. 55 Číslovanie podľa zoznamu prvkov

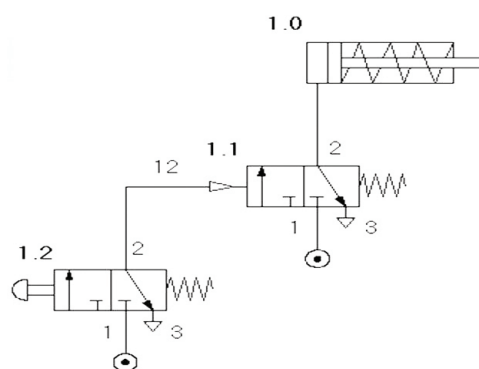
6 RIADENIE HLAVNÝCH PARAMETROV PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV

6.1 Priame a nepriame riadenie

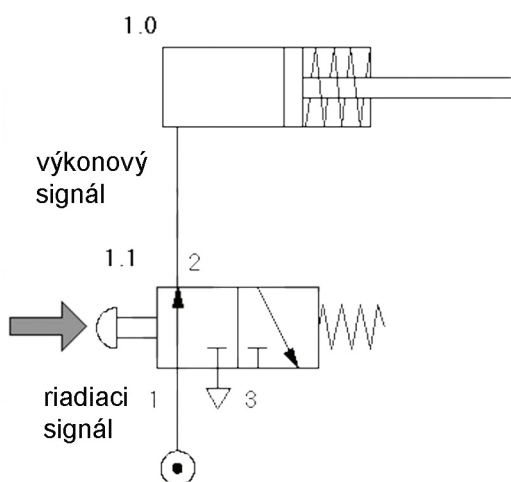
Priame a nepriame riadenie je definované podľa úrovne výkonového a riadiaceho signálu. Ak je riadiaci signál rovnaký ako výkonový, hovoríme o priamom riadení – obr. 56 a 57. Ak je riadiaci signál iný ako výkonový (najčastejšie menší), hovoríme o nepriamom riadení. Pri nepriamom riadení sa medzi zadávací a výkonový člen vkladá ešte aspoň jeden medzičlen. V prípade pneumatických mechanizmov je vložený medzičlenom rozvádzač, nazývaný aj ako hlavný rozvádzač, a podľa pravidiel o číslovaní prvkov v obvode mu je priradené číslo X.1 – obr. 58 a 59.



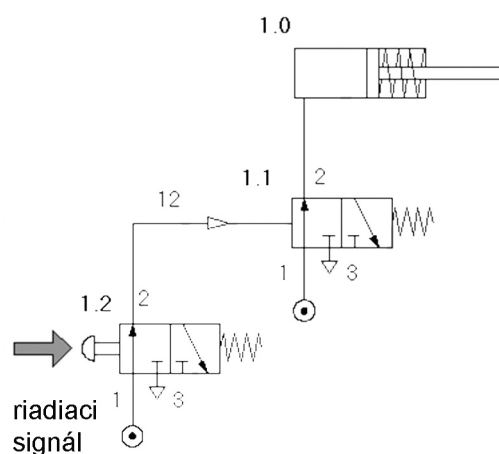
Obr. 56 Priame riadenie



Obr. 58 Nepriame riadenie



Obr. 57 Priame riadenie pneumotora

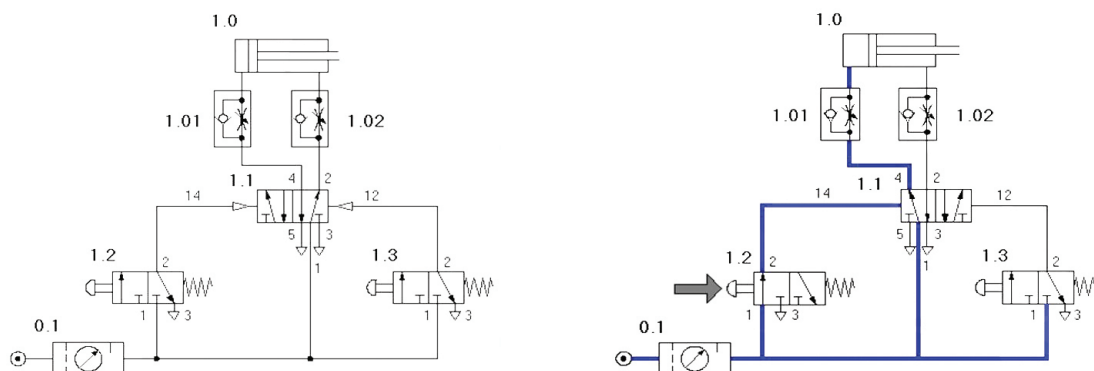


Obr. 59 Nepriame riadenie pneumotora; riadenie rozvádzača

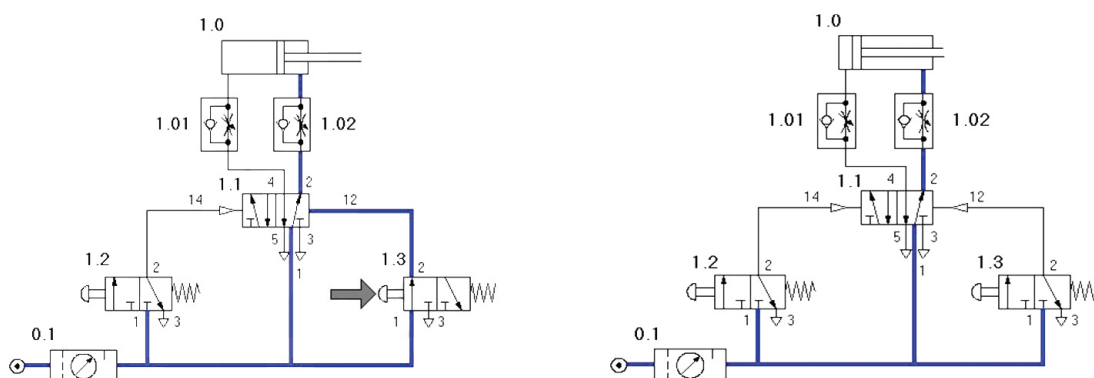
6.2 Riadenie monostabilného a bistabilného rozvádzača

Už bolo uvedené, že rozvádzače predstavujú klopné obvody, ktoré môžu byť monostabilné a bistabilné, rovnako aj rozvádzače sú vo vyhotovení monostabilné a bistabilné. Ak je klopný obvod monostabilný, znamená to, že je stabilný len v jednej polohe, najčastejšie kľudovej, a do druhej, pracovnej polohy je preklopený pôsobením riadiaceho signálu. Keďže pracovná poloha je nestabilná, musí byť klopný obvod držaný v tejto nestabilnej polohe „trvalým“ riadiacim signálom. Bistabilný klopný obvod je obvod stabilný v oboch (všeobecne vo všetkých) polohách, v kľudovej i v pracovnej. Je teda možné riadiť ho krátkymi impulznými riadiacimi signálmi, ktoré ho vždy preklopia z jedného stabilného stavu do druhého stabilného stavu.

V prípade rozvádzačov je monostabilný rozvádzač držaný v kľudovej polohe najčastejšie pružinou a do pracovnej polohy je preklápaný riadiacim pneumatickým signálom – rozvádzač 1.1 na obr. 58. Bistabilný rozvádzač je riadený pneumatickým signálom z oboch strán – rozvádzač 1.1 na obr. 60 a 61.



Obr. 60 Riadenie bistabilného rozvádzača



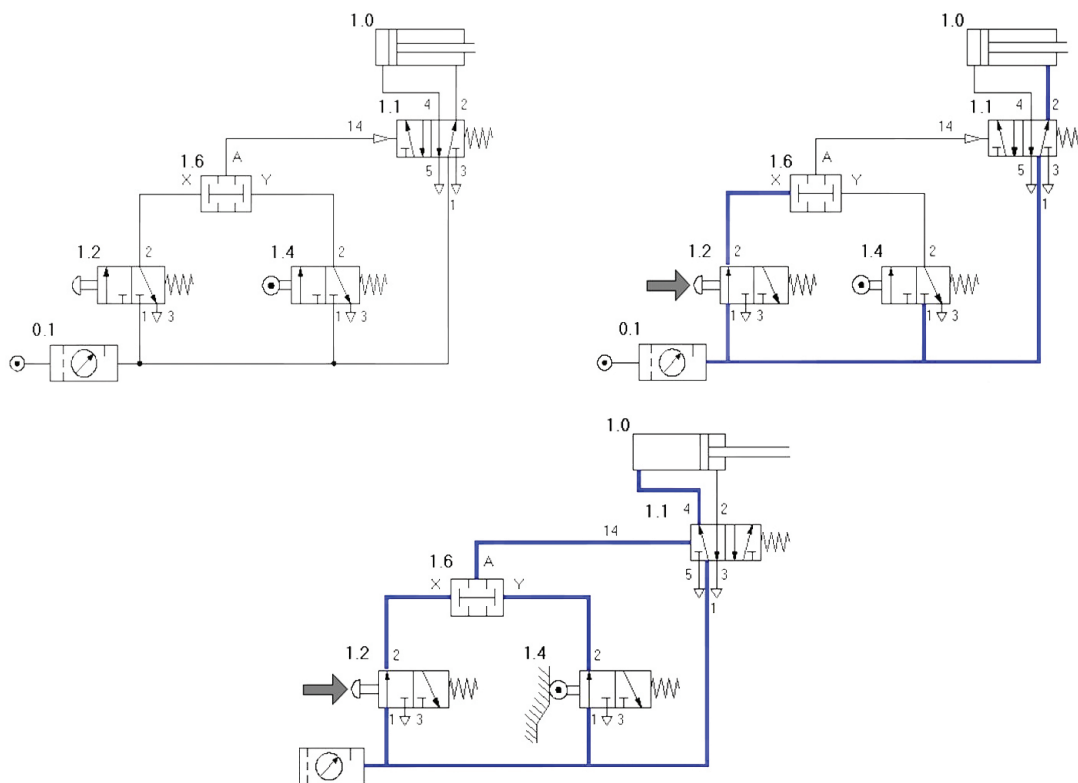
Obr. 61 Riadenie bistabilného rozvádzača, vratný pohyb

6.3 Logické členy v riadení pneumatických mechanizmov

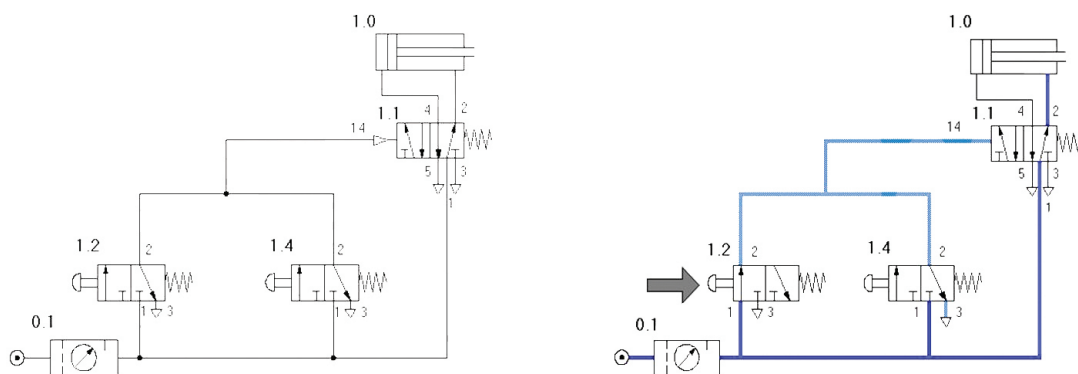
Logické funkcie sú v riadení technických zariadení používané veľmi často. Dá sa dokonca povedať, že bez logických funkcií nie je možné vytvoriť riadiaci program pre činnosť technického zariadenia. Pri riadení pneumatických mechanizmov sú pre základné logické funkcie k dispozícii logické členy – logický súčin a logický súčet – obr. 45. Logický súčin (A, AND) predstavuje splnenie podmienky dvoch aktívnych vstupných signálov súčasne, aby sa na výstupe objavil signál (logická jednotka). Na obr. 62 je pre vysunutie priamočiareho pneumotora potrebné splniť dve podmienky – pneumotor musí dosiahnuť svoju zadnú koncovú polohu (úplné zasunutie) zosnímanú snímačom zadnej koncovej polohy 1.4 a obsluha musí stlačiť tlačidlo 1.2.

Pre logický súčet (ALEBO, OR) stačí, ak je splnená aspoň jedna podmienka aktívneho vstupného signálu, aby sa na výstupe objavil signál (logická jednotka).

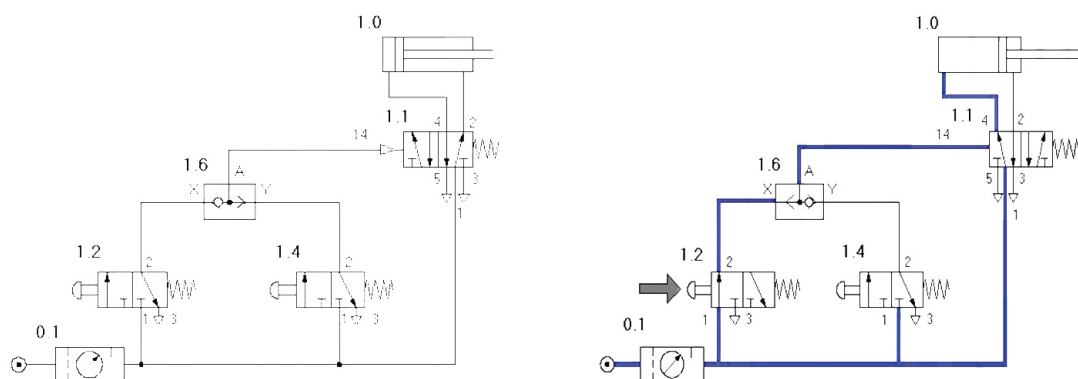
V prípade požiadavky zmeny stavu riadiaceho prvku (napr. preklopenie rozvádzača) z jedného alebo z iného miesta (dve nezávislé tlačidlá 1.2 a 1.4 na obr. 63 a 64) býva často v riadení vytvorený len obyčajný uzol na výstupoch riadiacich prvkov, tlačidiel, ktorý tieto dve miesta spája. To je ale chybné riešenie, lebo dochádza k strate riadiaceho signálu na prvkoch, a teda riadený prvok (rozvádzač) nemá riadiaci signál na potrebnej úrovni, a preto nedôjde k zmene jeho stavu. Správne riešenie je použitie logického člena ALEBO, na čo navádza aj kľúčové slovo z požiadavky na riadenie „z jedného **alebo** z iného miesta“.



Obr. 62 Riadenie s použitím logického súčinu



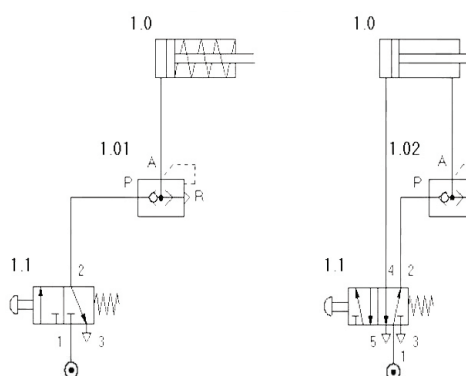
Obr. 63 Chybné vytvorenie uzla na výstupoch



Obr. 64 Správne použitie logického súčtu

6.4 Použitie rýchloodvzdušňovacieho ventilu

Pri činnosti priamočiarých pneumotorov niekedy treba uvažovať s možnosťami vplyvu vzduchu vytláčaného z pneumotora. Ak vzduch vytláčaný z pneumotora prechádza cez viaceré riadiace prvky, môže to pred jeho odfúknutím do atmosféry nepriaznivo ovplyvniť pracovný pohyb tohto pneumotora. Preto sa v pneumatických obvodoch používa rýchloodvzdušňovací ventil, ktorý sa umiestňuje čo najbližšie k pneumotoru. Na obr. 65 rýchloodvzdušňovací ventil 1.01 umožní rýchle odfúknutie vzduchu vytláčaného z jednočinného pneumotora do atmosféry pri vratnom pohybe pneumotora (účinkom vratnej pružiny pneumotora).

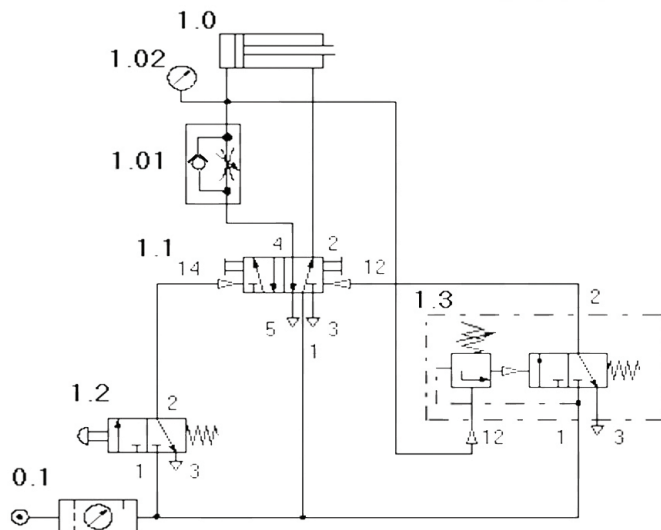


Obr. 65 Použitie rýchloodvzdušňovacieho ventilu

Rýchloodvzdušňovací ventil 1.02 umožňuje rýchle vypustenie vzduchu do atmosféry vytláčaného z dvojčinného pneumotora pri pracovnom pohybe pneumotora, teda pri jeho vysúvaní.

6.5 Použitie tlakového relé

Pri riadení postupnosťou vykonávaných inštrukcií sa používajú snímače pracujúce na rôznych fyzikálnych princípoch a snímajúce rôzne veličiny. Pritom ide vo svojej podstate o jednoduché binárne snímače, t. j. vyhodnocujú danú situáciu buď logickou nulou, alebo logickou jednotkou na výstupe. V pneumatických mechanizmoch je jedným z dôležitých parametrov tlak v obvode alebo v jeho časti. Na vyhodnotenie veľkosti tohto tlaku sa používa tlakové relé, či už ako spínacie, alebo rozpínacie. Podľa schémy na obr. 66 je pri použití tlakového relé dôležité jednak určiť miesto, kde bude veľkosť tlaku snímaná, a jednak pre pohodlné nastavenie požadovanej hodnoty tlaku, pri ktorej má byť na výstupe tlakového relé riadiaci signál, zabezpečiť, aby tento tlak v príslušnej časti obvodu narastal pomaly a z prakticky nulovej hodnoty. Podľa schémy dôležitý tlak je tlak potrebný na vysúvanie pneumotora a druhú požiadavku pomalého narastania tlaku z takmer nulovej hodnoty môžeme zabezpečiť zaradením vhodného odporu v tlakovej vetve na vysúvanie pneumotora. Vhodným odporom v tomto prípade bude škrtiaci ventil. Na vstupe škrtiaceho ventilu dôjde k zväčšeniu tlaku a na jeho výstupe bude tlak naopak minimálny, v závislosti od intenzity škrtenia až takmer nulový, preto práve tam treba vytvoriť uzol pre snímaný tlak.



Obr. 66 Použitie tlakového relé

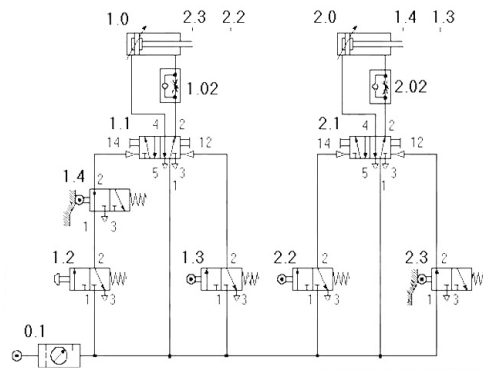
6.6 Použitie časového relé

Práca s časovou konštantou je pri riadení veľmi častou a aj dôležitou požiadavkou. Na obr. 67 je v pneumatickom obvode použité základné časové relé 1.5 s oneskoreným pneumatickým výstupom.



6.7 Sekvenčné riadenie

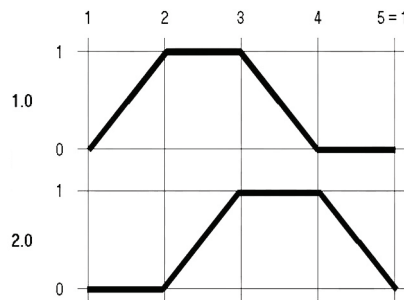
Jednotlivé pohyby pneumatov je vhodné zobraziť graficky v tzv. stavových, krokových diagramoch. Grafické znázornenie sekvencií, stavov motorov v stavových diagramoch je na obr. 69. Ak nie je rozhodujúce znázornenie rýchlosti pohybu jednotlivých pneumatov v jednotlivých krokoch, kreslia sa stavové diagramy s rovnakým rozstupom pre všetky kroky. V opačnom prípade bude šírka krokov rôzna, a teda rýchlosť pneumatika bude znázornená strmou čiary predstavujúcej príslušný zdvih pneumatika.



Obr. 68 Obvod pre sekvenciu A+ B+ A- B-

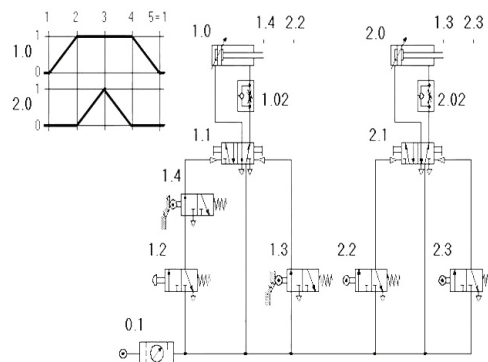
6.8 Stavové diagramy

Stavové diagramy znázorňujú stavy dôležitých prvkov tekutinového mechanizmu, ako sú napr. motory, snímače a pod. Význam majú najmä pri kontrole činnosti mechanizmu z obvodovej schémy.



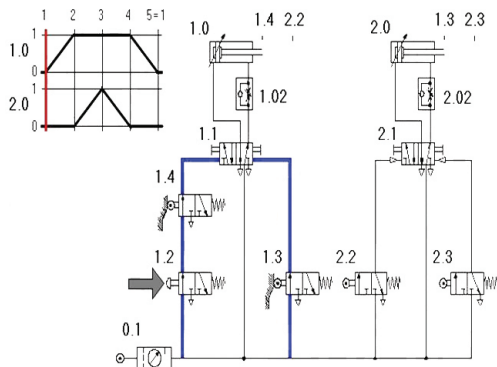
Obr. 69 Stavový diagram činnosti pneumotorov

Zmenou číselného označenia snímačov koncovej polohy pri pneumotoroch pre tú istú obvodovú schému pneumatického mechanizmu dochádza aj k zmene sekvencií, t. j. postupnosti činností jednotlivých motorov – obr. 70. Pneumatory potom pracujú v sekvencii A+ B+ B- A-.

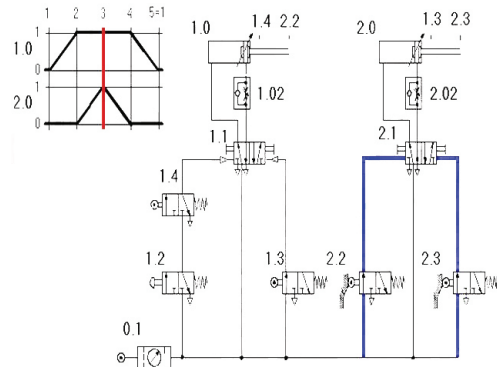


Obr. 70 Obvod pre sekvenciu A+ B+ B- A-

Druhé prekrytie signálu hovorí o tom, že po vysunutí motora 1.0 a následnom vysunutí motora 2.0 by sa motor 2.0 nemohol zasunúť z tých istých dôvodov – obr. 72.

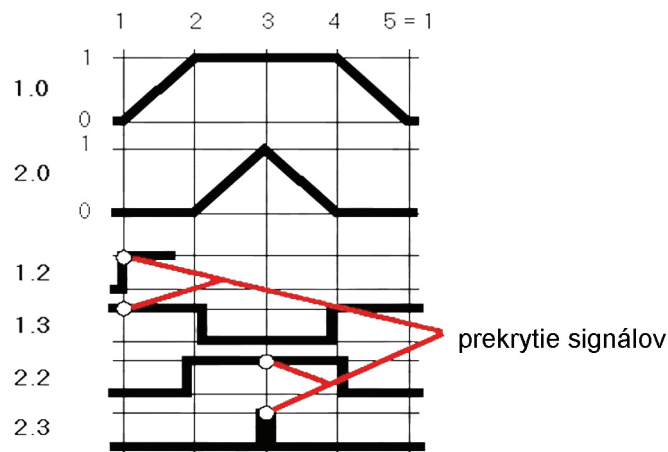


Obr. 71 Prekrytie signálov na vysunutie
pneumotora A (1.0)



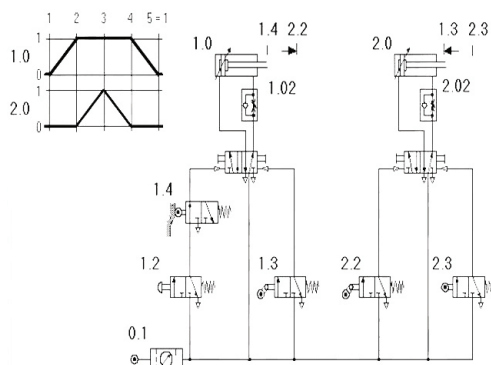
Obr. 72 Prekrytie signálov na vysunutie
pneumotora B (2.0)

Prekrytie signálov je najlepšie vidieť v stavovom diagrame, kde sú okrem stavov motorov znázornené aj stavy snímačov koncových polôh – obr. 73.



Obr. 73 Stavový diagram pneumotorov a snímačov s prekrytím signálov na snímačoch

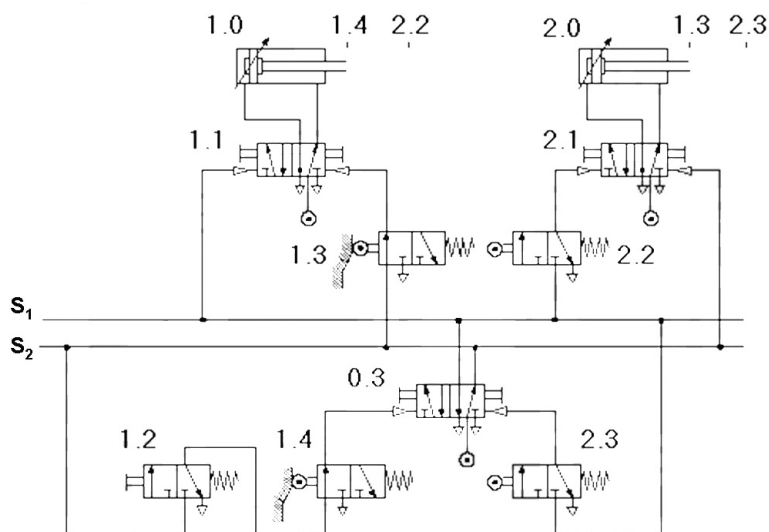
Chybu prekrytia signálu je možné odstrániť použitím rozvádzačov (1.3 a 2.2) ovládaných kladkou, ktoré nebudú reagovať pri spätnom pohybe – obr. 74.



Obr. 74 Použitie jednosmerných snímačov polohy

Rozvádzač 3/2 je takto riadený v prípade, že doraz, umiestnený na piestnici, nabehne na kladku v predpísanom smere. Vtedy sa na výstupe 2 rozvádzača objaví signál. Po uvoľnení kladky sa rozvádzač prepne do svojej východiskovej polohy pôsobením vratnej pružiny a výstup 2 je bez signálu. Ak bude rozvádzač riadený dorazom v opačnom smere, mechanizmus s kladkou nebude reagovať a rozvádzač sa neprepne zo svojej kľudovej polohy. (Dorazy umiestnené na piestnici treba upraviť oproti štandardným valcom s kužeľovými nábehovými hranami.)

Iné riešenie predchádzajúcej sekvencie je na obr. 75. Tu je prekrytie riadiacich signálov riešené pomocou spoločného reverzujúceho rozvádzača 0.3, ktorého výstupné signály vytvárajú zbernice signálov S_1 a S_2 pre všetky snímače koncových polôh. V tomto prípade je možné použiť bežné snímače koncovej polohy ovládané mechanicky obyčajnou kladkou. Zbernice S_1 a S_2 sú aktivované postupne, teda nemôžu byť aktívne obidve súčasne, a teda na pamäťových rozvádzačoch 1.1 a 2.1 nemôže dôjsť k prekrytiu riadiacich signálov.



Obr. 75 Vytvorenie zbernice riadiaceho signálu

6.9 Riadenie smeru pohybu pneumatika

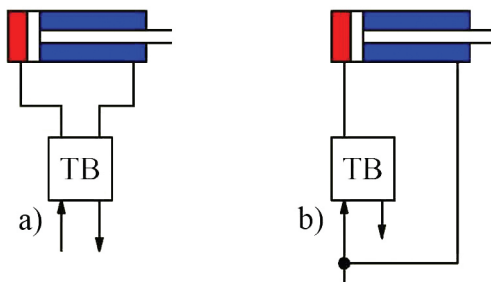
Pri riadení smeru pohybu pneumatika ide o zmenu prietoku pneumatikom. Výsledkom tejto zmeny prietoku je v prípade rotačného pneumatika zmena zmyslu jeho otáčania a v prípade priamočiareho pneumatika zmena smeru jeho pohybu, teda buď vysúvanie, alebo zasúvanie piestnice.

Smer pohybu môžeme riadiť:

- zmenou smeru prúdu v prenosovom kanáli medzi kompresorom a pneumatikom,
- zmenou smeru prúdu prevodníkom.

V oboch prípadoch môže ísť o riadenie:

- symetrické – prietok sa riadi k obovom činným plochám piesta priamočiareho pneumatika alebo k obovom stranám rotačného pneumatika – obr. 76 a),
- nesymetrické – prietok sa riadi len do jedného polpriestoru priamočiareho pneumatika alebo k jednej strane rotačného pneumatika – obr. 76 b).



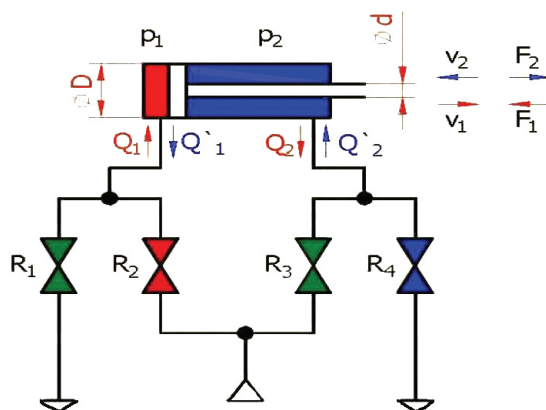
Obr. 76 Riadenie smeru pohybu pneumatika v prenosovom kanáli
a) symetrické zapojenie, b) nesymetrické zapojenie

Symetrické zapojenie je možné použiť jednak v prípade rovnakých geometrických objemov oboch polpriestorov, jednak v prípade rôzne veľkých polpriestorov. Pri rovnakých geometrických objemoch oboch polpriestorov sú parametre systému rovnaké pre oba smery pohybu, čo je niekedy požadovaná vlastnosť riadenia smeru pohybu.

Nesymetrické zapojenie je možné použiť len v prípade rôzne veľkých geometrických objemov oboch polpriestorov a parametre systému sú iné pre každý smer pohybu.

Riadenie smeru pohybu pneumatika predstavuje vlastne hradenie prúdu vzduchu pri prenose medzi kompresorom a pneumatikom. Samotné hradenie prúdu si môžeme v najjednoduchšom prípade predstaviť ako prerušenie prúdu pomocou odporov proti pohybu nositeľa energie, pričom odpory sú predstavované uzatváracími ventilmi. Na obr. 77 je symetrické zapojenie odporov ($R_1 \div R_4$). Keďže ide o uzatváracie ventily, uvažujeme len dva stavy týchto odporov – zatvorený ventil predstavuje nekonečne veľký odpor a celkom otvorený ventil nulový odpor. Ide teda o typickú binárnu závislosť,

preto je niekedy výhodnejšie uvažovať pre uzavretý ventil so stavom odpovedajúcim logickej nule a pre otvorený ventil so stavom odpovedajúcim logickej jednotke.



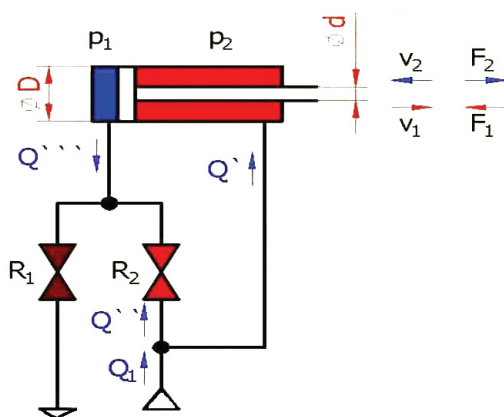
Obr. 77 Riadenie smeru pohybu pneumatora v prenosovom kanáli pomocou odporov – symetrické zapojenie

Tabuľka 6 Hodnoty odporov pre symetrické zapojenie

Smer pohybu	Hodnoty odporov			
	R_1	R_2	R_3	R_4
	0	1	0	1
	1	0	1	0
	0	k_1	k_2	1
	1	k_1	k_2	0
odľahčený PM	0	1	1	0
by pass	1	0	0	1

Toto riadenie je možné použiť aj pre isté konštantné hodnoty odporov. V tab. 6 sú označené ako k_1 a k_2 . Takýto variant je síce jednoduchší, ale na druhej strane je energeticky náročnejší. Prietok vzduchu sa delí, vetví medzi konštantné odpory a jeho časť je trvalo vyfukovaná do atmosféry.

Na obr. 78 je nesymetrické zapojenie odporov. V tomto prípade stačia len dva odpory R_1 a R_2 .



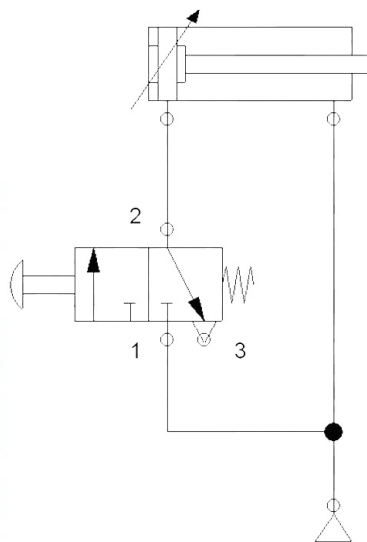
Obr. 78 Riadenie smeru pohybu pneumatora v prenosovom kanáli pomocou odporov – nesymetrické zapojenie

Tabuľka 7 Hodnoty odporov pre nesymetrické zapojenie

Smer pohybu	Hodnoty odporov	
	R_1	R_2
by pass	0	1
	1	0
	0	k
	1	k

Riadenie smeru pohybu pneumotora v prenosovom kanáli býva častejšie realizované pomocou rozvádzačov, rozvádzačov. Rozvádzač predstavuje združenie odporov do jedného kompaktného pneumatického riadiaceho prvku. Označovanie rozvádzačov podľa počtu pripojovacích miest a podľa počtu polôh bolo vysvetlené v kapitole 5.2. Na obr. 60 je príklad použitia rozvádzača typu 5/2 v symetrickom zapojení. Jednotlivé polohy rozvádzača 1.1 a prepojenie jeho kanálov umožňujú zmenu smeru pohybu dvojčinného priamočiareho pneumotora 1.0.

Schéma s nesymetrickým zapojením rozvádzača pri riadení smeru pohybu priamočiareho pneumotora je na obr. 79. Pri vysúvaní piestnej tyče je tlakový vzduch privádzaný jednak pod piest a jednak nad piest. Napriek tomu sa piestna tyč bude vysúvať v dôsledku rôznych tlakových síl pôsobiach na jednotlivé plochy piesta. Pri tejto činnosti priamočiareho pneumotora (vysúvanie piestnej tyče) pracuje obvod v čiastočne uzavretom režime.



Obr. 79 Riadenie smeru pohybu pneumotora v prenosovom kanáli pomocou rozvádzača (nesymetrické zapojenie)

6.10 Riadenie pohybovej frekvencie pneumatora

Jednou z predností tekutinových mechanizmov je možnosť jednoduchého riadenia pohybovej frekvencie pneumatorov, a to v pomerne veľkom rozsahu. V prípade použitia rotačného pneumatora hovoríme o otáčkach a v prípade použitia priamočiareho pneumatora hovoríme o (priamočiarej) rýchlosti.

Pohybová frekvencia f_M je pre rotačný pneumatore definovaná pomerom prúdu vzduchu pretekajúcim pneumatrom Q_M [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] a geometrickým objemom pneumatora V_{gM} [m^3]:

$$f_M = \frac{Q_M}{V_{gM}} = n_M \quad [\text{ot} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (39)$$

Pre priamočiary pneumatore je pohybová frekvencia f_M definovaná pomerom prúdu vzduchu pretekajúcim pneumatrom Q_M [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] a činnnej plochy piesta priamočiareho pneumatora S :

$$f_M = \frac{Q_M}{S} = v_M \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (40)$$

V obidvoch prípadoch môžeme vidieť, že pohybová frekvencia pneumatora závisí od prúdu vzduchu pretekajúceho pneumatrom Q_M [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]:

$$f_M = f(Q_M) \quad (41)$$

Ak prúd vzduchu pretekajúci pneumatrom Q vyjadríme vzťahom:

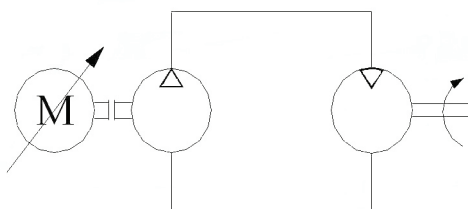
$$Q = V_g \cdot n_G = S \cdot v = \frac{V_g}{t} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (42)$$

kde: V_g [m^3] je geometrický objem kompresora,
 n_G [$\text{ot} \cdot \text{s}^{-1}$] sú otáčky kompresora,
 S [m^2] je prietokový prierez,
 v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] je rýchlosť prúdu vzduchu,
 t [s] je čas,

môžeme z neho určiť možnosti riadenia prúdu vzduchu, a teda aj možnosti riadenia pohybovej frekvencie pneumatora:

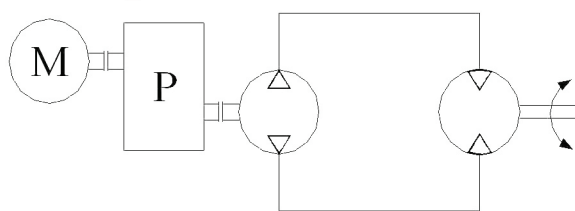
- riadením vstupnej pohybovej frekvencie kompresora f_G ,
- riadením prúdu v prenosovom kanáli medzi kompresorom a pneumatrom (škrténím a vetvením prúdu),
- zmenou geometrického objemu V_g kompresora, pneumatora alebo obidvoch súčasne.

Riadenie pohybovej frekvencie pneumatora riadením pohybovej frekvencie kompresora sa robí mimo pneumatického systému. Príklad takéhoto riadenia je na obr. 80 a obr. 81.



Obr. 80 Riadenie pohybovej frekvencie pneumotora plynulou zmenou pohybovej frekvencie kompresora

Podľa obr. 81 je možné pohybovú frekvenciu rotačného pneumotora riadiť pomocou mechanickej prevodovky P buď skokovo, t. j. len isté hodnoty otáčok, alebo pri použití variátora v istom rozsahu spojito, t. j. s plynulou zmenou otáčok.



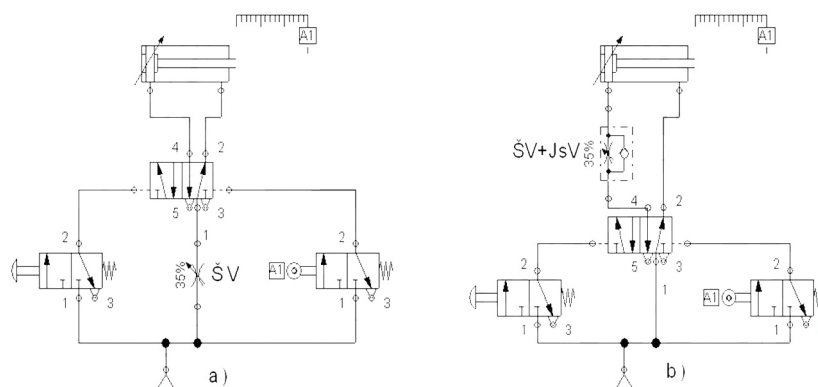
Obr. 81 Riadenie pohybovej frekvencie pneumotora zmenou pohybovej frekvencie kompresora

Riadenie pohybovej frekvencie škrtením je na jednej strane veľmi rýchly a pohodlný spôsob riadenia, no na druhej strane škrtením zmaríme časť energie vyrobenej v generátore, takže celková účinnosť pneumatického systému sa znižuje. Napriek tomu je riadenie pohybovej frekvencie škrtením veľmi rozšírené vzhľadom na prevládajúce výhody.

Podľa toho, v akej časti pneumatického systému je škrtiaci ventil umiestnený, rozdeľujeme riadenie pohybovej frekvencie škrtením na:

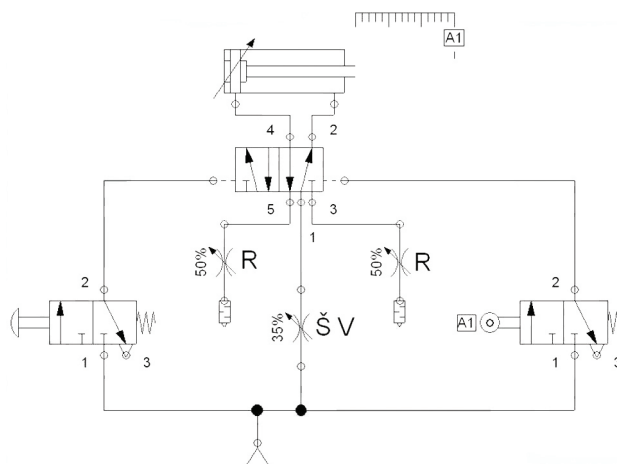
- škrtenie na vstupe do pneumotora (na vstupe pneumotora),
- škrtenie na výstupe z pneumotora (na výstupe pneumotora).

Pri škrtení na vstupe je škrtiaci ventil ŠV zaradený medzi kompresor a pneumotor – obr. 82. Pneumatický systém podľa obr. 82a) umožňuje riadenie pohybovej frekvencie pneumotora v oboch smeroch. Škrtiaci ventil ŠV je v tomto prípade umiestnený pred hlavným rozvádzačom. Ak požadujeme riadiť pohybovú frekvenciu pneumotora len v jednom smere, treba škrtiaci ventil umiestniť za hlavný rozvádzač a navyše je potrebné k škrtiacemu ventilu ŠV paralelne zapojiť jednosmerný ventil JsV – obr. 82b).



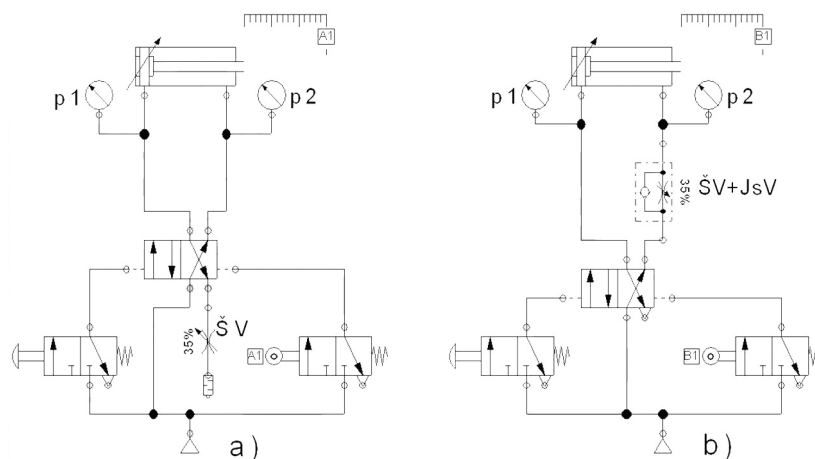
Obr. 82 Riadenie pohybovej frekvencie pneumotora škrtením na vtoku

Vplyvom pružnosti pneumatického systému dochádza pri zapojení podľa obr. 82 k nerovnomernému pohybu piestnej tyče, najmä ak sa piestna tyč vysúva bez záťaže. Aby sme zabránili tomuto javu, treba do nízkotlakovej odľukovej vetvy zaradiť odpor, ktorý predstavuje vnútornú záťaž pneumotora. Na obr. 83 je ako odpor použitý ďalší škrtiaci ventil R.



Obr. 83 Riadenie pohybovej frekvencie pneumotora škrtením na vtoku
so zaradením odporu proti zrýchleniu R

Pri škrtení na výstupe, teda výstupe z pneumotora, je škrtiaci ventil zaradený medzi pneumotor a odľuk do atmosféry – obr. 84. Ide o brzdenie vzduchu vytláčaného z pneumotora. Pneumatický systém podľa obr. 84a) umožňuje riadenie pohybovej frekvencie pneumotora v oboch smeroch. Škrtiaci ventil ŠV je v tomto prípade umiestnený za hlavným rozvádzačom. Ak požadujeme riadiť pohybovú frekvenciu pneumotora len v jednom smere, treba škrtiaci ventil umiestniť pred hlavný rozvádzač, tzn. na výstupe z pneumotora, a navyše treba k škrtiacemu ventilu ŠV paralelne zapojiť jednosmerný ventil JsV – obr. 84b).



Obr. 84 Riadenie pohybovej frekvencie pneumotora škrtení na výtoku

Pri posudzovaní vlastností riadenia pohybovej frekvencie pneumotora škrtení treba brať do úvahy umiestnenie škrtiaceho ventilu. Ten môže byť umiestnený buď na vtoku do motora, alebo výtoku z motora.

Škrtenie na vtoku:

- menšia dynamická poddajnosť – pneumotor drží lepšie otáčky v oblasti vyšších pohybových frekvencií,
- nevyrovnaný chod – najmä v oblasti nižších pohybových frekvencií,
- len pre protismerné zaťaženie.

Škrtenie na výtoku:

- pokojnejší, vyrovnanější chod – najmä v oblasti nižších pohybových frekvencií,
- presná stabilizácia otáčok,
- vhodné pre súmerné aj protismerné zaťaženie,
- možnosť brzdenia pneumotora pri výpadku prúdu vzduchu.

6.11 Riadenie sily, momentu pneumotora

Rovnako ako pri riadení pohybovej frekvencie pneumotora bolo potrebné riadiť parameter nositeľa energie, konkrétne išlo o prietok vzduchu, tak aj v prípade požiadavky riadiť silu, resp. moment pneumotora sa táto úloha mení na riadenie parametra nositeľa energie. V tomto prípade pôjde o riadenie druhého výkonového parametra nositeľa energie – riadenie tlaku.

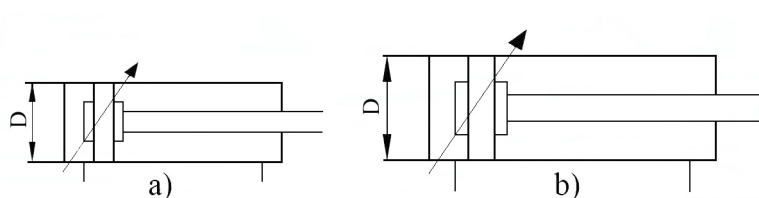
Veľkosť tlaku v pneumatickom systéme môžeme riadiť zmenou záťaže kompresora. Je to zrejmé z podstaty práce kompresora, ktorý samočinne prispôsobí tlak v systéme, ktorý je daný záťažou. Samozrejme podstatnú úlohu má stlačiteľnosť nositeľa energie, čo umožňuje namiesto trvalého chodu

kompresora použiť tlakovú nádobu na akumulovanie stlačeného vzduchu. Kompresor tak bude spínaný a vypínaný v závislosti od maximálneho a minimálneho tlaku v tlakovej nádobe.

Spomínaná záťaž generátora tlaku môže byť buď vonkajšia alebo vnútorná. Vonkajšia záťaž je vyvolaná požiadavkami technologického procesu a je to vlastne záťaž na pneumatore. Vnútornú záťaž vytvárajú odpory v samotnom pneumatickom systéme, teda pôjde o použité riadiacich prvkov pneumatického systému.

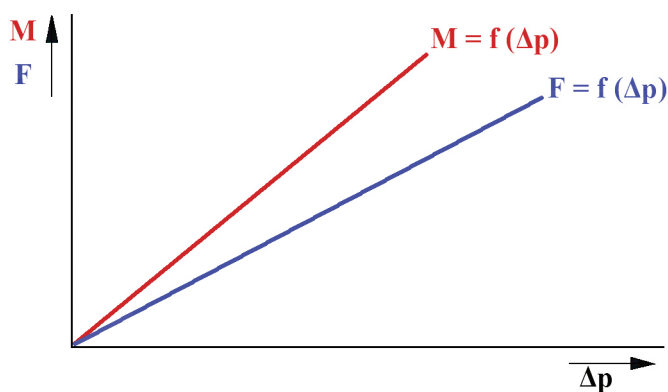
V pneumatickom systéme je veľmi častou požiadavkou práve požiadavka riadnej zmeny tlaku či už v celom systéme, alebo len v jeho časti. Túto riadenú zmenu tlaku možno dosiahnuť zmenou vnútornej záťaže, teda odpormi vo vnútri pneumatického systému.

V priamočiarom pneumatore je zmena sily najjednoduchšie dosiahnuteľná zmenou veľkosti plochy piesta – obr. 85.



Obr. 85 Zmena sily na pieste priamočiareho pneumatora zmenou veľkosti priemeru piesta

Pri konštantnom geometrickom objeme pneumatora môžeme pre riadenie sily a momentu zostrojiť jednoduchý priebeh závislosti na tlaku, resp. tlakovom spáde Δp – obr. 86.

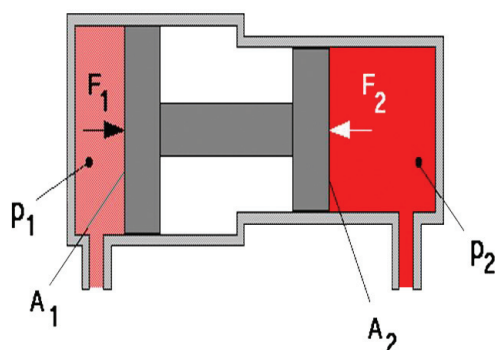


Obr. 86 Momentová a silová charakteristika

Najčastejšie požiadavky spojené s riadením sily a momentu, teda aj tlaku, môžeme rozdeliť na:

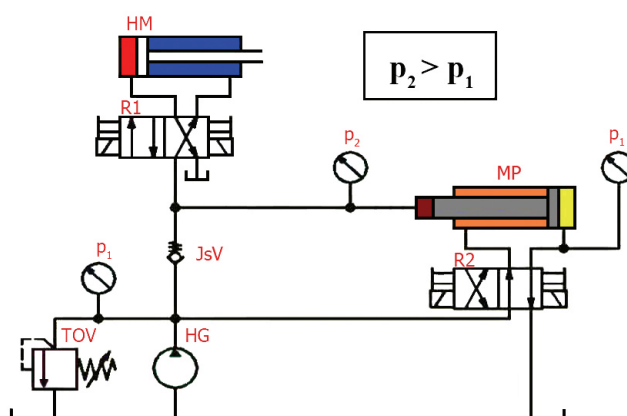
- lokálne zväčšenie tlaku,
- obmedzenie tlaku ($p_{\min}$ alebo $p_{\max}$),
- nastavenie konštantného tlaku.

Na zosilnenie pneumatika, teda na lokálne zvýšenie tlaku sa používa riadiaci prvok multiplikátor – obr. 87. Vychádza sa z rovnosti tlakových síl F_1 a F_2 a z rozdielne veľkých plôch A_1 a A_2 na obidvoch stranách piesta, teda tlaky p_1 a p_2 musia byť tiež rozdielne, a to v opačnom pomere, než je pomer plôch.



Obr. 87 Multiplikátor

Multiplikátor je viac používaný v hydraulických systémoch, preto je na obr. 88 znázornená schéma hydrostatického systému s multiplikátorom. Hydraulická kvapalina prúdi z hydrogenerátora HG cez rozvádzač R1 pod piest priamočiareho hydromotora HM s tlakom p_1 , teda na motore získame silu F_1 . Zároveň kvapalina drží multiplikátor MP vo východiskovej polohe, t. j. so zasunutým piestom. Prestavením rozvádzača R2 do pracovnej polohy bude pod piest hydromotora prúdiť kvapalina z multiplikátora s tlakom $p_2 > p_1$, teda na motore dosiahneme väčšiu silu F_2 [5].



Obr. 88 Hydrostatický systém s multiplikátorom

Na obmedzenie tlaku sa v hydraulike používa jednoduchý tlakový ventil. Na obr. 88 je to ventil TOV (tlak obmedzujúci ventil) vo funkcii poisťného ventilu, ktorým je nastavený maximálny tlak v obvode, tlak p_{1max} . Pri preťažení sa tento ventil otvorí a prebytočná kvapalina pretečie späť do nádrže.

Ak by bol tento ventil použitý ako sekvenčný, potom by jeho výstup nebol vedený do nádrže, ale do časti obvodu, ktorá má byť v činnosti iba v prípade, ak vstupný tlak na tlakovom ventile bude väčší,

než na aký je tlakový ventil nastavený. Teda na výstupe tlakového ventilu by bol nastavený minimálny pracovný tlak p_{min} .

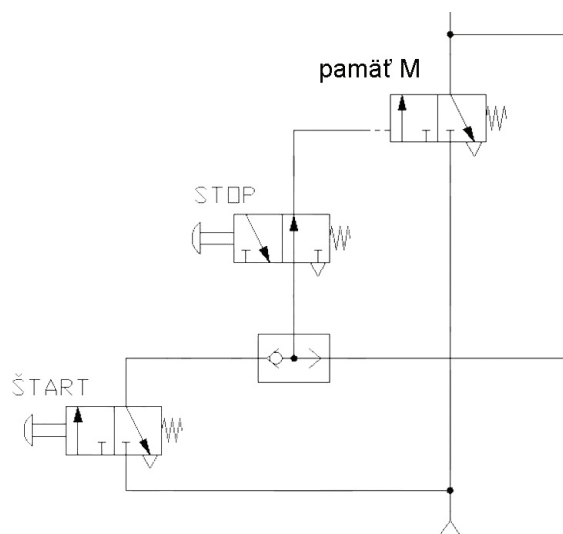
Pneumatické systémy používajú prvok tlakové relé – obr. 47. Použitie tlakového relé v pneumatickom obvode je na obr. 66.

Nastavenie konštantného tlaku, teda aj konštantnej sily a momentu, sa robí pomocou redukčného ventilu – obr. 47. Redukčný ventil znižuje hodnotu výstupného tlaku oproti vstupnému a navyše udržiava výstupný tlak na konštantnej hodnote aj pri kolísaní vstupného tlaku alebo pri premenlivej záťaži.

6.12 Impulzné riadenie monostabilného rozvádzača

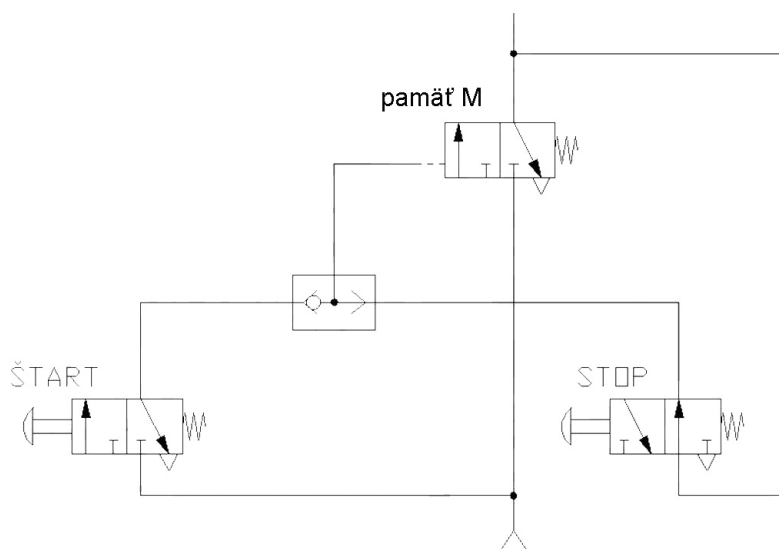
V kapitole 6.2 bolo uvedené, že pri riadení monostabilného rozvádzača je potrebné, aby riadiaci signál na hlavnom rozvádzači bol aktívny počas činnosti akčného člena. To je ale nevýhodné, preto sa aj pri riadení monostabilného rozvádzača niekedy požaduje impulzné riadenie, t. j. na zadávacom člene (tlačidlo ŠTART) stačí vytvoriť krátky impulzný signál. Tento signál musí byť v obvode „zapamätaný“ a samozrejme aj zrušený.

Na obr. 89 je pamäťový obvod s dominujúcim signálom STOP, čo znamená, že v prípade súčasného aktívneho stavu na rozvádzačoch ŠTART a STOP sa hlavný riadený monostabilný rozvádzač nepreklopí a motor nezačne vykonávať svoju činnosť.



Obr. 89 Pamäť s dominantným signálom STOP

Na obr. 90 je pamäťový obvod s dominujúcim signálom ŠTART. To znamená, že v prípade súčasného aktívneho stavu na rozvádzačoch ŠTART a STOP sa hlavný riadený monostabilný rozvádzač preklopí do pracovnej polohy a motor začne vykonávať svoju činnosť, avšak len počas aktívneho stavu na rozvádzači ŠTART. Pôjde teda o núdzový režim chodu motora, nie o impulzné riadenie.



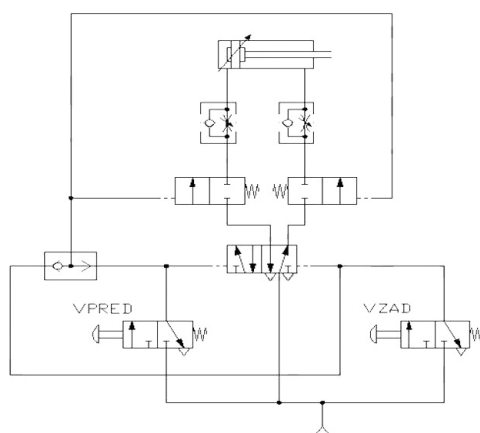
Obr. 90 Pamäť s dominantným signálom ŠTART

V prípade, že riadiaci signál bude aktívny buď len na tlačidlo ŠTART, alebo na tlačidlo STOP, budú obidve zapojenia pracovať rovnako.

6.13 Polohovanie pneumotora

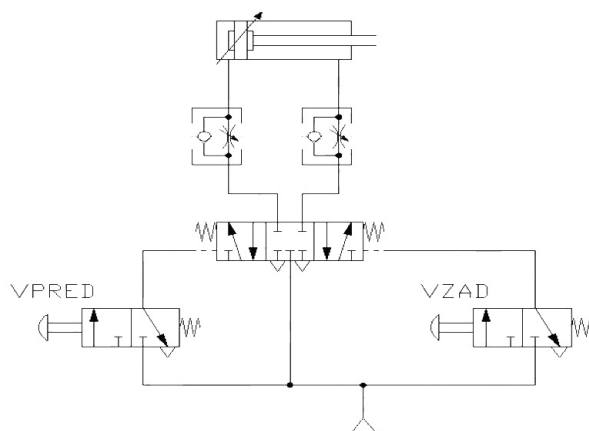
Polohovanie pneumotora je držanie piesta v ľubovoľnej polohe. Toto je náročné dosiahnuteľné pre stlačiteľnosť vzduchu, preto je možné s polohovaním pneumotora uvažovať len v prípade malých zmien záťaže a pri požiadavke na menšiu presnosť polohovania.

Na obr. 91 sú na stabilizovanie polohy dvojčinného pneumotora použité dva rozvádzače 2/2 s obojstranným prietokom vzduchu. Tlačidlami VPRED a VZAD je možné vysúvať, resp. zasúvať pneumotor. Pokiaľ nebude stlačené ani jedno z tlačidiel, rozvádzače 2/2 budú držať pneumotor v ľubovoľnej polohe.



Obr. 91 Polohovanie dvojčinného pneumotora dvomi rozvádzačmi 2/2

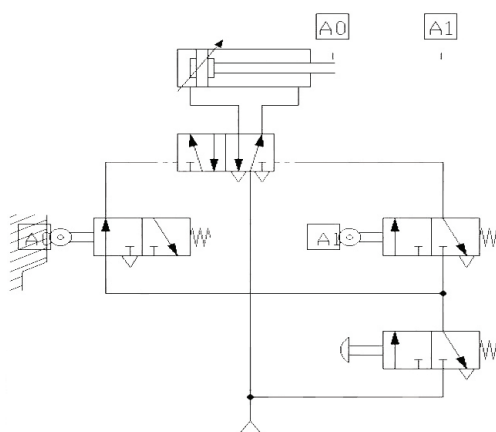
Ten istý efekt stabilizácie polohy pneumotora môžeme dosiahnuť jednoduchším spôsobom použitím hlavného rozvádzača 5/3 podľa obr. 92. Stredná poloha tohto rozvádzača má uzatvorené prepojenia prívodov k pneumotoru.



Obr. 92 Polohovanie dvojčinného pneumotora rozvádzačom 5/3

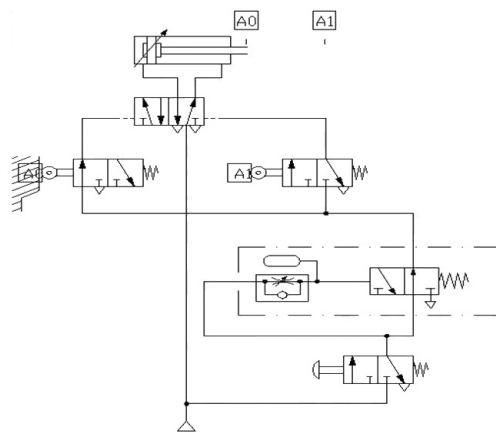
6.14 Kmitavý pohyb pneumotora

Aj riadenie (dosiahnutie) kmitavého pohybu pneumotora je možné dosiahnuť rôznymi spôsobmi. Na obr. 93 je najjednoduchšie zapojenie s použitím snímačov oboch krajných polôh pneumotora. Po jednorazovom stlačení tlačidla sa vykoná len jeden pracovný cyklus motora. Pri trvalom stlačení tlačidla bude motor stále vykonávať kmitavý pohyb riadený snímačmi koncovej polohy.



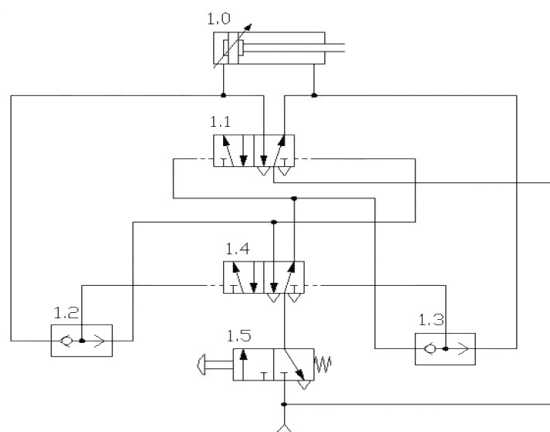
Obr. 93 Obvod pre kmitavý pohyb pneumotora so snímačmi koncovej polohy

Zaradením rozpínacieho časového relé pred snímače koncovej polohy dosiahneme časovo riadený kmitavý pohyb pneumotora – obr. 94.

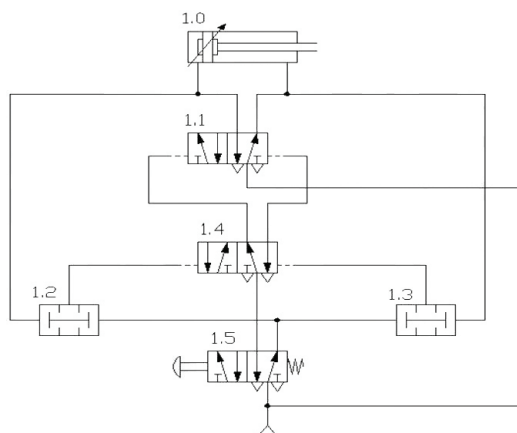


Obr. 94 Obvod pre kmitavý pohyb pneumotora so snímačmi koncovej polohy a s časovým relé

Iná možnosť na vytvorenie kmitavého pohybu pneumotora je obvod s impulzným hlavným rozvádzačom 1.1 – obr. 95. V tomto zapojení sa využíva to, že v impulznom rozvádzači 1.1 má prioritu ten riadiaci signál, ktorý príde ako prvý. V kombinácii s logickým prvkom OR (ALEBO) 1.2 a 1.3 bude rozvádzač 1.4 riadený tlačidlom 1.5 a tiež výstupnými signálmi z hlavného rozvádzača 1.1.



Obr. 95 Obvod pre kmitavý pohyb pneumotora s impulzným rozvádzačom



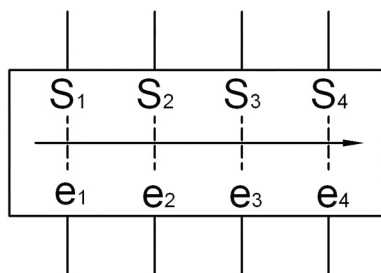
Obr. 96 Obvod pre kmitavý pohyb pneumotora s impulzným rozvádzačom a dvojtlakovými ventilmi

Kmitavý pohyb pneumatora môžeme dosiahnuť aj zapojením podľa obr. 96. Tu je použitá kombinácia impulzného rozvádzača 1.1 a dvojtlačkových ventilov, čo sú logické prvky AND (A).

6.15 Programové riadenie pneumatických mechanizmov

Programové riadenie pneumatických mechanizmov môže byť polohové, časové, rýchlostné a pod., teda činnosť jednotlivých motorov je daná splnením istých požiadaviek. Základnou požiadavkou programového riadenia zložitých pneumatických obvodov s viacerými pneumatormi, v ktorých sú požadovaným technologickým procesom presne určené pohybové režimy jednotlivých pneumatov, je teda zabezpečiť spoľahlivo fungujúce riadenie s vylúčením každého signálu, ktorý nie je potrebný a ktorý by spoľahlivú funkciu mechanizmu narušil, alebo ju zmenil.

Pri návrhu zložitých riadiacich obvodov s automatickým pracovným cyklom sa používa metóda taktovacích reťazcov. Základnou stavebnou jednotkou pre jednotlivé kroky taktovacieho reťazca je taktovacia jednotka. Bloková schéma taktovacej jednotky je na obr. 97.

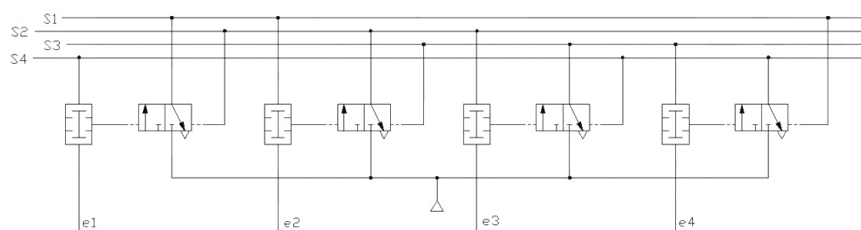


Obr. 97 Bloková schéma taktovacej jednotky

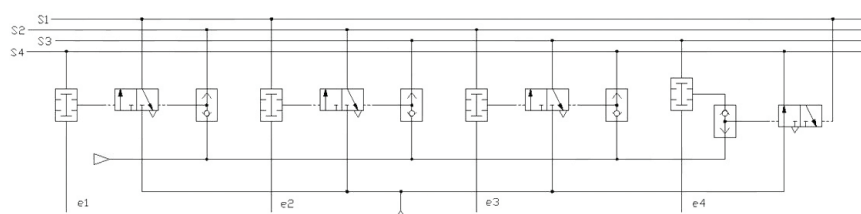
Na spoľahlivú funkciu ovládania musia byť splnené určité predpoklady, pri ktorých rieši táto taktovacia jednotka zrušenie či blokovanie príslušných signálov:

- počet vstupných signálov musí byť rovnaký ako počet výstupných signálov ($e_n = S_n$),
- každému vstupnému signálu musí byť priradený určitý výstupný signál,
- výstupné signály musia byť zapamätané,
- súčasne môže existovať vždy len jeden výstupný signál prepínacej jednotky, alebo musí existovať možnosť výstupné signály cielene vypínať,
- výstupné signály môžu vznikáť vždy len v rovnakom poradí.

Aplikáciou týchto predpokladov môžeme zostaviť programové taktovacie reťazce. Napr. na obr. 98 je taktovací reťazec pre logickú funkciu AND s pamäťou a na obr. 99 je taktovací reťazec pre logické funkcie OR a AND.

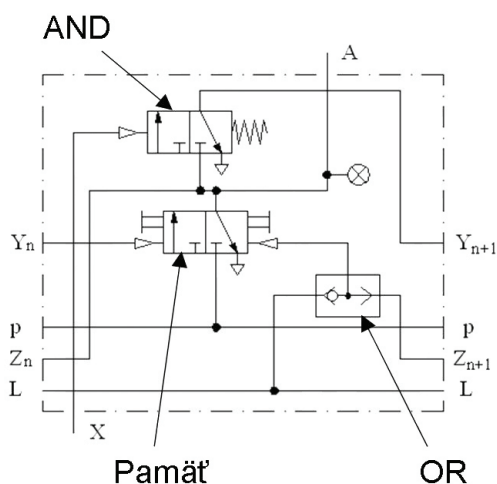


Obr. 98 Taktovací reťazec pre logickú funkciu AND s pamäťou

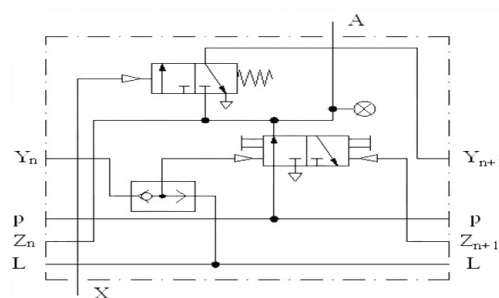


Obr. 99 Taktovací reťazec pre logické funkcie OR a AND

Logická štruktúra zapojenia sa stále takt po takte opakuje. Inými slovami, motory vykonávajú opakovane tú istú činnosť. To vytvára pri praktickej realizácii predpoklad integrovať jednotlivé pneumatické prvky do jednej stavebnej jednotky. Príklady skladby taktovacích jednotiek sú na obr. 100 a 101.



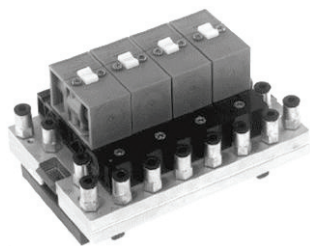
Obr. 100 Taktovacia jednotka TAA



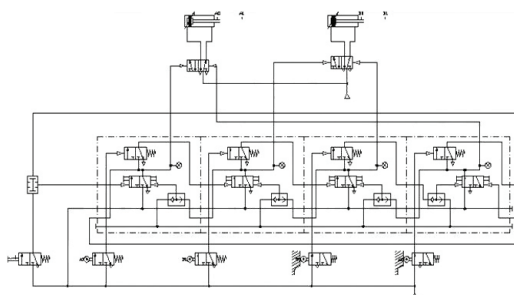
Obr. 101 Taktovacia jednotka TAB

Na obr. 102 je praktické vyhotovenie bloku taktovacích jednotiek od firmy Festo. Taktovacia jednotka TAB býva umiestnená na konci, teda ako posledná v rade.

Príklad použitia celého taktovacieho reťazca na polohové riadenie dvoch pneumotorov je na obr. 103. Pracovnú sekvenciu činnosti oboch pneumotorov môžeme označiť A+ B+ B- A-, kde A a B je označenie pneumotorov a znamienko + hovorí o vysúvaní piestnej tyče a znamienko - predstavuje vratný pohyb pneumotora.

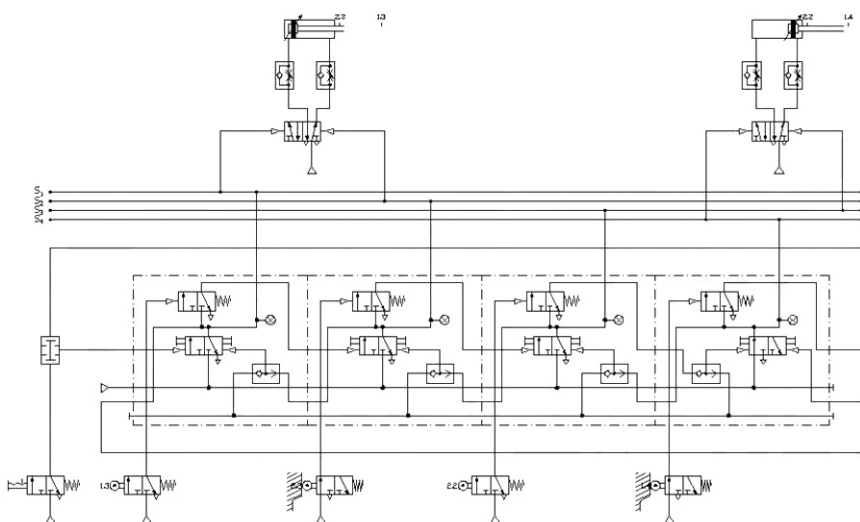


Obr. 102 Blok taktovacích jednotiek



Obr. 103 Schéma s taktovacím reťazcom pre sekvenciu A+ B+ B- A-

Zmenou umiestnenia snímačov koncových polôh pneumotorov dosiahneme zmenu sekvencie. Podľa schémy na obr. 104 je navyše pneumotor B v počiatočnej polohe s vysunutou piestnicou, preto sekvencia činností oboch pneumotorov môže byť zapísaná ako A+ A- B- B+. Ďalej je na schéme vidieť vytvorenie zbernice riadiacich signálov S_1 až S_4 na výstupoch taktovacej jednotky, čo zväčšuje prehľadnosť schémy.



Obr. 104 Schéma s taktovacím reťazcom pre sekvenciu A+ A- B- B+

7 SNÍMAČE POUŽÍVANÉ PRI RIADENÍ PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV [6], [7]

Snaha o širšie využitie výrobných a montážnych zariadení, ako aj o zvýšenie bezpečnosti práce a tým aj ochrany človeka i stroja, kladie stále nové požiadavky na automatizačné prostriedky. Tieto požiadavky je možné v mnohých prípadoch riešiť iba použitím bezdotykových snímačov pracujúcich na základe rôznych fyzikálnych princípov.

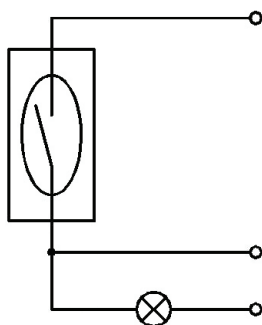
7.1 Snímače prítomnosti a priblíženia

7.1.1 Magnetické bezdotykové senzory

Magnetické snímače sú najčastejšie používané ako dráhové alebo polohové snímače v priamočiarych pneumotoroch. Môžu byť použité vo vyhotovení kontaktného alebo bezkontaktného snímača.

Kontaktný magnetický bezdotykový senzor

Jazýčkový snímač citlivý na magnetické pole je umiestnený za čiernou plastickou platňou. Magnetické pole permanentného magnetu zapne jazýčkový kontakt bez dotyku. Jazýčkový kontakt pozostáva z dvoch oddelených pružných pásikov, vyrobených z mäkkého magnetického materiálu, uložených v hermeticky tesnej sklenenej trubici – obr. 105.

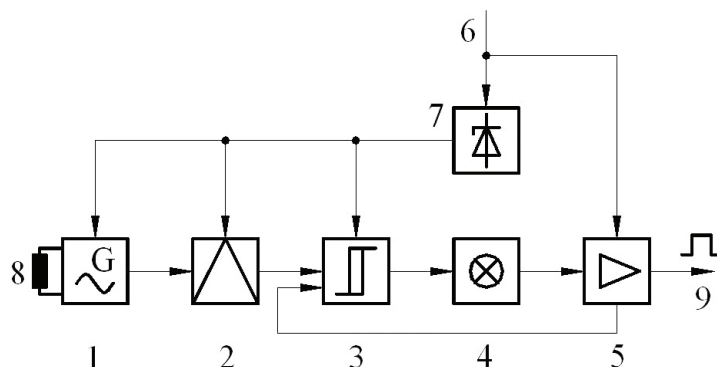


Obr. 105 Kontaktný magnetický bezdotykový senzor

Bezkontaktný magnetický bezdotykový senzor

Oblasť citlivosti na magnetické pole je v tomto snímači stanovená farebnou bodkou. Detekcia magnetického poľa je dosiahnutá pomocou vyladenia oscilátora, ktorý je do senzora už zabudovaný. Ak

sa magnet priblíži, feritové jadro vysokofrekvenčného oscilátora sa nasýti, čo vyvolá zmenu prúdu v oscilačnom obvode. Zmena prúdu je konvertovaná do výstupného signálu prostredníctvom obvodu zosilňovača.

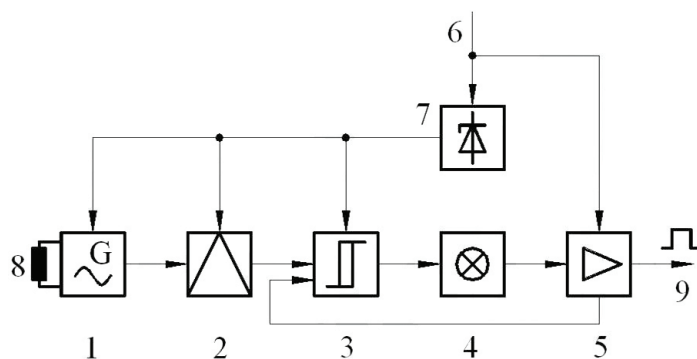


Obr. 106 Schéma bezkontaktného magnetického bezdotykového senzora

7.1.2 Indukčné bezdotykové senzory

Indukčné senzory obsahujú oscilačný obvod, ktorý pozostáva z paralelného rezonančného obvodu s indukčnou a kapacitnou a zo zosilňovača. Pomocou dutého feritového jadra indukcie (cievky) je elektromagnetické pole nasmerované smerom von.

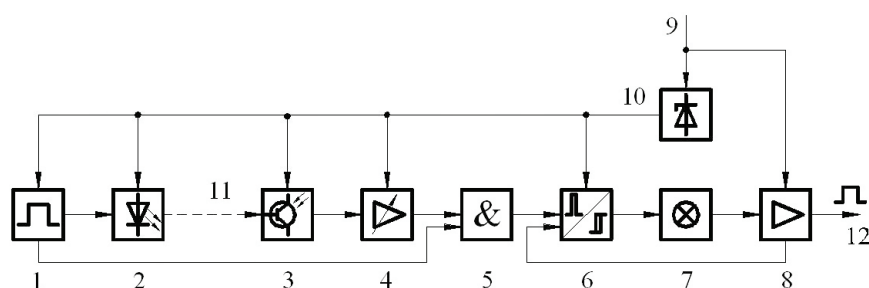
Ak je do rozptýleného elektromagnetického poľa zavedený elektricky vodivý materiál, potom podľa zákona indukčnosti sú vytvárané vírivé prúdy, ktoré zoslabujú kmitanie. V závislosti od vodivosti, rozmerov a vzdialenosti približujúceho sa predmetu môže byť oscilátor zoslabený až v takom rozsahu, že sa jeho kmitanie zastaví. Zoslabenie oscilátora je vyhodnocované nasledujúcimi elektronickými obvodmi a je vygenerovaný výstupný signál.



Obr. 107 Schéma indukčného bezdotykového senzora

7.1.3 Optické bezdotykové senzory

Optické bezdotykové senzory pozostávajú z dvoch hlavných častí – z vysielača (emitora) a z prijímača. V prípade difúzných optických senzorov sú vysielač a prijímač montované spolu v jednom puzdre. Ako vysielač sú použité diódy emitujúce svetlo hlavne v červenom a infračervenom rozsahu vlnových dĺžok. Toto svetlo je detekované vhodným polovodičovým prijímačom. Predmet odráža časť emitovaného svetla do senzora a aktivuje tak prijímač. Predmet, ktorý má byť detekovaný, môže byť reflexný, matný, transparentný alebo nepriehľadný, musí však zabezpečovať, aby bola odrážaná dostatočná časť svetla či už priamo, alebo rozptylom, difúziou.

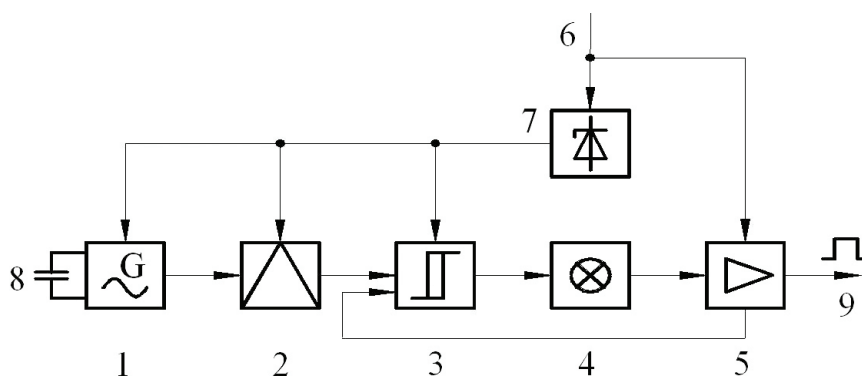


Obr. 108 Schéma optického bezdotykového senzora

Fotoelektrický pulzný senzor rotačného pohybu pracuje na princípe generovania optických impulzov v závislosti od frekvencie otáčania rotora. Tieto senzory bývajú v rôznom vyhotovení, napr. pracujú na princípe svetelného lúča hodrazeného od rotujúcej časti, alebo na princípe prerušovania svetelného lúča rotujúcou časťou.

7.1.4 Kapacitné bezdotykové senzory

Princíp činnosti kapacitného bezdotykového senzora je založený na zmene kapacity kondenzátora v RC rezonančnom obvode tvorenom kondenzátorom (C) a odporom (R).



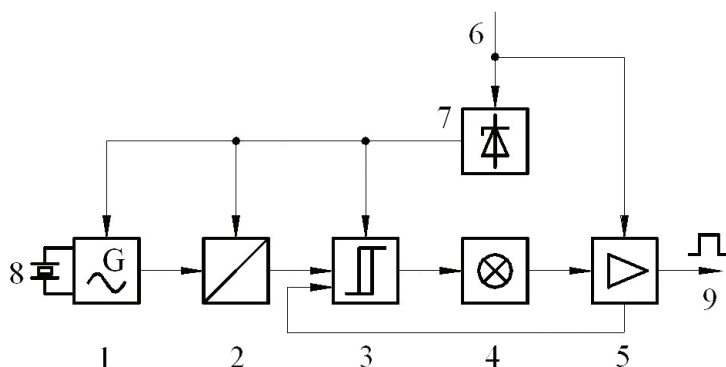
Obr. 109 Schéma kapacitného bezdotykového senzora

Ak sa predmet približuje k senzoru, kapacita kondenzátora vzrastá. Toto spôsobuje merateľnú zmenu v charakteristike oscilátora RC obvodu. Takáto zmena je konvertovaná elektronickým vyhodnocovacím systémom do použiteľného výstupného signálu. Zmena kapacity závisí zväčša od vzdialenosti, rozmerov a dielektrickej konštanty materiálu.

7.1.5 Ultrazvukové bezdotykové senzory

Princíp činnosti ultrazvukového bezdotykového senzora je založený na generovaní a prijímaní zvukových vln v nepočuteľnom rozsahu, najmä medzi 30 a 300 kHz.

Ultrazvukový bezdotykový senzor sa skladá z troch základných modulov – ultrazvukového meniča, vyhodnocovacej jednotky a výstupného stupňa. Ultrazvukový menič je zvyčajne piezoelektrický modul, ktorý je schopný generovať vibrácie v rozsahu 30 až 300 kHz pôsobením sínusového napätia. Zvukové pulzy sú vysielané (modulované) s frekvenciou medzi 1 až 100 Hz. Vyhodnocovanie je vykonávané z času medzi emisiou ultrazvukového pulzu a príjmom pulzu odrazeného predmetom. Ak je predmet umiestnený v spínacom dosahu ultrazvukového senzora, je vyslaný výstupný signál.

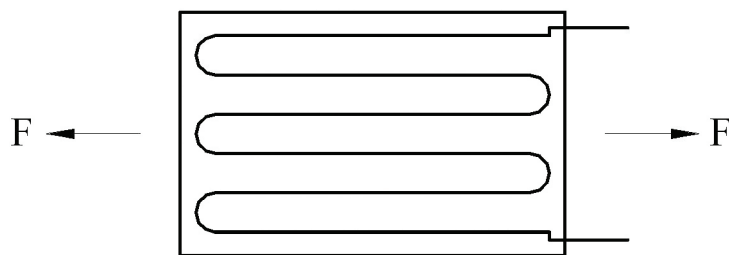


Obr. 110 Schéma ultrazvukového bezdotykového senzora

7.2 Snímače sily a tlaku

7.2.1 Odporový tenzometrický snímač

Tento snímač sa používa prevažne na meranie deformácií. Tenký odporový vodič s dĺžkou l je podrobený účinkom sily F , ktorá spôsobí jeho deformáciu – dĺžkovú i prierezovú. To má za následok zmenu nielen odporu, ale vplyvom možných štrukturálnych zmien vodiča aj zmenu jeho merného odporu. Samotné meranie vychádza z poznatku o priamej lineárnej závislosti medzi mechanickým napätím a prírastkom odporu.

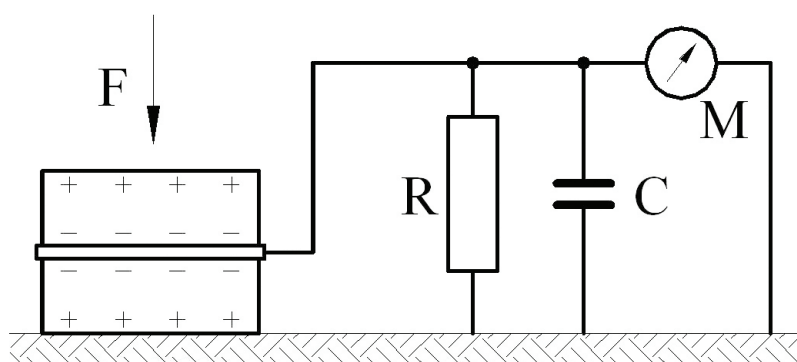


Obr. 111 Odporový tenzometrický snímač

7.2.2 Piezoelektrický snímač

Piezoelektrický senzor je založený na využití piezoelektrického javu, ktorý spočíva v tom, že vo vnútri niektorých kryštalických dielektrík vzniká vplyvom mechanických deformácií elektrická polarizácia. V dôsledku tejto polarizácie vznikne v priložených elektródach elektrický náboj úmerný sile pôsobiacej na kryštál.

Z praktických príčin sa v skutočnosti nemeria náboj, ale napätie, ktoré závisí nielen od piezoelektrickej konštanty, ale aj od permitivity a rozmerov kryštálu, tvoriaceho vlastne kondenzátor.



Obr. 112 Piezoelektrický snímač – princíp

7.3 Bezdotykové pneumatické snímače – trysky

Na použitie pneumatických bezdotykových snímačov sa využívajú dva princípy:

- princíp prúdovej a záchytnej trysky (voľný prúd),
- princíp hradenia výtoku z trysky.

7.3.1 Protiprúdová tryska

Pozostáva z vysielacej a prijímacej trysky, ktoré sú napájané zo spoločného prívodu P_x . Napájací tlak je v rozmedzí 10 – 20 kPa. Spotreba vzduchu je malá – pri normálnych podmienkach rádovo v rozsahu $Q = 0,5 - 0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Aby vzduch neobsahoval vodu a olej, používa sa pred čidlom nízkotlaková redukčná stanica s filtrom.

Na zabezpečenie správnej funkcie nemá byť vzdialenosť oboch trysiek väčšia než 100 mm.

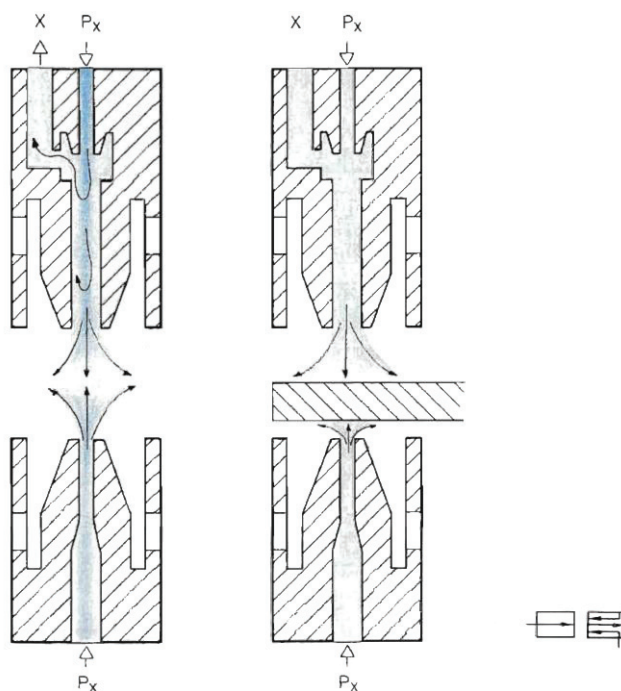
Funkcia:

Z obalu trysiek (vysielacej i prijímacej) prúdi vzduch. Výtok vzduchu z prijímacej trysky sa používa z toho dôvodu, aby sme zamedzili znečistenie trysky. Zvyšuje sa tým spoľahlivosť trysky. Prúd vzduchu z vysielacej trysky znižuje výtok prijímacej trysky. Tým dochádza k nárastu tlaku vo výtokovom kanáli prijímacej trysky, a teda i na jej výstupe X ($X = 0,5 \text{ kPa}$). Zosilňovačom sa dá tento tlak zosilniť na potrebnú hodnotu. Ak detekovaný predmet pri svojom pohybe preruší prúd vzduchu z vysielacej trysky, signál na výstupe klesne na nulovú hodnotu a môže napr. dôjsť k prestaveniu takto ovládaného rozvádzača.

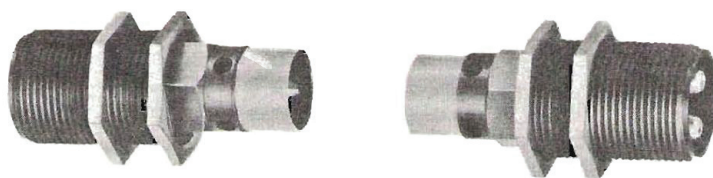
Hradlo je citlivé na prúdenie okolitého vzduchu, ktoré môže spôsobiť vychýlenie vytekajúceho voľného prúdu z trysky. Musí byť preto montované pokiaľ možno v chránenej polohe.

Použitie:

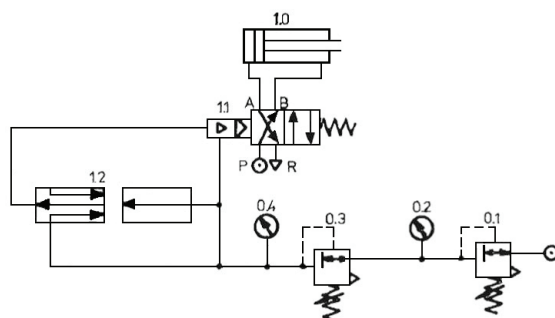
počítanie kusov, na montážnych linkách, pri kontrole (sledovanie okraja a polohy), a to zvlášť v prostrediach s nebezpečím výbuchu.



Obr. 113 Protiprúdová tryska



Obr. 114 Vyhotovenie protiprúdovej trysky



Obr. 115 Obvod s použitím protiprúdovej trysky

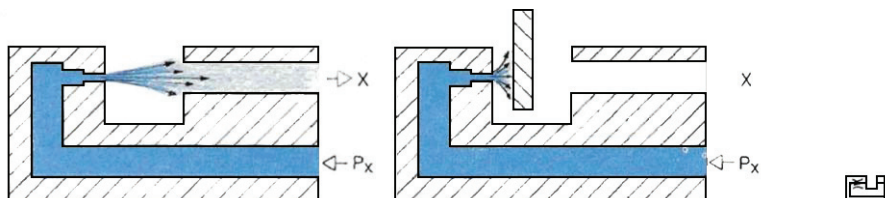
7.3.2 Prúdová – hradiaca tryska

Funkciu prúdovej – hradiacej trysky definujeme nasledovne:

Systém je napájaný vstupom P_x . Pri voľnom priechoode medzi vysielačou (prúdovou) a prijímacou (záchytnou) tryskou vznikne na výstupe X z trysky prúd vzduchu (signál). Keď určitý predmet preruší prúd vzduchu z vysielačej trysky, zanikne signál X. To je možné využiť na prestavenie rozvádzača.

Použitie:

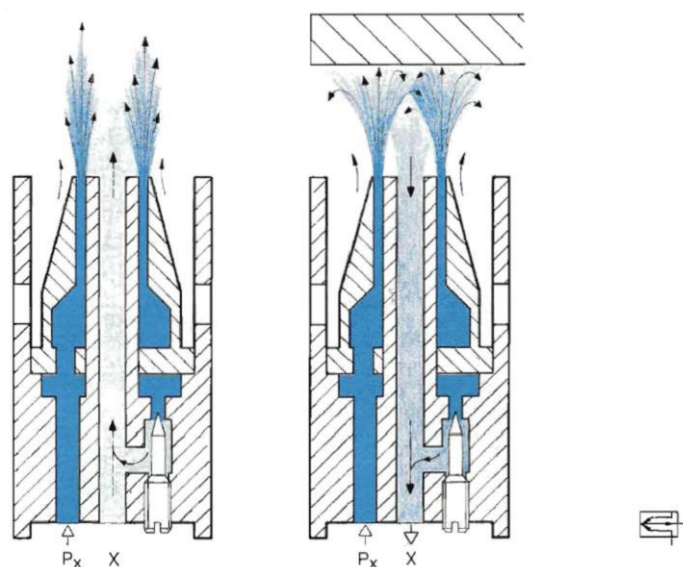
bezdotykové indikovanie predmetov až do hrúbky 5 mm, počítanie kusov a kontrola prítomnosti predmetov.



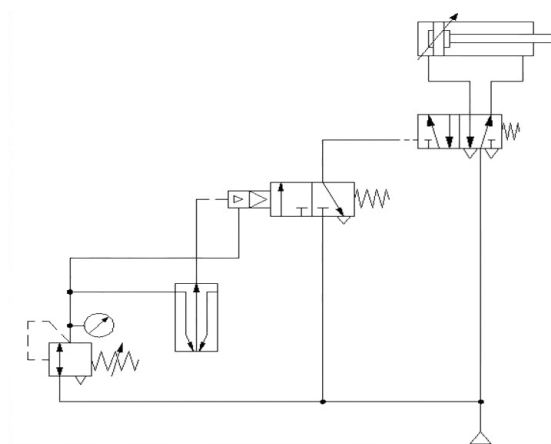
Obr. 116 Hradiaca tryska

7.3.3 Reflexná tryska

Podstatne jednoduchší a bezpečnejší oproti rušivým javom je princíp hradenia výtoku vzduchu z trysky. Na tomto princípe pracuje reflexná tryska. Vysielacia i prijímacia tryska je v tomto snímači zabudovaná v jednom telese. Reflexná tryska pozostáva z vysielacej a prijímacej trysky, škrtiaceho ventilu a ochranného krytu – obr. 117.



Obr. 117 Reflexná tryska



Obr. 118 Pneumatický obvod s reflexnou tryskou

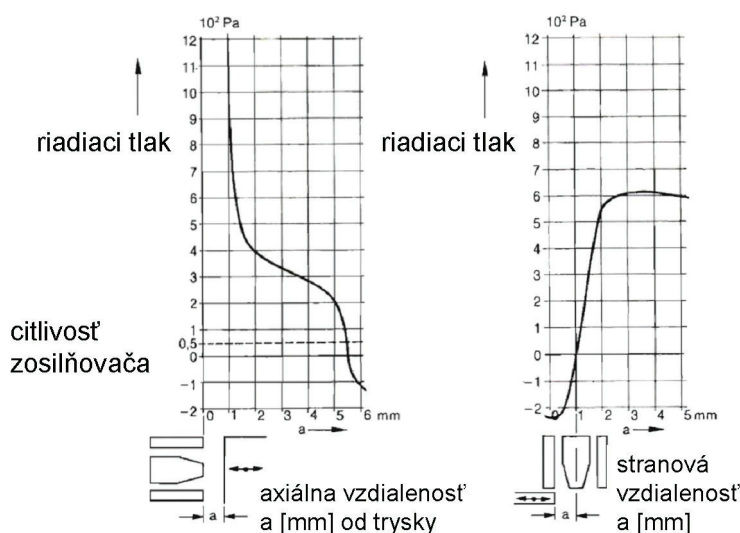
Napájanie je privedené na vstup P_x (10 – 20 kPa). Vzduch vyteká z prstencovej trysky do atmosféry a pri jeho výtoku vzniká v centrálnej tryske podtlak. Akonáhle detekovaný predmet zatieni výtok z kruhovej trysky, vznikne v prijímacej (centrálnej) tryske pretlak. Na výstupe X vznikne signál. Tento signál je po zosilnení v zosilňovači použitý na ďalšie riadenie (ovládanie rozvádzačov a pod.).

Škrtiaci ventilček zaistuje vytvorenie dostatočne výkonného signálu. Spínacia vzdialenosť medzi tryskou a predmetom je podľa vyhotovenia 1 až 6 mm, pri zvláštnych vyhotoveniach 20 mm. Na prvok nemajú žiadny rušivý vplyv silné nečistoty, zvukové vlny, svetlo, radiácia ani priehľadnosť alebo nemagnetickosť predmetov, či nebezpečenstvo explózie.

Použitie reflexnej trysky je možné v každom priemyslovom odvetví. Napríklad ako kontrolné čidlo v lisoch, razníkoch, na počítanie kusov, kontrolu predmetov či kontrolu okrajov pásov v textilnom priemysle, v obalovej technike, kontrole zásobníkov, na indikovanie dyhovaných častí nábytku v drevárskom priemysle a pod.

7.3.4 Charakteristiky reflexných trysiek [7]

V obidvoch charakteristikách je znázornená závislosť tlaku na vzdialenosti. Prvá platí pre axiálne približovanie pri napájacom tlaku $p = 15 \text{ kPa}$, druhá pre bočné približovanie pri rovnakom napájaní.



Obr. 119 Charakteristiky reflexných trysiek

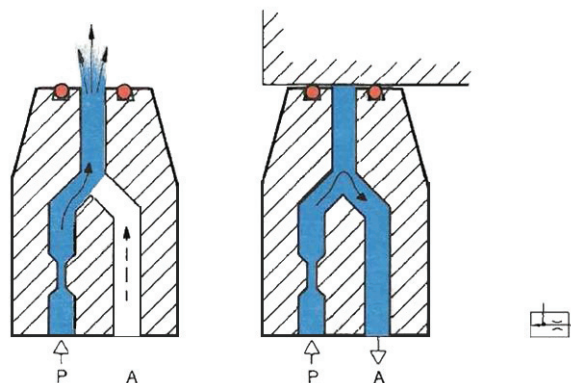
7.3.5 Dorazová tryska

Napájacím prívodom P prúdi stále množstvo vzduchu k tryske čidla (použiteľný rozsah napájania 10 až 80 kPa), zabudovaná clonka obmedzuje veľkosť jeho prietoku. Uzavretím trysky vznikne signál na výstupe A, hodnota tlaku vzrastie pri úplnom uzavretí trysky (dorazu) až na hodnotu napájacieho tlaku – obr. 120.

Na zníženie spotreby vzduchu je účelné napájať trysku len v čase, kedy od nej očakávame signál. Dodatočným vstavaním škrtiaceho ventilu do napájacieho vstupu sa dá jemne nastaviť citlivosť trysky.

Použitie:

ako čidlo polohy a ako spínač koncových polôh priamočiareho pneumatora alebo ako narážka.

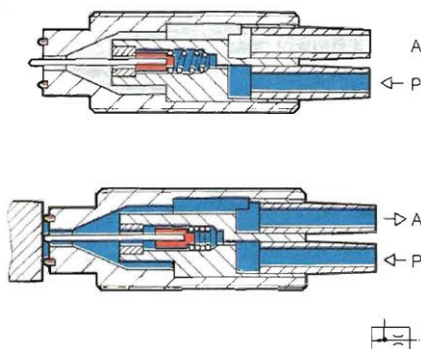


Obr. 120 Dorazová tryska

7.3.6 Dorazová tryska s mechanickou narážkou

Dorazová tryska s mechanickou narážkou má v porovnaní s predchádzajúcim vyhotovením navyše pohyblivý mechanický driek s tesniacim prvkom. Pokiaľ driek nie je aktivovaný dotykom, neprúdi žiadny vzduch z P do A. Pri mechanickom zatlačaní drieku dochádza k prechodnému úniku vzduchu do atmosféry dovtedy, kým nebude tryska úplne uzavretá doľahnutím na sledovaný predmet. Potom vznikne tlakový signál na výstupe A.

Toto vyhotovenie s driekom a tesniacim prvkom má nepatrnú spotrebu vzduchu.

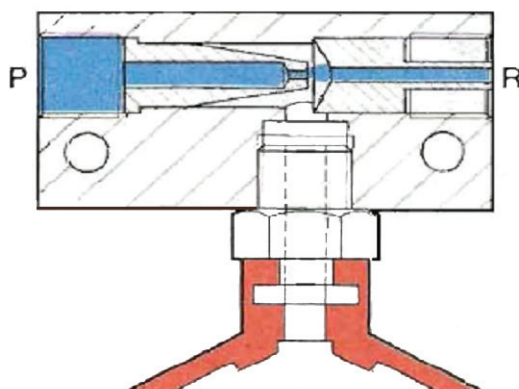


Obr. 121 Dorazová tryska s mechanickou narážkou

7.3.7 Prísavný unášač

Využitím účinku dýzy v spojení s prísavkou dostaneme transportné zariadenie na prenášanie rôznych plochých predmetov. Funkcia spočíva vo využití Venturiho dýzy (podtlak). Na vstup P je privedený

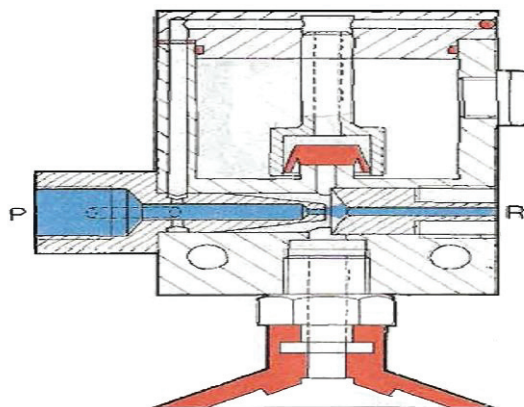
napájací tlak. Zúžením prierezu dochádza k zvýšeniu rýchlosti prúdu vzduchu smerom k R a na výstupe A, resp. v prísavke vznikne podtlak (sací účinok dýzy) – obr. 122. Tak je možné prisat' a dopraviť rôzne predmety. Aby bol sací účinok dostatočný, musí byť povrch predmetov hladký a čistý.



Obr. 122 Prísavný unášač

7.3.8 Prísavná hlava

Na rovnakom princípe (Venturiho dýza) je založená činnosť prísavnej hlavy – obr. 123. Rozdiel spočíva v dodatočne zabudovanej nádržke, ktorá sa počas sania plní tlakovým vzduchom. Pri prerušení vstupného tlaku je tento vzduch z nádržky vypustený odľahčovacím ventilom cez prísavku von. Tým sa prisatý predmet rýchlo uvoľní.



Obr. 123 Prísavná hlava

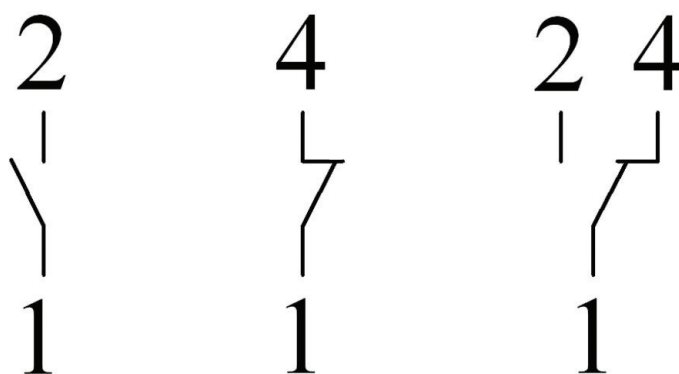
8 RIADENIE PNEUMATICKÝCH MECHANIZMOV ELEKTRICKÝM SIGNÁLOM

Na riadenie pneumatických mechanizmov elektrickým signálom sa používajú rovnaké generátory, teda kompresory, resp. kompresorové stanice, a tiež rovnaké motory, či už priamočiare, rotačné, alebo s kývavým pohybom. Aj niektoré riadiace prvky sú rovnaké ako pri riadení pneumatickým signálom (jednosmerné ventily, škrtiace ventily a pod.). Väčšina riadiacich prvkov sú však prvky elektropneumatické, tzn. majú buď elektrický výstup (snímače polohy, tlaku, časovače, počítadlá a pod.), alebo elektrický vstup (rozvádzače).

Schéma elektropneumatického mechanizmu je rozdelená na dve časti – obr. 131. Jednu časť tvorí pneumatická schéma a je to výkonová časť, druhú časť tvorí schéma elektrického riadenia.

8.1 Základy tvorby elektrickej schémy riadenia

Elektrická schéma riadenia vychádza zo známej releovej logiky, ktorej základom sú kontakty. Na obr. 124 sú schematické značky spínacieho, rozpínacieho a prepínacieho kontaktu. Je zrejmé, že spínací kontakt je v kludovom stave rozpojený a rozpínací naopak spojený. Prepínací kontakt má dva výstupy a použitý môže byť buď ako spínací, alebo rozpínací, prípadne môžu byť použité oba výstupy.



Obr. 124 Kontakty v elektrickej schéme

Typické riadiace prvky sú spínače. Na obr. 125 sú schematické značky tlačidla bez aretácie (S1), tlačidla s aretáciou (S2), dotykového snímača polohy ovládaného kladkou (A1) a bezdotykového magnetického snímača polohy (B0).



Obr. 125 Použitie spínačov

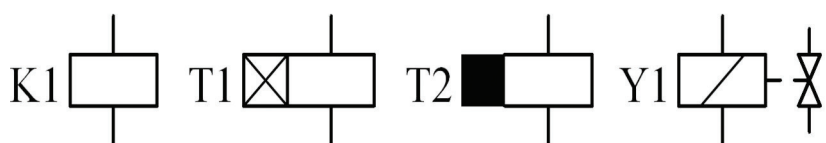
Spínače môžu byť ovládané manuálne, mechanicky, prípadne tlakom vzduchu. Okrem toho môžu byť ako spínače použité akékoľvek snímače s elektrickým výstupom spomenuté v kapitole 7.1. Príklad reálneho hardvérového vyhotovenia manuálne ovládaných spínačov je na obr. 126.



Obr. 126 Skrinka s tlačidlami

Pre nepriame riadenie (pozri kap. 8.2) je základným stavebným prvkom relé. Relé predstavuje elektromagnet, ktorý pritiahnutím jadra mení stav na výstupe. Pritom relé má na výstupe najčastejšie prepínacie kontakty.

Na obr. 127 sú rôzne typy relé: K1 je obyčajné, normálne relé, T1 je relé časovača s oneskoreným zopnutím, T2 je relé časovača s oneskoreným vypnutím a Y1 je relé rozvážacieho ventilu ovládaného elektrickým signálom.



Obr. 127 Rôzne typy relé



Obr. 128 Skrinka so všeobecnými relé



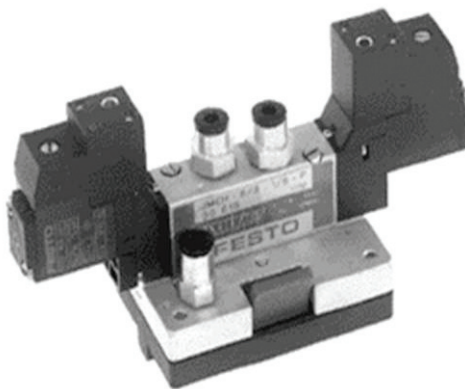
Obr. 129 Skrinka s časovými relé

Na obr. 128 je reálne hardvérové vyhotovenie skrinky so všeobecnými relé. Skrinka obsahuje 3 cievky, relé, a každé relé má 4 prepínacie kontakty. Tzn., že aktívny stav jedného relé je v obvodu riadenia možné použiť až štyrikrát.

Na obr. 129 je reálne hardvérové vyhotovenie skrinky s časovými relé. Skrinka obsahuje jedno časové relé s oneskorením na vstupe a jedno s oneskorením na výstupe.

Medzi hlavné parametre riadenia pneumatického mechanizmu môžeme zaradiť riadenie smeru pohybu motora, riadenie rýchlosti pohybu motora a riadenie sily, momentu krútiaceho motora. Rýchlosť a sila, resp. moment sú parametre výkonové a riadia sa vo výkonovej časti, teda v pneumatickej schéme. Smer pohybu sa riadi rozvádzačmi, v elektropneumatike sa používajú elektropneumatické rozvádzače. Na rozvádzačoch je teda aj výkonový signál od tlakového vzduchu aj riadiaci elektrický signál. Inak pre rozvádzače platia všetky informácie uvádzané v kap. 5.2 a v kap. 6.9.

Na obr. 130 je bistabilný elektropneumatický rozvádzač 5/2.

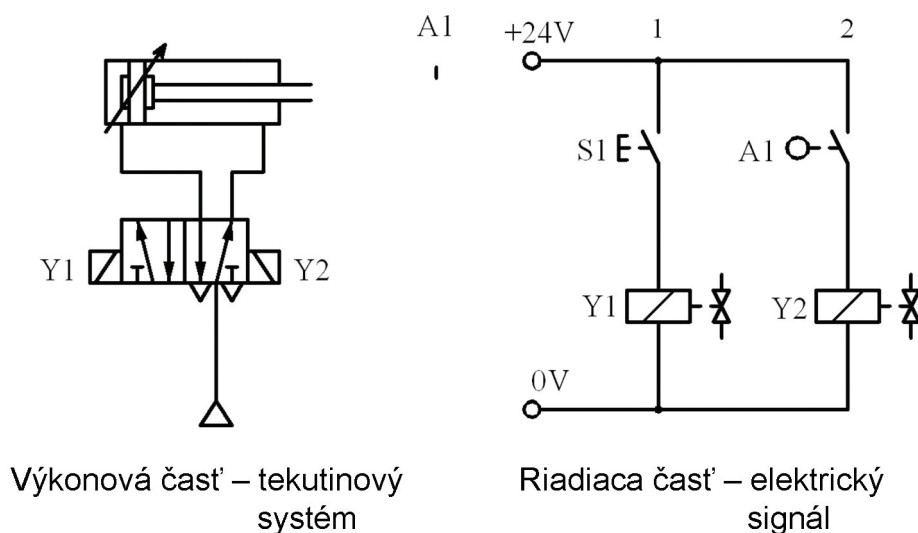


Obr. 130 Rozvádzači ventil 5/2 ovládaný elektromagnetom – bistabilný

8.2 Princípy a príklady elektropneumatického riadenia

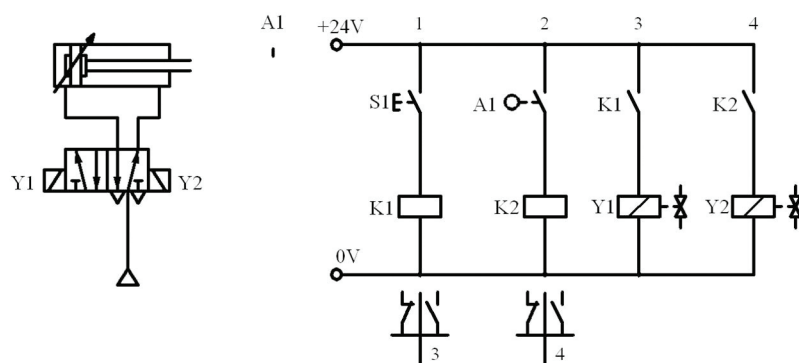
V kap. 6 sme spomenuli riadenie hlavných parametrov pneumatických mechanizmov. Môžeme povedať, že všetko, čo sa nebude týkať priamo výkonových parametrov a bude to súčasťou riadenia, bude vo všeobecnosti platiť aj pre elektrickú schému riadenia elektropneumatického mechanizmu. Napr. priame a nepriame riadenie bude definované rovnako, len v prípade elektropneumatiky pôjde o priame a nepriame riadenie hlavného rozvádzača.

Na obr. 131 je schéma priameho ovládania bistabilného rozvádzača 5/2, lebo v elektrickej časti schémy signál na tlačidlo S1 a na snímači polohy A1 ako riadiaci signál má rovnakú úroveň ako výkonový signál na cievkach rozvádzača Y1 a Y2.



Obr. 131 Priame riadenie elektropneumatického rozvádzača

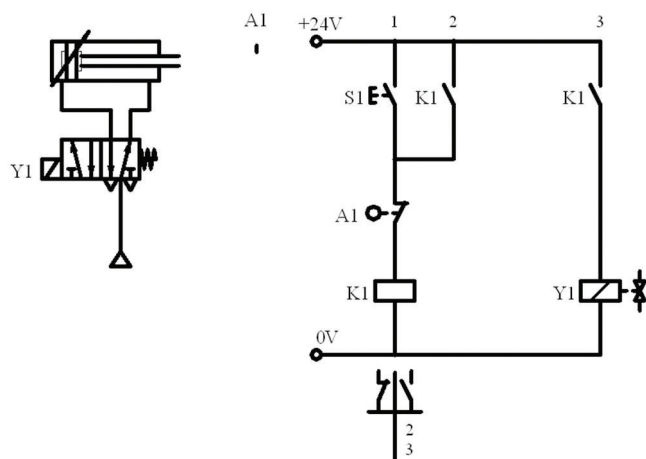
Na obr. 132 je schéma nepriameho ovládania bistabilného rozvádzača 5/2. Hoci v elektrickej časti schémy je znázornené, že všetky 4 zvislé vetvy riadenia majú rovnaké napätie + 24 V, je tu však možnosť v riadiacich vetvách 1 a 2, teda na cievkach relé K1 a K2 ponechať bezpečné dotykové napätie + 24 V a vo výkonových vetvách 2 a 3, teda na cievkach Y1 a Y2 rozvádzača priviesť napätie napr. 230 V.



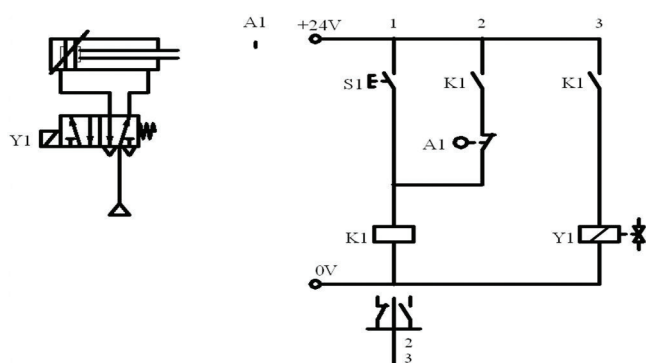
Obr. 132 Nepriame riadenie elektropneumatického rozvádzača

V kapitole 6.12 bolo uvedené impulzné riadenie monostabilného rozvádzača vytvorením pamäťového signálu. V prípade elektropneumatiky platia tie isté princípy a zásady, takže bez opisu je na obr. 133 schéma na riadenie monostabilného rozvádzača 5/2 s dominantným signálom STOP. Tento dominantný signál je signál od snímača polohy A1.

Na obr. 134 je schéma na riadenie monostabilného rozvádzača 5/2 s dominantným signálom ŠTART. Tento dominantný signál je signál od tlačidla S1. Význam dominantného signálu je opísaný v kapitole 6.12.

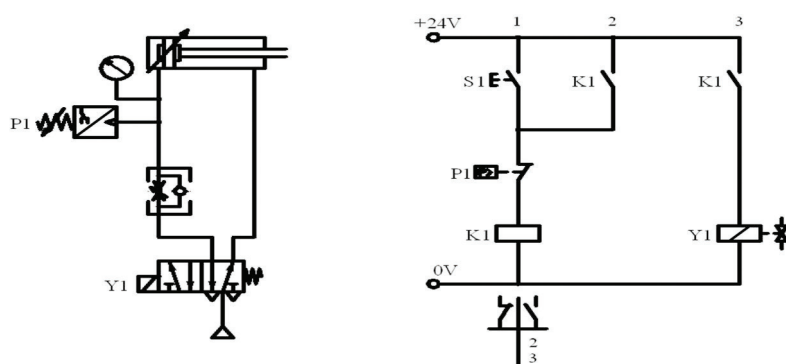


Obr. 133 Riadenie monostabilného rozvádzača – dominantný STOP



Obr. 134 Riadenie monostabilného rozvádzača – dominantný ŠTART

V kapitole 6.5 je opísaný obvod s použitím tlakového relé. Aj v tomto prípade platia všetky údaje uvedené v spomínanej kapitole. V elektropneumatickom mechanizme s elektropneumatickým tlakovým relé bude teda len formálny rozdiel. Obvod výkonovej pneumatickej i riadiacej elektrickej časti je znázornený na obr. 135.



Obr. 135 Elektropneumatický mechanizmus s tlakovým relé

Najvyššou úrovňou riadenia tekutinových mechanizmov je riadenie pomocou PLC (programovateľný logický automat). Táto časť predpokladá znalosť prác s programovateľnými logickými automatmi (PLC), čo je natoľko rozsiahla tematika, že nemôže byť súčasťou tohto pracovného textu.

ZÁVER

Učiteľská profesia je veľmi náročná a pre učiteľov odborných predmetov ešte náročnejšia. Musia sa zdokonaľovať nielen v pedagogických zručnostiach, ale udržiavať a rozširovať svoje vedomosti aj v odbornosti, ktorú vyštudovali. Nové trendy a technológie v pneumatických mechanizmoch určite patria do tejto oblasti.

Príručka neobsahuje všetko, čo by bolo potrebné vedieť z oblasti pneumatických mechanizmov, ale autori sa snažili aspoň priblížiť najdôležitejšie informácie z tejto problematiky. Každý pedagóg, ktorý absolvoval vzdelávací program a dostal tento materiál, si môže rozšíriť tú oblasť, ktorá ho najviac oslovila a ktorú potrebuje na svoju vyučovaciu činnosť.

Veríme, že učitelia a majstri odbornej výchovy túto príručku privítajú, a dúfame, že takýchto publikácií bude pribúdať, aby sa učiteľom na stredných odborných školách lepšie a kompetentnejšie vzdelávalo a žiaci tak boli lepšie pripravení pre prax.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] PACIGA, A. *Výbrané state z tekutinových mechanizmov – pneumatické mechanizmy*. Bratislava : SVŠT, 1990. ISBN 80-227-0197-1.
- [2] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanizmy*. Ostrava : VŠB, Technická univerzita, 1999. ISBN 80-7078-498-9.
- [3] TARABA, B., BEHÚLOVÁ, M., KRAVÁRIKOVÁ, H. *Mechanika tekutín. Termomechanika*. Bratislava : STU, 2004. Sig: 10453.
- [4] ISO 1219-1: *Fluid power systems and components. Graphics symbols and circuit diagrams*. Part 1: Graphics symbols.
- [5] GULÁŠ, F. *Syntéza tekutinových mechanizmov*. Bratislava : STU, 1994. ISBN 80-227-0668-X.
- [6] CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. *Meranie technických veličín*. Bratislava : STU, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
- [7] *Katalógové listy snímačov FESTO*.

Názov:	Pneumatické mechanizmy
Autori:	Ing. Mgr. Marian Šupák Ing. Jitka Almášiová
Recenzenti:	doc. Ing. Zuzana Jamrichová, PhD. Ing. Edita Schima
Vydavateľ:	Metodicko-pedagogické centrum v Bratislave
Odborná redaktorka:	Mgr. Terézia Peciarová
Grafická úprava:	Ing. Monika Chovancová
Vydanie:	1.
Rok vydania:	2012
Počet strán:	86
ISBN	978-80-8052-427-2