

2.3. Prostředky pro přenos a úpravu signálů

Zdroje informace technických systémů jsou v převážné míře tvořeny výstupními signály snímačů elektricky i neelektricky měřených technických veličin a mají zpravidla analogový charakter, tj. jsou spojité funkce času. Tento signál je třeba převést na jednotný, respektive unifikovaný signál, nutný pro vzájemné propojování prvků řídicích systémů různých výrobců a výkonově upravit pro přenos informace na větší vzdálenosti. V některých případech se signály převodníků transformují pro další zpracování a přenos užitím jiného druhu fyzikálního nosiče signálu. To se realizuje tzv. mezisystémovými převodníky. Jde o převody proudu na napětí či naopak, signálu elektrického na pneumatický či hydraulický nebo právě naopak.

Protože se měřicí a řídicí technika často orientuje na elektronické číslicové zpracování dat, je třeba realizovat převod analogových elektrických veličin na číslicové, což se provádí užitím analogově-číslícových převodníků. Po číslicovém zpracování signálu je v některých případech nutný jejich zpětný převod do analogového tvaru. Ten se provádí užitím číslicově-analogových převodníků.

Pro všechny uvedené funkce musíme proto mít prostředky, které lze rozčlenit do následujících skupin:

- a) prvky pro přenos
- b) signálové a mezisystémové převodníky
- c) analogově-číslícové a číslicově-analogové převodníky

2.3.1. Prostředky pro přenos signálů

Ne každý signál je možno zpracovat v místě jeho vzniku. Proto vzniká požadavek přenést informaci z místa jejího vzniku do místa jejího zpracování, uložení či využití. Použité energii signálu pak budou odpovídat technické prostředky pro přenos signálu i vlastnosti samotného přenosu.

Mechanický signál je přenášen táhly, bowdeny, řemeny různých druhů, ozubenými koly, třecími převody, membránami, vlnovci, písty a podobnými prvky - v podstatě tedy prvky pro přenos výchylky nebo síly. Některé z těchto prvků mohou působit také jako transformátory signálu nebo energie. (Pozor na rozdíl mezi transformátorem energie a zesilovačem - zesilovač má vždy vedle vstupního a výstupního signálu i napájení!). Dosah mechanického signálu, až na některé výjimky (drátový přenos polohy semaforů a závor), je neveliký. Rychlost signálu je značná a obvykle dostatečná. Teplotní vlivy a vůle mohou vnášet chybu výchylky.

Pneumatický a hydraulický signál je přenášen různými typy potrubí a to podle přenášeného tlaku, neboť pneumatický a hydraulický signál mohou snadno přenášet vedle informace také výkon, na rozdíl od elektrického u kterého to není vhodné, a optického signálu u kterého to nepřipadá v úvahu. Pro pneumatiku se používá plastových (PE, perbunan, pryž) nebo kovových potrubí (Al, Cu, nerez). Pro hydrauliku se používá ocelových trubek nebo vysokotlakých pryžových hadic.

Při přenosu pneumatického signálu potrubím dochází ke zpožděním, která jsou často mnohokrát větší než zpoždění přístrojů. Proto je vhodné pouze tam, kde sledovaný systém má sám velké časové konstanty. Pneumatické potrubí je prvek silně nelineární a dává se přednost odměřeným charakteristikám, než teoretickému výpočtu.

Při přenosu hydraulického signálu potrubím působí problémy setrvačné síly (vzhledem k nepatrné stlačitelnosti kapalin a tlaku desítek MPa) pohybujícího se sloupce kapaliny. Při náhlém zastavení průtoku může dojít k rázům, které značně převyšují pevnost potrubí a může také dojít k rezonanci. Hydraulická potrubí se proto volí co nejkratší. Zpoždění signálu zde nehraje takovou roli jako v pneumatice.

Pro přenos **elektrického signálu** na relativně krátké vzdálenosti (řádově km) můžeme aplikovat Kirchhoffovy zákony a návrh nepůsobí žádné zvláštní potíže. Při přenosu na velké vzdálenosti se projevují konečná rychlost šíření, odpor, kapacita a indukčnost vedení. Optimální spojení dvou obvodů nastane tehdy, když výstupní impedance jednoho obvodu je rovna vstupní impedanci obvodu navazujícího. Při srovnání různých provedení vodičů z hlediska jejich odolnosti proti rušivým napětím indukujících se z vnějšku do vodiče se ukazuje, že velikost rušivých napětí je úměrná průřezu vodiče a že stínění vodiče je méně účinné než např. zkroucení vodiče (twist vodič). Nejúčinnější ochranou je kombinace pancéřování (ochrana souvislou kovovou vrstvou - trubkou nebo kovovou „hadicí“) s twist vodičem. Pro přenos signálů s velkým frekvenčním rozsahem se používá různých typů koaxiálních kabelů (jednoduchý koaxiál se např. používá pro svod signálu od TV antény do přijímače). Koaxiální kabel je konstrukcí podobný stíněnému kabelu s tím, že vzdálenost mezi vodivým jádrem a vnějším vodivým pláštěm je přesně definována a dodržována, aby bylo dosaženo potřebné impedance vodiče tak, aby jeho frekvenční vlastnosti byly optimální pro co nejširší pásmo frekvencí. Pro přenos signálu elektromagnetického se používá atmosféry nebo i kosmického prostoru, tj. prostředí, ve kterém se elektromagnetický signál může šířit.

Přenos **optického signálu** je možný atmosférou, vakuem, kosmickým prostorem, nebo především různými typy světlovodů. Přenos pomocí světlovodů se v posledních letech bouřlivě rozvíjí a s ním i nový obor optoelektronika. Zvláštnosti přenosu informace pomocí světla vyplývají z odlišnosti mezi signálem elektrickým a optickým. Zásadně rozdílné jsou především nositelé signálu. U optického přenosu to jsou neutrální fotony,

kteří na sebe vzájemně nepůsobí, zatímco elektrony kolem sebe vyvolávají elektrická a magnetická pole, která jsou příčinou různých parazitních vazeb a rušení.

Optickými spoji lze přenášet signál v analogové nebo diskrétní podobě. Optické záření je při tom možné modulovat téměř všemi známými způsoby modulace: amplitudově, frekvenčně, fázově, změnou polarizace, popř. různými kombinacemi těchto způsobů.

Charakteru optického signálu a možnostem jeho zpracování odpovídá nejlépe přenos číslicového binárního signálu. Pro přenos optických signálů se používají zvláštní kódy konstruované s ohledem na specifické vlastnosti přenosu.

Přenos analogového signálu optickým spojem je obtížnější než přenos číslicový. Požadavky na odstup signálu od šumu u analogového přenosu jsou podstatně přísnější (40 až 60 dB) na rozdíl od spojů číslicových (20 dB).

Ze světlovodů jsou nejpoužívanější plastová nebo optická (vysoká kvalita, velké vzdálenosti) vlákna. Při přenosu světla vlákny se využívá principu totálního odrazu světla na rozhraní skla a okolí, nebo postupného lomu světla k ose vlákna.

Optická vlákna mají celou řadu výhod daných jejich charakteristickými a aplikačními možnostmi. Používají se v širším měřítku od konce 90. let. Blokové schéma uspořádání optického přenosu je na obr. 42. Přenos optickým kanálem může být analogový nebo diskrétní (převážně číslicový). Vlastnosti optických světlovodů jsou dány mimo jiné jejich propustností pro přenášenou vlnovou délku optického paprsku (rozhoduje o vzdálenosti opakovači) a jejich mechanickou pevností, která umožňuje jejich montáž a provozování i při mechanickém namáhání.

Optická vlákna dělíme podle konstrukce (tj. následných vlastností přenosu) na skleněná vlákna *jednovidová (jednomódová)* a *mnohovidová*, a vlákna *plastová*.

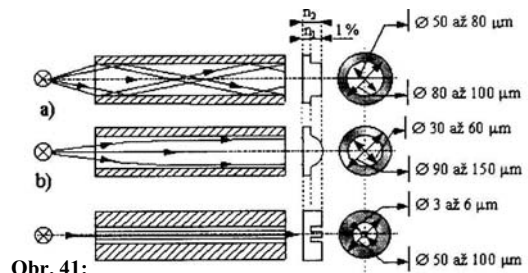
Jednovidová vlákna (jeden vid = jedna cesta) jsou velmi tenká a tak mají velmi malý úhel odrazu paprsků a jejich velkou rovnoběžnost a tedy velmi malé rozdíly délky dráhy, kterou musí jednotlivé paprsky urazit. To vede k malé pulzní rozptylové konstantě a tedy k malému útlumu i vysoké propustnosti tohoto světlovodu (útlum 1 - 5 dB/km, $\Delta F > 40$ Mhz). Používají se pro přenos na velké vzdálenosti (vzdálenost opakovačů signálu i přes 40 km).

Mnohovidová vlákna (vlákna mohou mít mnoho drah = velká disperze) jsou konstruována buď se skokovou změnou indexu lomu od osy vlákna k okraji, nebo se spojitou (gradientní) změnou indexu lomu. Používají se pro přenos na malé vzdálenosti. Vlákna se skokovou změnou indexu lomu mají průměr až 500 μm (vlastní optické jádro kabelu), útlum 40 dB/km a $\Delta F = 6 - 25$ MHz. Vlákna s gradientní konstrukcí mají průměr 30 až 60 μm , útlum 2 až 10 dB/km a $\Delta F = 0,15 - 2$ MHz. Používají se pro přenos na vzdálenosti řádově km až desítky km.

Plastová vlákna mají průměr kolem 1 mm, jejich $\Delta F < 20$ Mhz. Mohou přenést značný světelný tok a jsou laciná.

Základní přednosti optických přenosových vláken jsou:

- Velká přenosová šířka vyplývající z použité nosné frekvence optického záření v rozmezí 800 nm až 1500 nm, při poměrně malém útlumu.
- Imunita vůči elektromagnetickým polím. Systémy není nutné ověřovat z hlediska elektromagnetické kompatibility.
- Interferenční imunita zabraňuje přeslechům z metalických ale i optických přenosových cest umístěných v blízkosti optického vlákna. Je imunní na statickou interferenci světla, elektrických motorů i ostatních zdrojů rušivého signálu.
- Odolnost proti žíravinám. Optické kabely jsou odolné proti chemickým sloučeninám. Jsou proto vhodné do chemických provozů a všude tam, kde je vysoká koncentrace vodních par se zvýšenou teplotou.
- Přenášení i malého množství energie. Ačkoli účinnost světelných zdrojů LED je řádově 10^{-2} až 10^{-3} , postačuje vyzářená světelná energie pro přenos. Přenosem nedochází k zahřívání kabelu jako u klasických metalických přenosových cest.
- Explosní imunita. I při dlouhodobém používání a zestárnutí optického kabelu, nebo jeho destrukci, nehrozí v provozu s jakýmkoli nebezpečím výbuchu, žádné nebezpečí způsobení exploze.
- Teplota okolního prostředí může být podstatně vyšší než u klasických metalických kabelů. Teplotu, pro kterou se kabel může použít, určuje obal a plášť kabelu, nikoli jádro kabelu.

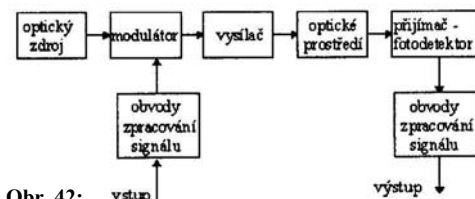


Obr. 41:

Obr. 4.4 Přenos optického signálu vlákny:

a) mnohovidový s využitím totálního odrazu,

b) mnohovidový s využitím postupného lomu (gradientní průběh indexu lomu), c) jednovidový



Obr. 42:

Obr. 4.5 Základní struktura optického kanálu

- Snazší a lacinější instalace proti metalickým kabelům. Ačkoli je sklovina pro optická vlákna velmi pevná, udává se pevnost v tahu až 6000 N/mm^2 , je absolutní pevnost vzhledem k průměru jádra poměrně malá. Jádro se zpevňuje například kevlarovými vlákny. Takový kabel může být namáhán podstatně větším tahem při instalaci než metalické kabely. Optické kabely se instalují do stávajících kabelových kanálů bez velkých obtíží.
- Malé rozměry a hmotnost. Optickým vláknům nemohou z hlediska rozměrů konkurovat žádné metalické kabely. Celkový objem kabelu z převážné části vyplňuje nárazníková výplňová hmota, kevlarové nebo ocelové jádro a obal kabelu.
- Vysoká kvalita přenosu. Je v podstatě nemožné rušit přenosovou cestu z vnějšího prostředí. Je nemožný odposlech.
- Nízká cena je určena především cenou skloviny ve srovnání s mědí. I když požadavky na sklovinu z hlediska čistoty jsou vysoké, její spotřeba je minimální. Cena jednovláknového kabelu je srovnatelná s kabelem koaxiálním. Parametry optického kabelu, např. šířka přenosového pásma, jsou podstatně vyšší.

Nevýhody:

- Radiace. Optické vlákno ozářením nukleární energií tmavne a zvětšuje se jeho útlum. Děj je nevratný.
- Nevodivost. Vlákno je nevodivé, což je za určitých podmínek výhodou. Současně je to však nevýhoda, protože vlákno nepřenáší napájecí energii. Srovnáme-li například klasickou telefonní linku, může být telefonní přístroj napájen po této lince. V případě optického spojení by musel telefonní přístroj být napájen ze zvláštního zdroje.
- Absorbce vodíku. Molekuly vodíku difundují do optického vlákna a způsobují jeho útlum.
- Vysoká cena pro malý přenosový výkon. Pro krátké vzdálenosti a malé přenosové rychlosti je optické vlákno s vysílačem a přijímačem dražší než metalický kabel.
- Mechanické namáhání. Při zapouzdření do konektorů se nemohou jednotlivá vlákna mechanicky namáhat a ohýbat na malém poloměru.

Úprava signálů

Při přenosu signálu na větší vzdálenosti dochází ke změně poměru mezi energií signálu a šumu ve prospěch šumu (útlum signálu a integrace šumu), a proto je třeba obnovit energii, popř. i tvar signálu. Proto se na dlouhá analogová vedení musí zařazovat **zesilovače**, které po určité vzdálenosti, dané především útlumem signálu, opět signál zesílí na původní velikost. Obdobně pro signál diskretní se do vedení zařazují tzv. **tvárovací** (či obnovovací) signálu, které obnoví původní obdélníkový tvar i amplitudu diskretního signálu, např. impulsního nebo číslicového. Tvarovače musí být na vedení rozmístěny v takových vzdálenostech, aby se amplituda signálu po projití této vzdálenosti nezmenšila pod hodnotu vstupní citlivosti tvarovače. Naopak vstupní citlivost tvarovače je záměrně zmenšena, aby se předešlo reagování tvarovače na náhodný vstupní šum. Pro rozdílné vlastnosti zesilovačů a tvarovačů nelze bez dalších úprav posílat analogovými vedeními signály diskretní a naopak diskretními vedeními signály analogové.

Při přenosu se signál zatíží šumem a je proto třeba tento šum od signálu oddělit, jindy je zase třeba od sebe oddělit užitečné signály, které jsou přenášeny stejnou trasou ve stejném čase na různých přenosových frekvencích. K tomu se používají **filtry**. Podle cíle zpracování a vztahu signálu a šumu ve zpracovávaném signálu pak rozeznáváme různé druhy filtrů. Filtry mohou být analogové nebo číslicové a tvoří významnou a rozsáhlou část teorie signálů.

2.3.2. Převodníky

Řídicí systémy a objekty řízení se skládají z různých součástí, přístrojů a zařízení, mezi nimiž probíhá neustále výměna informace prostřednictvím nosičů informace - **signálů**. Protože principy činnosti jednotlivých členů jsou různé, je třeba pro zabezpečování komunikace mezi jednotlivými členy přizpůsobovat (upravovat) výstupní signály předcházejícího členu na signály, které lze dále zpracovat v následujícím členu. Tuto funkci plní zařízení, která nazýváme **převodníky**.

Převodník se umísťuje mezi dvě zařízení a umožňuje jejich komunikaci. Mění jednu fyzikální veličinu na jinou, kterou je možné dále zpracovat. Požadavky na vlastnosti převodníků jsou podobné jako u snímačů, jen často přibývá požadavek galvanického oddělení výstupního signálu od vstupních obvodů.

Základní rozdělení převodníků podle charakteru vstupní a výstupní veličiny je následující:

- převodníky neelektrických veličin
- převodníky elektrických veličin: elektricko-elektrické, analogově číslicové a číslicově analogové
- mezisystémové: elektricko-hydraulické, elektricko-pneumatické

2.3.2.1. Převodníky neelektrických veličin

jsou určeny ke změně neelektrických signálů měřených snímači na unifikovaný elektrický signál, vhodný k dalšímu zpracování. Skládají se tedy ze snímače neelektrické veličiny a z elektricko-elektrického převodníku.

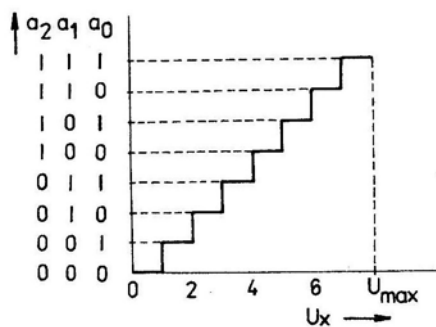
2.3.2.2. Elektricko-elektrické převodníky

jsou určeny k měření a převodu střídavého i stejnosměrného napětí a proudu, činného a jalového výkonu a frekvence na unifikovaný analogový stejnosměrný proudový signál 0 až 5 mA, 0 až 10 mA, 4 až 20 mA. Dále se používají na převod malých stejnosměrných napětí a proudů na unifikovaný napěťový nebo proudový signál.

Samostatnou skupinu tvoří členy pro galvanické oddělení obvodů od řídicích obvodů, jako např. oddělovací transformátory, spínači a optoelektronické součástky.

Analogově číslicový převodník

Diskrétní systémy, jako jsou např. číslicové počítače, zpracovávají dvouhodnotové signály. Chceme-li takovým počítačem zpracovat signály, které přicházejí z okolního prostředí ve formě spojitě se měnících fyzikálních veličin snímaných snímačem, musí vstupní zařízení počítače obsahovat analogově číslicový převodník (převodník A/Č).



Obr. 41: Převodní charakteristika A/Č převodníku

Převodník A/Č mění spojitě se měnící (analogový) vstupní signál na odpovídající výstupní číslicový signál v určitém kódu. Slouží ke kvantitativnímu vyjádření velikosti vstupní veličiny pomocí čísel. Funkce takového převodníku je zřejmá ze statické převodní charakteristiky. Při převodu vznikne číslicový signál diskrétní v čase i amplitudě. Diskretizace signálu v čase se realizuje pravidelným časovým vyhodnocováním okamžité hodnoty analogového signálu, což nazýváme *vzorkování*. V určitém časovém okamžiku se zjistí hodnota analogové veličiny a až do dalšího zjištění se považuje její hodnota za konstantní. Tímto postupem vzniká chyba, která se však zvyšováním frekvence vzorkování zmenšuje. Diskretizace signálu v amplitudě se nazývá *kvantování*.

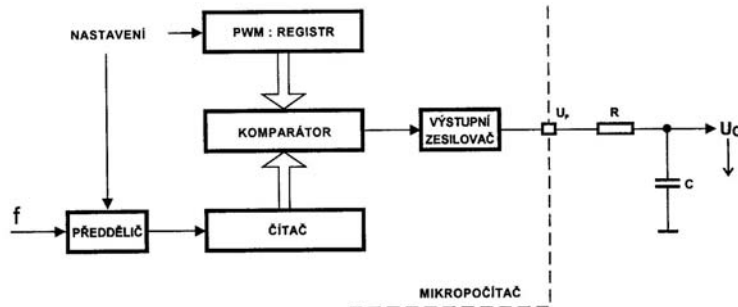
Každá z hodnot kvantovaného signálu může být vyjádřena číslicovým kódem. Číslicový údaj na výstupu převodníku A/Č má nejčastěji formu "počet impulsů úměrný analogové veličině" nebo přímo formu dvouhodnotového vícebitového signálu, kódového slova složeného jen z hodnot 0 a 1. Podstata činnosti převodníků A/Č je různá. zabezpečení měření stejnosměrných napětí obou polarit.

Číslicově analogový převodník

Potřebujeme-li výstupní informaci z číslicového systému dále zpracovat, ve spojitém, tj. analogovém tvaru, musíme použít číslicově analogový převodník (převodník Č/A). Ten mění zakódovaný číslicový signál na odpovídající úroveň analogové veličiny - nejčastěji stejnosměrného napětí nebo proudu. Hodnotám 0,1 jednotlivých bitů vstupního čísla odpovídají stavy vypnuto resp. zapnuto odpovídajících spínačů převodníku.

PWM

Mezi nejjednodušší postupy převodu číslicové informace na analogový signál patří převod pomocí **šířkové modulace impulsů** (pulse-width modulation - PWM). Číslicový pulzní šířkově modulovaný signál je možné prostřednictvím jednoduchého filtru RC převést na analogový signál (viz obr. 54). Číslicový signál, který je na výstupu mikropočítače, má konstantní napěťovou úroveň pro logickou hodnotu "1" – U_{p1} a konstantní napěťovou úroveň pro logickou hodnotu "0" – U_{p0} . Při době periody T se mění poměr doby T1, v níž je signál v úrovni "1", a doby T2 s úrovní "0".

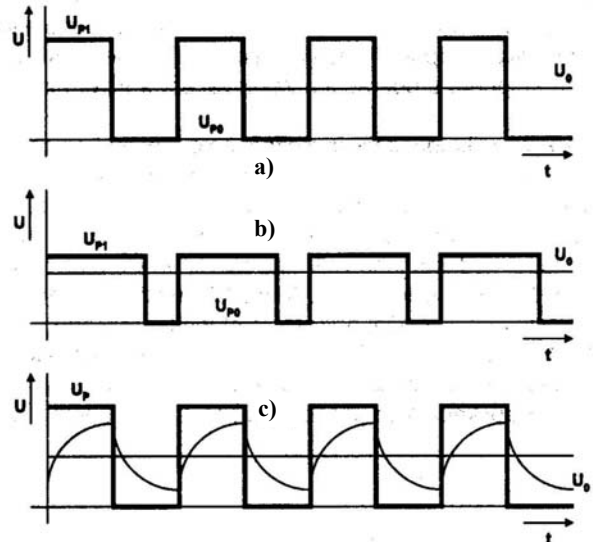


Obr. 54: D/A převod pomocí PWM

napětíových úrovních mikropočítače. Nejsou-li konstantní nebo nejsou-li definovány, používá se výstupní signál jako řídicí pro analogový přepínač, který přepíná dva zdroje referenčního napětí na filtr. Sériový odpor vnitřního obvodu v mikropočítači nemá na převod podstatný vliv.

PWM výstup monolitického mikropočítače je možné realizovat buď programově nebo technickým vybavením (je-li součástí monolitického mikropočítače). Programově se generují impulzy na některém výstupu mikropočítače. Technické prostředky jsou nejčastěji tvořeny programovatelným čítačem, u něhož je možné nastavit kmitočet pro generování periody T a zadat hodnotu jeho vnitřního stavu, při které se mění výstupní logická úroveň. Je-li např. čítač osmibitový - tzn. že má 256 možných stavů - znamená překlápěcí úroveň 128 nastavení poloviční hodnoty výstupního rozsahu.

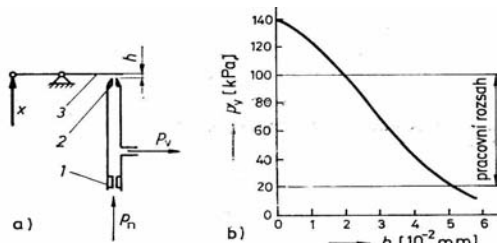
Průběhy napětí pro dva případy signálů jsou na obr. 55a a obr. 55b. Podmínkou pro správnou činnost filtru je, aby časová konstanta článku RC byla značně větší než doba periody T . Jestliže nebude splněna tato podmínka, filtr nevyhladí dostatečně výstupní napětí a to bude sledovat části exponenciálního průběhu nabíjecí a vybíjecí křivky kondenzátoru (viz obr. 55c). Výstupní napětí U_o závisí také na výstupních



Obr. 55: Průběhy napětí D/A převodu pomocí PWM

2.3.2.3. Pneumatické převodníky

Převodník tryska-klapka. Nejobvyklejší provedení tohoto typu převodníku je schematicky naznačeno na obr. 56a. Skládá se z clony 1, trysky 2 a klapky 3.

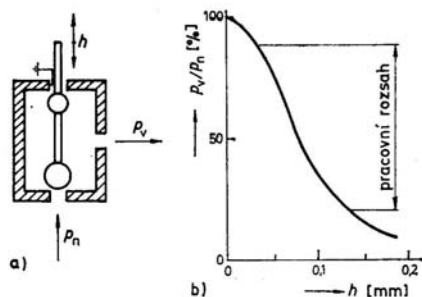


Obr. 56: Převodník tryska - klapka

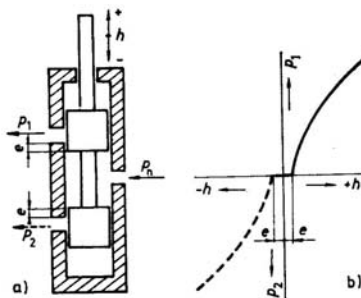
Napájecí vzduch s tlakem $p_n = 140$ kPa proudí přes clonu 1 tryskou 2 do ovzduší. Volnému průtoku tryskou 2 do ovzduší brání klapka, jejíž poloha je nejčastěji ovládána snímačem. Doléhá-li klapka zcela na trysku, představuje tryska nekonečný odpor, tlak p_v na výstupu je roven tlaku napájecímu. S rostoucí odlehlostí h se odpor trysky zmenšuje, tím se snižuje výstupní tlak p_v , až se při určité odlehlosti a blíží tlaku atmosférickému. Statická charakteristika uvedeného převodníku vykazuje v pracovní

části nelineárnost a navíc jistou nestabilitu, způsobenou např. kolísáním napájecího tlaku, vůlí v mechanismech apod. Tam kde chceme dosáhnout přesné lineární závislosti, doplňujeme převodník zpětnou vazbou.

Převodník dvojkuličkový (obr. 57). Pracuje jako mechanicky ovládaný dělič tlaku. Je-li ventilek ve spodní poloze, uzavírá přítok napájecího tlaku p_n a výtok do ovzduší je zcela otevřen, takže $E_v = 0$. V opačné poloze je uzavřen výtok do ovzduší a na výstupu bude tlak $p_v = p_n$. Plynulou změnou polohy se dosahuje i plynulé změny výstupního tlaku v rozmezí $0 \leq p_v \leq p_n$. Na rozdíl od převodníku tryska-klapka je vhodný především pro větší výkonová zesílení.



Obr. 57 Převodník dvojkuličkový



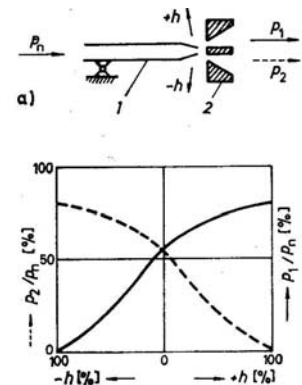
Obr. 58 Převodník šoupátkový

Převodník šoupátkový

(obr. 58). Používá se často ve spojení s pneumatickými a hydraulickými pístovými servomotory. Vstupním signálem je zdvih šoupátka h , výstupním signálem rozdíl tlaku ve výstupních

kanálech $\Delta p = p_1 - p_2$. Tento převodník se používá pro větší průtočná množství. Jeho nevýhodou je určitá necitlivost v okolí střední polohy, která je způsobena překrytím šoupátka e.

Převodník tryskový (obr. 59). Skládá se z trysky 1 a rozdělovače 2. Otočně uložená tryska je ovládána ústrojím vstupní veličiny. Kapalina s tlakem p_n se přivádí k ústí trysky, ve kterém se mění tlaková energie kapaliny v energii pohybovou. Kapalina vytéká velkou rychlostí z trysky a podle její polohy zasahuje více nebo méně některý z kanálků. V kuželovitěm kanálku rozdělovače dochází k přeměně pohybové energie v energii tlakovou. Je zřejmé, že ve střední poloze trysky ($h = 0$) jsou oba tlaky p_1, p_2 stejné a dosahují asi 56 % napájecího tlaku. Jestliže trysku vychýlíme tak daleko, že proud oleje zasáhne jeden z kanálků rozdělovače naplno, kdežto druhý jím nebude zasahován vůbec, dostoupí tlak v plně zasazeném kanálku svého maxima ($0,8p_n$) a ve druhém tlak zcela zanikne. Na rozdíl od šoupátkového převodníku stačí k přestavení trysky poměrně malá síla. Rovněž i jeho citlivost je lepší.



Obr. 59 Převodník tryskový

ZESILOVAČE

Při zpracovávání signálů ze snímačů a při realizaci řídicích obvodů potřebujeme vhodné zesilovače. Jako zesilovač se chová každé zařízení, které umožňuje vstupním signálem nízké úrovně ovládat výstupní signál vyšší úrovně, dodávaný z napájecího zdroje. Poměr obou signálů se nazývá zesílení. Za zesilovače lze v širším slova smyslu považovat i většinu převodníků, dříve uvedených.

Druhy zesilovačů a jejich význam

Podle druhu napájecí energie rozlišujeme zesilovače pneumatické, hydraulické a elektrické.

Pneumatické zesilovače zpracovávají tlak vzduchu. Vyznačují se poměrnou jednoduchostí, nízkou cenou a velkou odolností proti nepříznivým provozním podmínkám, jako jsou vysoké teploty, vlhkost, výbušnost apod. Nevýhodou je stlačitelnost vzduchu, která způsobuje pružnost systému a tím i nevhodné dynamické vlastnosti. Pro dálkový přenos a při spolupráci s elektrickými systémy se používají pneumaticko-elektrické a elektricko-pneumatické převodníky.

Hydraulické zesilovače jsou napájeny tlakovou kapalinou, která zároveň dokonale maže a chladí mechanismy zesilovačů. Výhodně se uplatňuje nestlačitelnost kapaliny: Hydraulické zesilovače se vyznačují velmi dobrými dynamickými vlastnostmi a velkými přestavnými silami. Mají velmi dobrou provozní spolehlivost a umožňují využití v nejtěžších provozních podmínkách, např. v chemickém a hutnickém průmyslu, při regulaci parních turbín, v letectví a raketové technice apod.

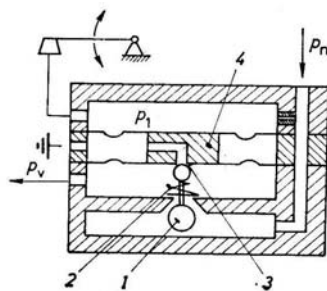
Velký význam mají elektrické zesilovače. Podle zesilované veličiny je můžeme dělit na zesilovače napětí, proudů a výkonu. Podle fyzikálního principu realizace je dělíme na zesilovače elektromechanické, magnetické a elektronické a polovodičové.

Podle způsobu zpracování vstupního signálu rozlišujeme zesilovače spojitě a nespojitě. Každý druh zesilovače má své charakteristické vlastnosti. Volba druhu zesilovače závisí na požadovaných vlastnostech zesilovače.

Kromě všeobecných technických a provozních vlastností, hodnotíme typový výkon zesilovače, velikost a stálost zesílení, které představuje proporcionální přenosovou konstantu zesilovače, citlivost, lineárnost statické přenosové charakteristiky, frekvenční rozsah, vznik rušivých signálů a schopnost činnosti v určitých klimatických podmínkách.

Pneumatické zesilovače

Rozlišujeme nespojitě pneumatické zesilovače, které se používají pro realizaci ovládacích obvodů a



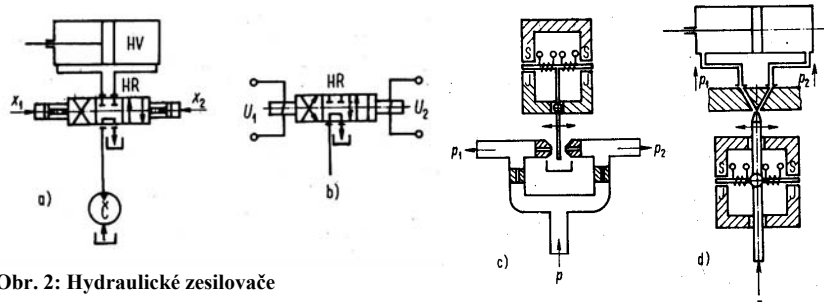
Obr. 1: Pneumatický zesilovač

obvodů pro provádění logických operací a spojitě zesilovače, používané při realizaci analogových převodníků a spojitých regulátorů. Jako spojitý zesilovač je možné použít převodník tryska – klapka, pokud na jeho vstup připojíme vlnovec nebo membránu.

Pneumatický zesilovač (obr. 1). Ladicím prvkem pneumatického zesilovače je dvojkuličkový ventil 1, který se pružinkou 2 přitlačuje do sedla 3. Zdvih ventilu je ovládan tuhým středem dvojmembrány 4. V horní komoře je vstupní tlak zesilovače p_1 , který je laděn převodníkem tryska-klapka, na spodní stranu dvojmembrány působí výstupní tlak p_v . Vzhledem k tomu že činné polohy obou membrán jsou stejné, ustálí se dvojmembránový systém v rovnovážném stavu pouze v případě $p_v = p_1$. Zvýší-li se tlak p_1 , vychýlí se membránový střed směrem dolů a ventil pootočí proud napájecího vzduchu natolik, že se oba tlaky opět vyrovnají. Obdobně pracuje zesilovač při snížení tlaku p_1 . Závěrem lze říci, že výstupní tlak sleduje přesně změny tlaku na vstupu.

Hydraulické zesilovače

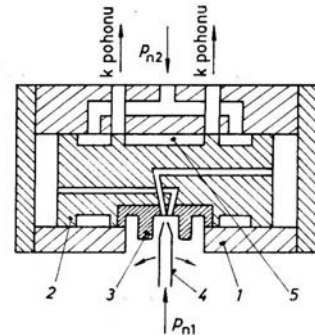
Nespojité hydraulické zesilovače se používají při realizaci základních logických funkcí. Jsou to zařízení, která umožňují otevírání a hrazení proudu kapaliny. Na rozdíl od pneumatických systémů musí být ve vypnutém stavu zajištěn odvod převodního tlaku



Obr. 2: Hydraulické zesilovače

- a) dvoucestný hydraulický rozváděč b) elektrohydraulický rozváděč
c) spoj. zes. soustavy ladička-tryska d) spoj. zes. s výkyvnou tryskou

kapaliny zpět do zásobníku tlakové kapaliny. Proto se k logickému řízení používají dvoucestné ventily (obr. 2a; b). Ventily (hydraulické rozváděče) HR se řídí buď tlakovou kapalinou (obr. 2a); nebo pomocí elektromagnetů (obr. 2b). V takovém případě tvoří hydraulický rozváděč elektrohydraulický převodník, umožňující návaznost na elektrický logický obvod. Jiný typ hydraulického zesilovače je uveden na obr. 3). Hydraulický zesilovač je tvořen tělesem 1, v jehož dutině se pohybuje přesně zabroušené šoupátko 2. Rozdělovací vložka 3, která prochází podélnou drážkou v tělese, zamezuje natočení šoupátka kolem jeho osy. Ve vložce jsou dva otvory, obdobně jako u tryskového převodníku, v jejichž ose je umístěno ústí trysky. Každý z navrtaných otvorů ústí na jedné čelní straně šoupátka. Těleso zesilovače je opatřeno šroubeními pro připojení tlakového oleje a dvěma vývody k dvojčinnému pohonu.



Obr. 3: Hydraulický zesilovač

Spojité hydraulické zesilovače se používají především pro regulační účely. Jsou to opět tryskové zesilovače. Používá se buď systém ladička-tryska (obr. 2c), nebo výkyvná tryska (obr. 2d). Jde o diferenciální zesilovače. V základní (nulové) poloze ladičky nebo pohyblivé trysky jsou oba výstupní tlaky p_1 a p_2 stejné: Změnou jejich polohy se vždy jeden tlak zvyšuje a druhý snižuje. Poloha ladičky nebo pohyblivé trysky se ovládá buď mechanicky (např. snímačem), nebo elektricky (elektrickým servopohonem, tvořeným polarizovaným elektromagnetem). Zesilovač pak může pracovat jako elektrohydraulický převodník.

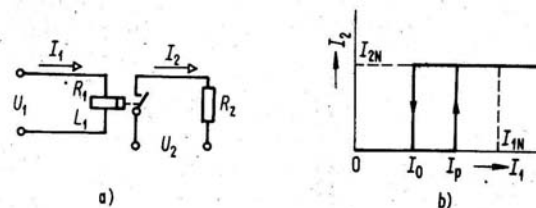
Pro hydraulické řídicí systémy je typická hybridní realizace. Vstupní část, která zpracovává signály, bývá elektrická a výstupní výkonová část je hydraulická. Pro zajištění dobrých dynamických vlastností řídicího systému bývá elektrická část realizována elektronickými (polovodičovými) obvody.

Elektromechanické zesilovače

Elektromechanické zesilovače mají elektrický vstupní i výstupní signál. Jejich přenos mechanicky zprostředkovává pohyblivá část s pohybem nespojitým (přímočarým) nebo spojitým (rotačním).

Druhy relé. Rozlišujeme relé elektromechanická s cívkou na stejnosměrný nebo střídavý proud, relé polarizovaná, relé magnetoelektrická apod. Dobré dynamické vlastnosti a velkou spolehlivost má elektromagnetické jazýčkové relé (obr. 3a). Nemá žádnou kotvu a pohybují se pouze magneticky vodivé kontakty, jestliže je zmagnetizujeme. Kontakty jsou zataveny ve skleněné trubičce, takže nepodléhají vlivu znečištění a oxidování. Výkonovým elektromechanickým nespojitým zesilovačem je stykač. Stykače se konstruují pro spínání velkých proudů. Oblouk mezi kontakty se obvykle zhasíná elektromagnetickými zhasínacími komorami.

Relé a stykače se používají zejména při realizaci ovládacích obvodů a při nespojitě regulaci. V některých aplikacích se nahrazují polovodičovými spínacími obvody, které mají lepší dynamické vlastnosti a delší život.

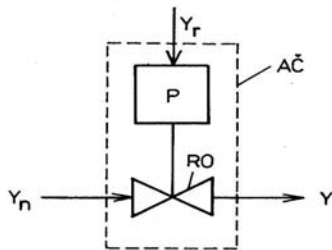


Obr. 3: Relé jako zesilovač; a) zapojení, b) statická charakteristika

AKČNÍ ČLENY (výstupní členy)

Aby řízený objekt dosáhl žádaného stavu (žádaného chování), musí řídicí systém aktivně a cílově (podle algoritmu) ovlivňovat vstupní veličiny řízeného objektu. V praxi to znamená řídit, tj. zvětšovat nebo zmenšovat toky látek a energií vstupujících do technologického procesu pomocí akčních členů.

Akční člen je výstupní člen řídicího obvodu. Je to funkční člen, který bezprostředně přenáší působení řídicích zařízení na technologický proces. Řídicí zásahy provádí změnami akční veličiny, což je většinou přívod energie do soustavy. Řízení se pak provádí dávkováním napájecí energie. Akční člen musí být výkonově dimenzován na maximální příkon soustavy a musí navíc přenášet dynamické převýšení akční veličiny.



Obr. 6: Struktura akčního členu
P – pohon, RO – regulační orgán,
 Y_n – vstup látky a energie, Y_r – opravná veličina, Y – akční veličina

Přímé nastavení velikosti přítoku vstupních látek, surovin a energie do řízeného objektu realizuje část akčního členu (obr. 6), kterou nazýváme regulační orgán (RO) – *Zařízení pro ovládání toku hmoty nebo energie systémem, tj. průtoku kapalin, plynů a par, sypkých hmot, el. proudu, světelného a magn. toku aj.* Regulační orgán ovládá pohon P, který dodává energii potřebnou k přestavení regulačního orgánu. *Pohon je tedy zařízení, které převádí signály z ústředních členů regulačního obvodu (členů pro zpracování informace) na výchylku konající požadovanou práci s požadovaným výkonem.* Blokové schéma akčního členu je na obr. 6. Hodnotu výstupní veličiny akčního členu - akční veličinu Y, která je současně vstupní veličinou řízeného objektu, nastavuje pohon na základě opravné veličiny Y. Ta přichází z řídicího systému a obsahuje základní řídicí informaci o požadovaném nastavení regulačního orgánu.

Ne vždy však je možné rozdělit akční člen na pohon a regulační orgán. V případě ovládání toku některých energií, jako např. elektromagnetické, světelné, akustické apod. se většinou používá regulačních orgánů, které nejsou ovládány pohybem, a proto také nepoužívají pohonů. Zvláště u regulace elektrických veličin pomocí zesilovačů (transduktorů, tranzistorů, tyristorů a triaků) se nepoužívá motorická jednotka a výkonový zesilovač nahrazuje celý akční člen. Také u přímočinných regulátorů je obtížné rozlišit jednotlivé funkce, které povětšinou splývají (např. bimetalický regulátor teploty je tvořen bimetalem, který je zároveň čidlem, regulátorem, pohonem i akčním členem). Podle toho, zda akční člen mění akční veličinu spojitě (plynule) nebo nespojitě (nejčastěji jen mezi dvěma stavy maximum-minimum), rozlišujeme akční členy spojitě a nespojitě.

Pohony mohou být pneumatické, hydraulické a elektrické. Protože výstupní signál pohonu je pohyb, většinou řízený zpětnovazebním obvodem, nazýváme tento celek servopohonem. Kromě samotného pohonu, zpětnovazebního obvodu a převodovky je servopohon často vybaven koncovými spínači k určení krajních poloh a odporovým vysílačem nastavené polohy, kterým vysílá řídicímu systému informaci o skutečném stavu. Konstrukční uspořádání servopohonu má vždy obsahovat také řešení ručního nouzového otevření nebo zavření regulačního orgánu.

Akční členy se často vyrábějí v jednom konstrukčním celku. Znamená to, že ventil obsahuje také vlastní pohon. Regulační orgány nejčastěji používané pro ovládání elektrického proudu a napětí jsou regulační rezistory,

Regulační orgány		Pohony	
1. Elektrické		elektromagnetický	
regulační rezistor			
regulační transformátor			
tranzistor		elektromotorický:	
tyristor		- stejnosměrný motor	
kontakt stykače		- dvoufázový motor	
kontakt relé		- trojfázový motor	
		- krokový motor	
2. Pneumatické		membránový	
klapka			
ventil			
šoupě		pístový	
3. Hydraulické		pístový	
ventil			
šoupě		křídlový	
4. Příklad			

Obr. 7: Přehled charakteristických prvků akčních členů

transformátory, tranzistory, tyristory, stykače a různé druhy řízených výkonových zesilovačů. K ovládání průtoku tlakového vzduchu a tlakového oleje se používají různé klapky, ventily, šoupata apod. Přehled charakteristických prvků akčních členů je uveden v tabulce na obr. 7.

Při řízení procesů jsou na pohony kladeny tyto požadavky:

1. přímočarý pohyb pro ovládání polohy regulačních ventilů a šoupátek v rozsahu řádově 10 až 100 mm (u šoupátek i více) při silách 100N až 100 MN (u šoupátek méně);

2. úhlové vychýlení mechanismu pro ovládání škrticích klapek, žaluzií, kohoutů a pod. s rozsahy úhlů 90 až 270° a kroutících momentech od 10 do 10 000 Nm;

3. otáčivý pohyb (až desítky otočení) např. pro ovládání šoupátek U pohonů se mohou používat tato přídatná zařízení:

1. zařízení pro definování chování pohonu v případě výpadku napájecí energie (např. dosažení předepsané polohy, brzda) - zajištění tzv. pasivní bezpečnosti;

2. zařízení pro ruční ovládání regulačního orgánu;

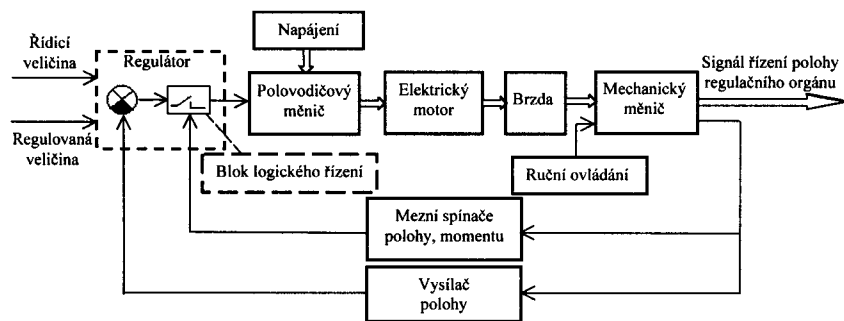
3. vysílač skutečné polohy regulačního orgánu (pro ruční ovládání nebo pro vytvoření zpětné vazby - hlavně u elektrických pohonů);

4. u elektrických pohonů koncové spínače (polohové nebo momentové)

Elektrické pohony

Základním prvkem elektrického pohonu je elektrický motor. Jeho vlastnosti však obvykle nevyhovují po všech stránkách činností, které vyplývají z funkce pohonu regulačního orgánu. Proto je třeba elektrický motor (většinou s výjimkou krokových motorů) vybavit dalšími prvky, které jednak

upraví jeho vlastnosti, jednak jej ochrání proti poškození (obr. 8). Pro přizpůsobení jeho momentové charakteristiky zatěžovací charakteristice ovládaného systému musí být použita převodovka. Při nesamosvorné převodovce, u třípolohové regulace a ovládání, musí být systém ještě vybaven brzdou. Pro zlepšení přesnosti regulace se ještě někdy vybavují nespojitě řízené pohony elektrickým dobržďováním (krátkodobý signál opačného směru). Pro ochranu motoru před chodem nakrátko (při zastavení pohybu spálení), musí být použity koncové nebo momentové vypínače. Pro možnost dálkově sledovat polohu pohonu, popř. pro možnost ovládání spojitě polohy výstupního členu pohonu, jsou pohony vybaveny vysílači polohy. Na obr. 8 jsou blokově znázorněny základní části elektrického pohonu.



Obr. 8: Základní části elektrického pohonu ventilů