

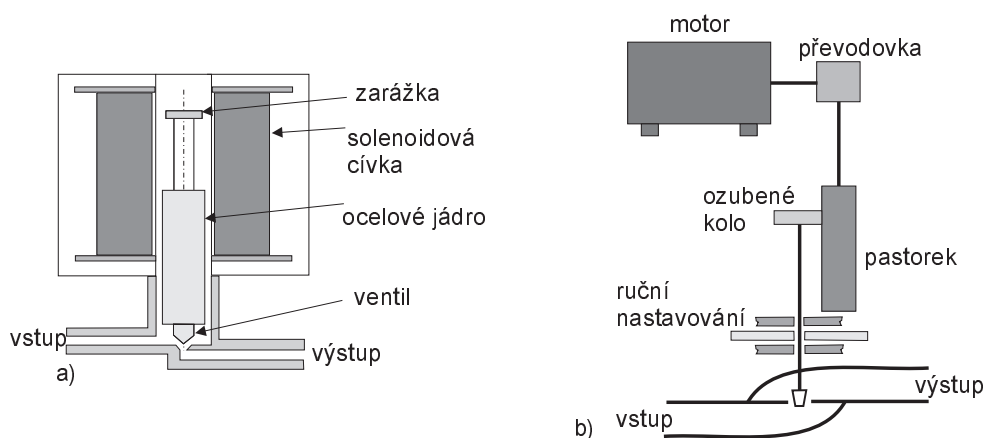
10. Akční členy

Regulační orgán a jeho **pohon** tvoří akční člen regulačního obvodu. Úkolem regulačního orgánu je nastavení potřebné velikosti regulované veličiny. Regulační orgán je ovládán pohonem. Akční členy se nejčastěji vyrábějí v jednom konstrukčním celku, to znamená, že regulační orgán je vybaven vlastním pohonem. Zásadně se požaduje, aby v případě nebezpečí nebo v případě výpadku dodávky energie pohon automaticky uvedl regulační orgán do polohy, ve které je vyloučeno nebezpečí vzniku poruchy nebo havárie v regulované soustavě. Jako regulační orgány pro regulaci elektrického proudu se používají stykače, regulační transformátory a rezistory, elektronické obvody (kap. 8.10.2) apod. Pro regulaci průtoku kapalin nebo plynů se používají ventily, šoupátka, klapky (jen pro plyn) apod.

10.1 Pohony

Pohony, které též bývají nazývány **servomotory** nebo **servopohony**, jsou zařazeny mezi ústřední člen regulátoru a regulační orgán. Vstupní člen pohonu musí proto být přizpůsoben výstupnímu signálu ústředního členu, výstupní člen pak regulačnímu orgánu.

U regulací neelektrických veličin je vazba mezi regulačním orgánem a pohonem vždy mechanická, např. táhlem, pákovým převodem apod. Podle druhu pomocné energie můžeme pohony rozdělit na elektrické, pneumatické a hydraulické. Hydraulické pohony se používají pouze ke speciálním účelům, zejména u těžkých mechanismů, takže jejich popis je nad rámec tohoto skriptu.



Obrázek 10.1: a) Solenoidový ventil b) Elektrický servomotor s přímočarým pohybem

10.1.1 Elektrické pohony

Nejjednodušším elektrickým pohonem je **elektromagnet**. Používá se k dvoupolohovému ovládní kuželek ventilů, brzd a pod. Běžné je použití elektromagnetu v **solenoidovém ventilu** (obr. 10.1a). Zavedením elektrického proudu do solenoidové cívky se zvedne feromagnetické jádro, které narazí na zarážku ventilu. Tím se uvolní sedlo ventilu a otevře průtok kapaliny nebo plynu. Po přerušení proudu spadne kuželka vlastní tíhou do sedla a uzavře průtok. Proto se tento ventil musí vždy montovat ve svislé poloze. Je to dvoupolohový systém. Tyto ventily se používají do vnitřního průměru 10 mm.

Pro větší průměry se používají tzv. **rozdílové ventily**, u nichž solenoid otevírá

pouze pomocný ventil hlavního pístu. Pohyb pístu, který uzavírá sedlo ventilu, pak obstarává řízená tlaková tekutina. Jako pohony s elektromotorem se vyrábějí elektrické servomotory s přímočarým nebo otáčivým pohybem. Motory jsou jednofázové nebo trojfázové s převodem do pomala pro ovládání regulačního orgánu. Pohony mají zabezpečeno automatické vypnutí motoru v koncových polohách. Pro případ poruchy jsou uspořádány tak, aby se mohly ovládat i ručně.

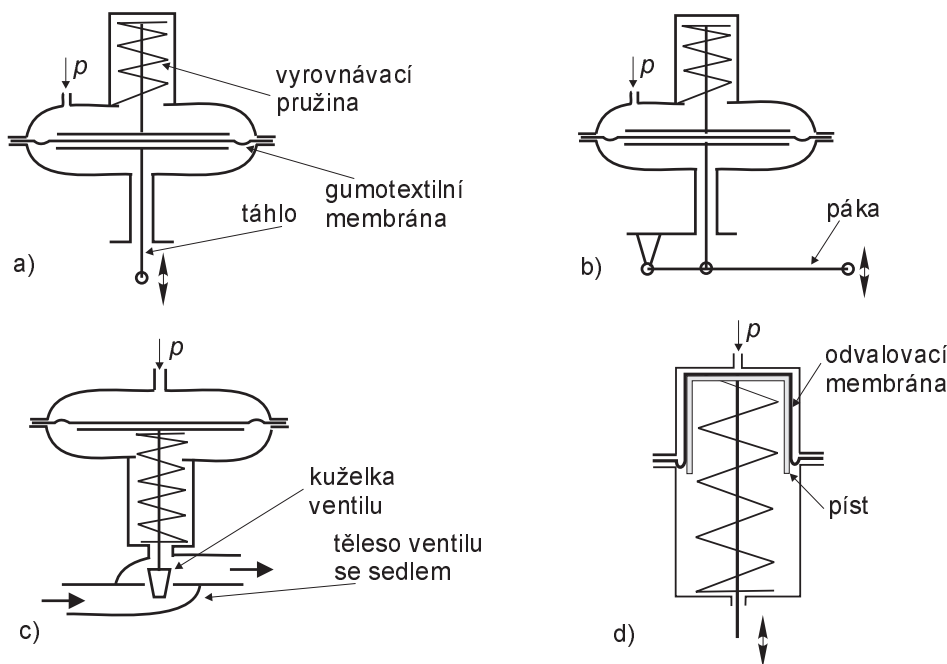
Elektrický servomotor s přímočarým pohybem uvádí obr. 10.1b. Elektromotor pohání přes převodovku dlouhý pastorek. Ten je v záběru s ozubeným kolem a otáčí vřetenem ventilu. Na vřetenu je závit pohybující se ve vodicí matici. Při ručním nastavování ventilu se ručně otáčí maticí, přičemž samosvorná převodovka s dlouhým pastorkem a vřeteno se neotáčejí.

Výhodou elektrických pohonů je

- možnost odebírat energii pro jejich pohon z veřejné elektrické sítě,
- jejich samosvornost (které se u jiných druhů pohonů dosahuje obtížně),
- možnost přímého řízení počítači.

Nevýhodou je:

- jejich vyšší cena i hmotnost v porovnání s pneumatickými servomotory stejného výkonu,
- skutečnost, že při výpadku rozvodné sítě přestanou okamžitě pracovat,
- pro výbušná prostředí se musí vyrábět ve zvláštním provedení.



Obrázek 10.2: a) Pneumatický membránový pohon s přímočarým pohybem b) Pákový pohon c) Regulační ventil s membránovým pohonem d) Pneumatický pohon s odvalovací membránou

10.1.2 Pneumatické pohony

Výhodou pneumatických pohonů (též jsou nazývány **pneumomotory**) je jejich konstrukční a výrobní jednoduchost, a tím i nízká cena. Mají menší hmotnost než elektrické pohony stejného výkonu a mohou se používat i ve výbušném prostředí. Jejich nevýhodou je, že nejsou samosvorné, což má za následek, že při výpadku napájecího

vzduchu se přestaví do krajní polohy (otevřené nebo zavřené). To může být někdy i jejich výhodou. Protože jsou napájeny z kompresoru, který je vždy doplněn zásobníkem stlačeného vzduchu, mohou pracovat po určitou dobu i v případě výpadku energie pro pohon kompresoru.

Pneumatické pohony pro automatické regulátory se nejčastěji vyrábějí jako membránové. U těch se snadno dosáhne proporcionální funkce, takže mohou být řízeny unifikovaným pneumatickým signálem. Princip a konstrukce **membránových pohonů** uvádí obr. 10.2a,b. Spojením membránového pohonu s regulačním ventilem vznikne pneumatický regulační ventil (obr. 10.2c). Zvláštním typem jednoduchého pneumatického membránového pohonu je pohon s odvalovací membránou (obr. 10.2d). Jeho zdvih je několikanásobkem zdvihu membránového pohonu, avšak má menší průměr pístu a membrány a tedy i menší přestavnou sílu.

Membránové pneumatické pohony pro větší síly a přesnější řízení používají pevnou zpětnou vazbu se zesilovačem, který je nazýván **pozicionér**. Pak však ztratí výhodu jednoduššího připojení. I složité elektronické řídicí systémy používají spojitě pneumatické pohony díky elektropneumatickým převodníkům a korektorům. **Korektor** je zařízení zajišťující jednoznačnost závislosti mezi výstupem z ústředního členu regulátoru a akční veličinou. V akčním členu se mohou uplatňovat poruchy způsobené třením v ucpávce, třecími silami protékající látky aj. Tyto nedostatky odstraňuje korektor. Korektory se v současnosti vyrábějí i číslicové a jsou montovány přímo na pohon. Lze konstatovat [17], že jediným významným zástupcem pneumatických systémů u spojitých regulací zůstane **pneumatický membránový pohon**, ostatní varianty pneumatických prostředků budou vyjímečné. Pneumatické pohony se uplatňují zejména u nespojitých pneumatických systémů pro své výše uvedené výhody.

Pro další výklad si **pneumatická ovládání** rozdělíme na: 1) ovládání samostatného stroje, který není závislý na spolupráci s dalšími stroji a jeho program není příliš složitý, 2) ovládání výrobních nebo montážních linek. U první skupiny je ovládání obvykle řešeno na bázi pneumatiky. Důvodem proč se neuzívá elektrický signál je nutnost použití elektropneumatických převodníků pro řízení pneumomotorů. To přináší zvýšení ceny, aniž by byly dostatečně využity možné výhody elektroniky. U druhé skupiny je nejčastěji používán hybridní systém, u něhož je signál získáván a zpracováván v elektrické podobě a výsledky zpracování jsou realizovány pneumatickými pohony (pneumomotory). Jako příklad lze uvést systémy spojitěho pneumatického polohování, které používají elektropneumatické převodníky a elektronické řízení se zpětnou vazbou od polohy pneumatického pohonu. Parametry těchto systémů jsou obdivuhodné - rychlost přestavování může dosáhnout 2 až 3 m/s při přesnosti 0,1 mm na zdvihu 1 m. Jako čidlo polohy se používá potenciometr. Při použití ultrazvukového nebo laserového čidla lze této přesnosti dosáhnout i při podstatně delších zdvizích.

10.2 Regulační orgány

Regulační orgány neelektrických veličin řídí vždy průtok nějaké látky. Pro všeobecné použití rozlišujeme dva druhy:

- a) **regulační ventily** pro řízení průtoku kapalin a plynů
- b) **regulační klapky** pro řízení průtoku plynů.

Schéma regulačního ventilu je na obr. 10.2c. Změny průtoku tekutiny se dosahuje

změnou průtočného průřezu mezi regulační kuželkou a sedlem ventilu zasouváním kuželky do sedla.

Pro objemový průtok Q_v tekutiny zúženým průřezem platí vztah

$$Q_v = A \alpha \varepsilon \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}} \quad (10.1)$$

kde Q_v je v m^3/s ,

A je plocha průtočného průřezu v m^2 , která je u regulačního ventilu závislá na zdvihu kuželky z (viz obr. 10.3),

α je součinitel průtoku,

ε je součinitel expanze,

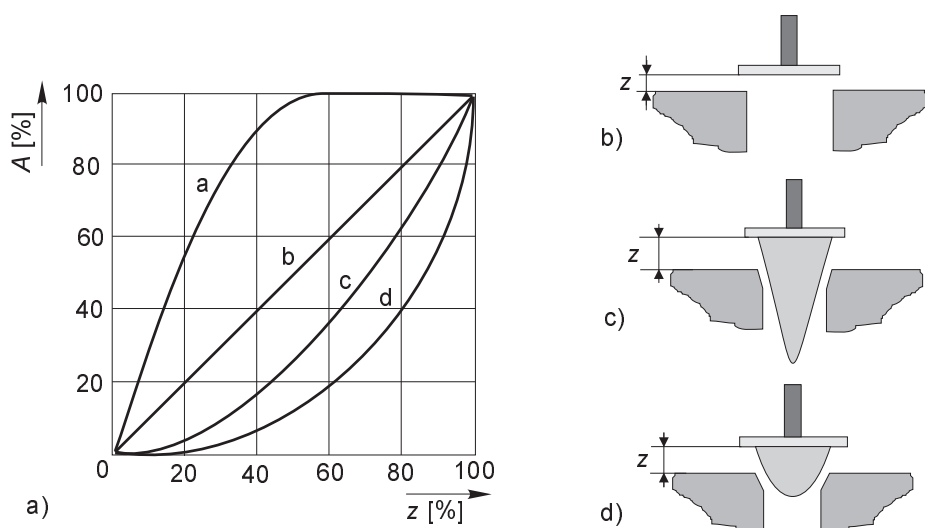
Δp je rozdíl tlaků před zúženým průřezem a v zúženém průřezu v Pa,

ρ je hustota tekutiny v kg/m^3 .

Veličiny α a ε se určují z tabulek a nomogramů. Pro rychlejší orientaci uživatelů uvádějí výrobci průtokový činitel K_v , který je číselně roven průtoku vody ventilem v m^3/hod při plně otevřeném ventilu a rozdílu tlaků $\Delta p = 100 \text{ kPa}$. Jeho hodnota se pro každý ventil určuje maximální průtok ventilem. Při plně otevřeném ventilu je průtok kapaliny ventilem vyjádřen rovnicí

$$Q_{vmax} = \frac{K_v}{10} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad (10.2)$$

Závislost plochy A na zdvihu z kuželky je nazývána **konstrukční charakteristika ventilu**. Různé typy regulačních obvodů vyžadují různé tvary charakteristik regulačních ventilů.



Obrázek 10.3: a) Charakteristiky různých ventilů, b) ventil s rychle otevírací charakteristikou, c) ventil s lineární charakteristikou, d) ventil s parabolickou charakteristikou

Většinou lze vystačit se čtyřmi základními typy charakteristik (obr. 10.3a - z je zdvih kuželky, A je průtočný průřez v %):

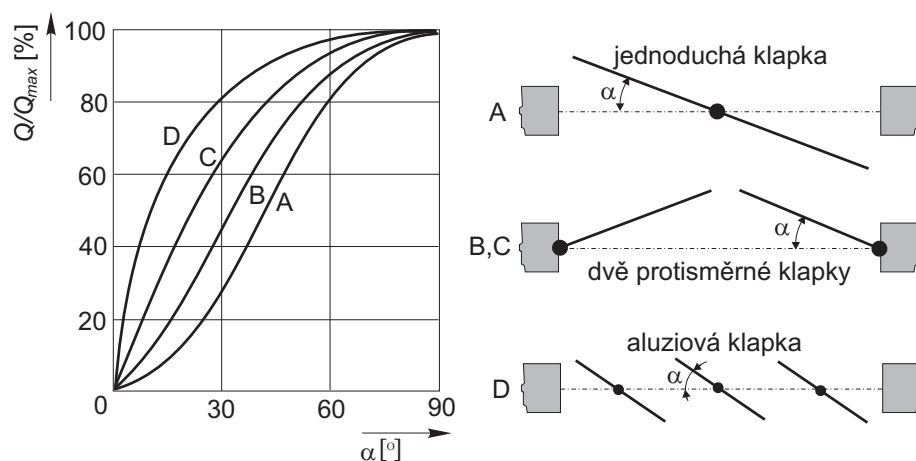
- a) rychle otevírací
- b) lineární
- c) parabolickou

d) ekviprocentní (logaritmickou).

Tvary odpovídajících kuželek uvádí obr. 10.3b. Kromě charakteristiky ventilu je důležité také zvolit jeho správný vnitřní průměr (světlost), který se určuje na základě maximálního požadovaného průtoku Q_{max} při zvolené tlakové ztrátě na ventilu Δp a průtočném průřezu A_{max} . Aby se charakteristika ventilu dostatečně uplatnila, má být tlaková ztráta na ventilu alespoň 10 až 15 % tlakové tráty celé průtočné trasy u ventilu s ekviprocentní charakteristikou a 30 až 50 % u ventilu s lineární charakteristikou. Tyto údaje jsou dodávány výrobcem ke každému ventilu.

Ventily jsou **jednosedlové** a **dvousedlové**. U jednosedlových ventilů působí na kuželku ventilu při velkých světlostech a tlakových rozdílech velké osově síly, na které musí být dimenzován pohon ventilu. Proto se v těchto případech volí vždy ventily dvousedlové, tlakově odlehčené. Ventily se vyrábějí buď jako přímé, tj. uzavírající se tlakem vzduchu na membránu pohonu, nebo inverzní uzavírané pružinou a otvírané tlakem vzduchu na membránu. V uzavřené poloze propouštějí ventily 2 až 5 % maximálního průtoku.

Regulační klapkou se průtočný průřez mění otáčením jednoho nebo více listů klapky v tělese. Schémata hlavních konstrukcí klapek jsou na obr. 10.4 i s jejich charakteristikami. Závislost průtoku na úhlu otevření klapky není příliš výhodná a není ji možno jednoduše měnit konstrukční úpravou klapky. Výhodou regulačních klapek je zejména jejich jednoduchost. Využívají se pro regulaci průtoku plynů s tlakem nejvýše několika MPa. Žaluziové klapky se používají ve čtyřhraných kanálech větších průřezů, protože vyžadují menší ovládací moment. Jejich regulační charakteristika je méně příznivá než charakteristika jednolistových klapek.



Obrázek 10.4: Různé tvary regulačních klapek a jejich charakteristiky