

**STŘEDNÍ ŠKOLA ELEKTROTECHNICKÁ,
OSTRAVA, NA JÍZDÁRNĚ 30, p. o.**

AUTOMATIZACE

OBSAH

1. ZÁKLADNÍ POJMY AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ	1
2. TEORIE AUTOMATIZACE	5
2.1. Regulované soustavy	5
2.1.1. Statické regulované soustavy	6
2.1.2. Astatické regulované soustavy	7
2.2. Regulátory	8
2.2.1. Lineární regulátory	8
2.2.2. Použití lineárních regulátorů	12
2.2.3. Nelineární regulátory	14
2.2.4. Spojité regulátory	14
2.2.5. Nespojité regulátory	14
2.2.6. Číslicové regulátory	15
3. PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	16
3.1.1. Definice, účel, cíle a principy projektového řízení	16
3.1.2. Různé pohledy na automatizaci při jejím návrhu a projektu	17
3.1.3. Životní fáze projektu	18
3.1.4. Identifikační list projektu	19
4. SNÍMAČE NEELEKTRICKÝCH VELIČIN	20
4.1. Snímače polohy	20
4.1.1. Odporové snímače polohy spojitě	20
4.1.2. Odporové snímače polohy nespojitě	22
4.1.3. Kapacitní snímače polohy	22
4.1.4. Indukčnostní snímače polohy	24
4.1.5. Indukční snímače polohy	27
4.1.6. Optické snímače polohy	28
4.1.7. Ultrazvukové snímače polohy	30
4.2. Snímače úhlu natočení	30
4.3. Snímače výšky hladiny	31

4.3.1.	Snímače pro nespojité měření výšky hladiny.....	32
4.3.2.	Snímače pro spojité měření hladiny.....	32
4.4.	Snímače průtoku tekutin.....	33
4.5.	Snímače otáček.....	37
4.5.1.	Mechanické otáčkoměry	37
4.5.2.	Spojité indukční otáčkoměry.....	37
	Impulzní otáčkoměry.....	38
4.5.3.	Stroboskopický otáčkoměr	39
4.6.	Snímače tlaku (síly).....	39
4.6.1.	Kapalinové tlakoměry	40
4.6.2.	Deformační tlakoměry.....	40
4.7.	Snímače síly (tlaku).....	41
4.7.1.	Piezoelektrický snímač.....	41
4.7.2.	Tenzometrické snímače síly	42
4.7.3.	Magnetické snímače síly	43
4.8.	Snímače teploty	43
4.8.1.	Snímače pro dotykové měření teploty.....	44
4.8.2.	Snímače pro bezdotykové měření teploty	47
5.	SERVOMOTORY	48
5.1.	Základní pojmy	48
5.2.	Elektrické pohony	48
5.2.1.	AC servomotory	49
5.2.2.	Segmentové synchronní servomotory	49
5.2.3.	Elektrické centrální zamykání automobilu.....	49
5.3.	Pneumatické pohony	50
5.3.1.	Jeden z druhů pneumatických pohonů je membránový pohon.	51
5.4.	Hydraulické pohony	52
6.	SIGNÁLOVÉ A MEZISYSTÉMOVÉ PŘEVODNÍKY	52
6.1.	Pneumatický vysílač hladiny.....	53

6.2. Mezisystémové převodníky.....	54
6.2.1. E-P převodník (elektropneumatický)	54
6.2.2. P-E převodník (pneumatickoelektrický)	54
6.2.3. E-H převodník (elektrohydraulický)	55
7. SIGNALIZACE	55
7.1. Detekce zaplavení prostoru nebo překročení povolené výšky vodní hladiny	56
7.2. Indikace požárního poplachu při úniku plynů	56
7.3. Detekce rozbití skleněných ploch	56
7.4. Elektronický řídicí systém v dopravě s automatickou signalizací pro elektrické stavění tramvajových výhybek a signalizaci	57
7.5. Řídicí automatika AD1 - řídicí a kontrolní zařízení pro systémy dvoupotrubního centrálního mazání s mazacími přístroji.....	58
8. ZAPISOVAČE	59
8.1. Bodový zapisovač	59
8.2. Liniový zapisovač	60
8.3. Další vývoj zapisovačů.....	60
8.4. Obrazovkové zapisovače.....	61

1. ZÁKLADNÍ POJMY AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ

Mechanizace je zavádění mechanizačních prostředků do lidské činnosti při které tyto prostředky nahrazují člověka jako zdroj energie ale ne jako zdroj řízení.

Automatizace je vyšší stupeň mechanizace při které však alespoň část řídicí a kontrolní práce vykonávají stroje či přístroje samy.

Kybernetika je vědní obor o řízení a přenosu informace ve strojích a živých organismech. Zahrnuje společnou teorii pro mnoho vědních oborů (matematika, logika). Kybernetika odhalila některé společné zákony které platí ve všech těchto oborech např. teorii zpětné vazby. Zkoumání společných zákonů v chování živých organismů a počítačů přispělo na jedné straně k rychlejšímu rozvoji těchto počítačů, na straně druhé umožnilo zkoumat a pochopit některé pochody v psychologii člověka a přispělo tak k léčbě některých psychických poruch.

Technická kybernetika je to část kybernetiky zabývající se řízením technických prostředků (strojů a zařízení), přenosem informace mezi nimi i mezi nimi a člověkem a zpracováváním informací.

Informace je obecně údaj (číslo, písmeno, slovo, obrázek, zvuk apod.), který je přenášen sdělovacím kanálem. Nositelem informace v technické kybernetice je signál.

Množství informace je číslo které vyjadřuje míru množství údajů, jeho hodnota se dá vyjádřit pomocí jednotek množství informace (bity, Byty).

Zdroj informace je ta část zařízení ve které vzniká vlastní signál, který je obecně

Signál lze popsat jako hmotný nosič zprávy určený k přenosu v konkrétním prostředí, nejčastěji se používá elektrický signál, charakterizovaný nějakou elektrickou veličinou (el. proud, napětí, odpor, kapacita...), můžeme se však setkat i se signály pneumatickými, hydraulickými nebo mechanickými. Každý signál je obecně definován kvalitou, důležitostí a spolehlivostí přenášené informace.

Informační (měronosný) signál slouží k přenosu informací o hodnotách měřených veličin

Řídicí signál ovládá přenos informačních signálů, řídí činnost jednotlivých funkčních jednotek systému podle programu a určuje pravidla přístupu informačních dat na sběrnici. Jsou jednosměrné a do funkčních jednotek pouze vstupují.

Stavový signál nese informaci o stavu systému a jednotlivých funkčních jednotek systému.

Sdělovací kanál je ta část zařízení, která přenáší signál od jeho zdroje až k zobrazení výsledků.

Pravděpodobnost s jakou přijatý signál na konci kanálu odpovídá vyslanému signálu na začátku kanálu je určena kvalitou přenosu. Pro přenos na velké vzdálenosti je nutné použít složitější kódování informace a použít na straně zdroje informace modulátor ,na straně zapisovače pak demodulátor. Přenosem informací na velké vzdálenosti se zabývá zvláštní obor technické kybernetiky zvaný *telemechanika*.

Kanál soubor prostředků umožňující jednosměrný přenos informace.

Okruh je pár vzájemně přiřazených protisměrných kanálů pro obousměrnou komunikaci.

Simplexní přenos informace je aplikován v předem určeném směru

Duplexní přenos informace je provozován současně v obou směrech

Poloduplexní přenos zprávy je provozován střídavě v jednom nebo v druhém směru

System je obecně soubor členů mezi, kterými jsou definovány vztahy neboli vazby. Každý z těchto členů má jistou přesně definovanou funkci (každý z členů se může skládat z dalších dílčích členů). Systémy složené ze spojitých členů se používají ve spojitých regulátorech, systém z logických členů v logických automatech a systémy z číslicových členů v počítačích. Jednotlivé členy systému musí vyhovovat těmto požadavkům:

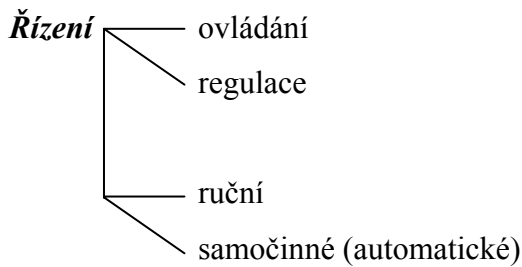
- vstupní a výstupní obvody musí být přizpůsobeny pro jeden nebo několik jednoduchých signálů stejného druhu a velikosti, aby bylo možno jednotlivé členy systému spojovat.
- musí mít jednotné zapojení
- musí mít jednotné konstrukční a spojovací prvky
- měli by mít možnost programování
- měli by mít možnost připojení dalších členů do systému

Algoritmus je účelně zvolený postup vedoucí k vyřešení všech úkolů daného typu. Podle požadovaného algoritmu se tedy zařazují jednotlivé členy systému. Existují však i systémy, které se změnou algoritmu změní i pracovní postup.

Automatická řídicí zařízení rozdělují se do tří skupin:

- *ovládací automatická zařízení* - vykonávají samočinně daný úkol bez zásahu člověka, ale nekontrolují zda danou činnost provedly (nemají zpětnou vazbu).
- *regulační automatická zařízení* - samočinně udržují vlastnosti daného procesu v určitých mezích pomocí zpětné vazby. Udržují tedy určitou fyzikální veličinu na požadované hodnotě, ale v případě poruchy pouze signalizují odchylku popřípadě zařízení vypnou a je nutný zásah člověka.

- *kybernetická zařízení* - tato zařízení již nejen samočinně řídí ale i sama volí podmínky a způsob činnosti zařízení s cílem dosažení optimálních výsledků. Kybernetická zařízení se v podstatě dělí na *extremální* regulátory, které samy mění velikost regulované veličiny podle zadaného optimalizačního kritéria a *adaptivní* regulátory, které jsou schopny měnit algoritmus řízení tak, aby se i při náhlých změnách regulované soustavy vždy dosáhlo optimálního průběhu celého probíhajícího procesu.



Ovládání - je řízení bez zpětné vazby.

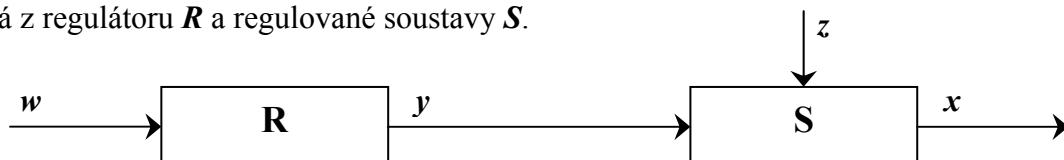
Regulace - je udržování velikosti některé fyzikální veličiny na požadované hodnotě pomocí zpětné vazby.

Ruční řízení - některým z členů ovládacího nebo regulačního systému je člověk

Samočinné (automatické) řízení - veškerá činnost je prováděna bez zásahu člověka.

Ovládací obvod (regulační obvod ovládacích automatizačních zařízení)

Ovládání se uskutečňuje v tzv. ovládacím obvodě (otevřeném regulačním obvodě), který se skládá z regulátoru **R** a regulované soustavy **S**.



w - vstupní veličina

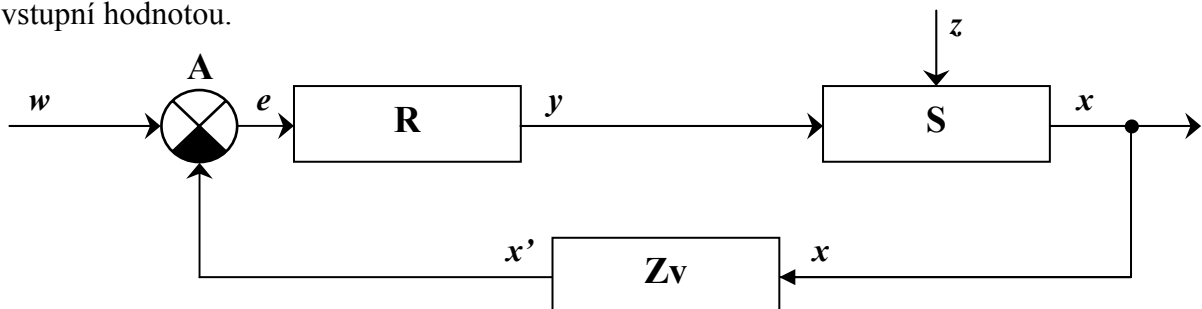
y - akční veličina

x - výstupní veličina

z - poruchová veličina

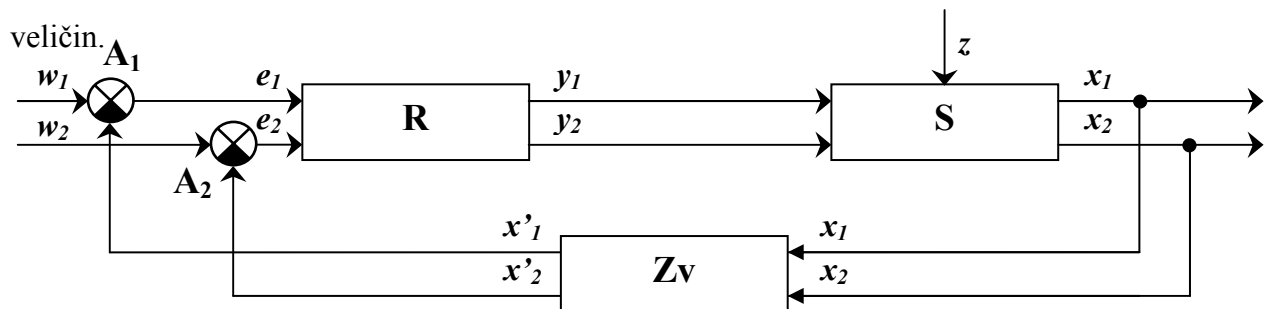
Regulační obvod

Odstraňuje nevýhodou otevřeného regulačního obvodu (nemožnost reagovat na poruchové stavy) trvalou kontrolou činnosti, tedy porovnáváním výsledné hodnoty s požadovanou vstupní hodnotou.



V případě poruchy v regulované soustavě je pomocí zpětné vazby informován regulátor, který se buď této poruše přizpůsobí (u kybernetických zařízení) nebo signalizuje poruchový stav a zařízení vypne (regulační automatická zařízení). Uzavřený regulační obvod se skládá z regulátoru R , regulované soustavy S a zpětné vazby Zv . Zařízení udržuje výstupní veličinu x na požadované hodnotě a tato hodnota se zároveň zpětnou vazbou přenáší do porovnávacího členu A , kde se odečítá od řídicí veličiny w a vzniklá regulační odchylka e je přiváděna do regulátoru R . Ten upravuje akční veličinu y tak, aby regulační odchylka byla co nejmenší.

Regulační obvod může být i více parametrový – může regulovat nezávisle na sobě i více veličin.



Automatické ovládání vyznačuje se tím, že řídicí zásah není upravován působením zpětné vazby. Druhy automatického ovládání:

a) *Ovládání programové* - u tohoto ovládání probíhá celý proces podle předem stanoveného programu, který je časově omezen. Program je tvořen například časovým relé, hodinovým strojkem, programem počítače, otáčející se vačkou apod. Po skončení programu se zařízení buď vypne nebo se vrátí do výchozí polohy pro opakování celého programu. Příkladem programového ovládání je činnost automatické pračky.

b) *Ovládání následné* - toto ovládání není časově závislé, jedna operace může začít až, když skončí operace předchozí. Toto ovládání se využívá například při rozběhu pásů pro dopravu materiálu nebo u rozběhu motorů, které mají proměnlivou zátěž na hřídeli. Je to například i rozběh indukčního motoru s rozběhovým vinutím, které se při určitých otáčkách odpojí a připojí se teprve až po vypnutí motoru.

Automatická regulace - vyznačuje se tím že obvod je uzavřen zpětnou vazbou to znamená že si sám zpětně kontroluje skutečnou velikost regulované veličiny a porovnává ji s veličinou řídicí a na základě tohoto porovnání mění velikost akční veličiny.

Druhy automatické regulace:

a) *Regulace programová* - probíhá podle stanoveného programu, ale na rozdíl od ovládnání má vlastní kontrolu. Je-li to regulace pouze jedné veličiny je to regulace jednoparametrová při více veličinách několikaparametrová

b) *Regulace vlečná* – provádí se neznáme-li časovou závislost regulované veličiny můžeme regulaci provést pokud známe závislost regulované veličiny na některé jiné veličině v soustavě. Je to například regulace přívodu plynu podle naměřené teploty v peci, regulace vytápění místnosti podle teploty v prostoru atd..

c) *Regulace na konstantní hodnotu* -je taková regulace u které se snažíme udržovat veličinu na stále stejné hodnotě. Například otáčky motoru při proměnném zatížení, udržování teploty v peci atd.

2. TEORIE AUTOMATIZACE

2.1. Regulovalé soustavy

Regulované soustavy jsou technologická popřípadě i jiná zařízení v nichž se uskutečňuje automatické regulace (nádrž na kapalinu v níž se reguluje výška hladiny, pec ve které se reguluje teplota, apod.). Na vstup soustavy se přivádí akční veličina y na výstupu pak vzniká regulovaná veličina x . Pro posouzení regulované soustavy jsou důležité její statické a dynamické vlastnosti. Ty se určují podle odezvy výstupní veličiny x na vstupní veličinu y . Podle časového průběhu regulované veličiny x mohou nastat dva případy. V prvním případě se regulovaná veličina x sama ustálí na nové hodnotě a tyto soustavy se pak nazývají statické soustavy, neboli soustavy se samoregulací. V druhém případě kdy v soustavě nedojde k samostatnému ustálení na nové hodnotě se pak nazývá soustava astatická, neboli soustava bez samoregulace.

U některých regulovaných soustav dochází k tomu, že změna akční veličiny začne na regulovanou soustavu působit teprve až s určitým časovým zpožděním, které nazýváme dopravní zpoždění.

Při zjišťování dynamických vlastností regulované soustavy se používá přesně určená změna akční veličiny a jedná se buď o změnu skokovou nebo o periodickou sinusovou změnu.

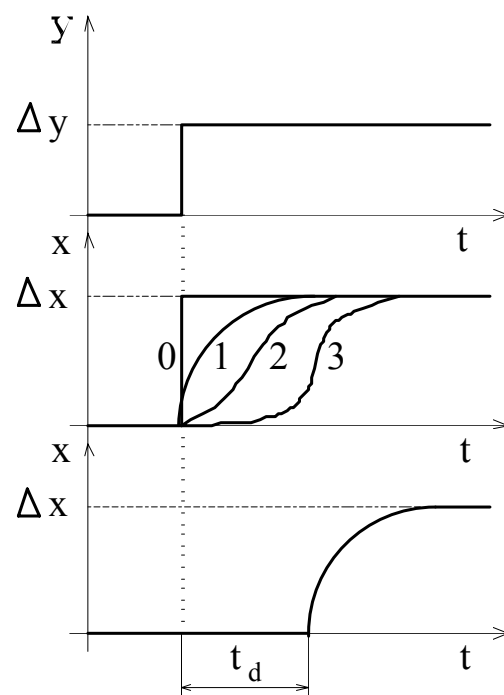
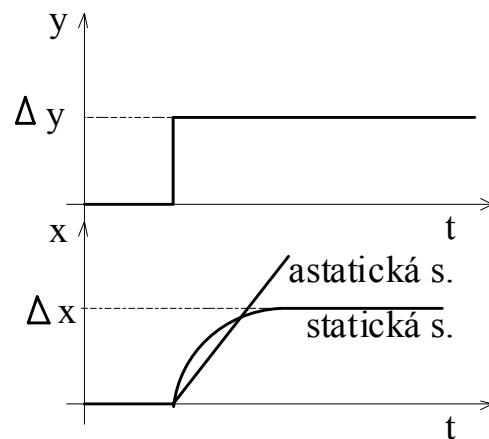
Odezva výstupní veličiny na vstupní změnu akční veličiny se pak nazývá přechodová charakteristika. Pro naše studium vystačíme s posouzením dynamických vlastností pouze na základě skokové změny veličiny y na vstupu do soustavy.

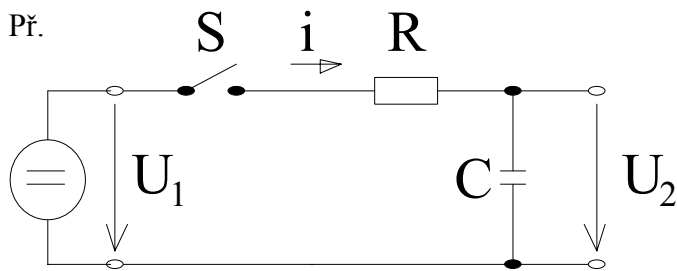
Druhým určujícím parametrem soustavy je její zesílení, to je dáno poměrem změny výstupního signálu ku změně vstupního signálu v ustáleném stavu. Zesílení soustavy je nezávislé na čase a popisuje statickou charakteristiku soustavy.

2.1.1. Statické regulované soustavy

Mají samoregulační vlastnosti to znamená, že po změně vstupní veličiny se výstupní veličina po určité době ustálí na nové hodnotě. Tvar přechodové charakteristiky je dán složitostí regulované soustavy a z hlediska regulace je důležité časové zpoždění signálu při průchodu soustavou. To závisí na počtu časových konstant soustavy. Jedná-li se o soustavu s jednou kapacitou tedy jednodukapacitní soustavu, mluvíme o soustavě prvního řádu, která se vyznačuje jednou časovou konstantou. Soustava druhého řádu má dvě časové konstanty atd. V případě, kdy regulovaná soustava začne reagovat na změnu akční veličiny až po určité době nazýváme soustavu s dopravním zpožděním (například nádrž na vodu, kde je voda přiváděna potrubím, nebo zásobník na uhlí kam je uhlí dopravováno pásovým dopravníkem).

V elektrických soustavách může nastat i možnost soustavy nultého řádu, kdy na skokovou změnu akční veličiny y , se výstupní veličina x změní též skokově. Častější je však soustava prvního řádu, která po skokové změně akční veličiny bude výstupní veličinu měnit exponenciálně (viz následující příklad). Ještě čtenější jsou soustavy druhého a vyšších řádů, které reagují na vstupní skokovou změnu aperiodicky, přičemž čím bude vyšší řád soustavy, tím delší čas bude zapotřebí pro ustálení soustavy (tím déle bude trvat přechodový stav) a tím strmější bude nárůst střední části výstupní charakteristiky. Soustavy druhého a vyšších řádů jsou proto hůře regulovatelné, přičemž nejnepříznivějším případem jsou soustavy se stejnými časovými konstantami.





Sepneme-li spínač S začne obvodem procházet proud i který se časem bude zmenšovat jelikož na kondenzátoru bude narůstat napětí U_2 (kondenzátor se bude nabíjet). Napíšeme-li rovnici pro tento obvod

dle II. KZ ve tvaru $Ri + U_2 - U_1 = 0$ a dosadíme-li za nabíjecí proud kondenzátoru

$i_c = C \frac{dU_2}{dt}$, dostaneme lineární diferenciální rovnici prvního řádu s konstantními součiniteli

ve tvaru $\tau \frac{dU_2}{dt} + U_2 - U_1 = 0$, kde $\tau = RC$.

Řešením této rovnice je exponenciálně narůstající napětí na kondenzátoru $U_2 = U_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$.

Vydělíme-li celou rovnici napětím dostaneme rovnici v bezrozměrném tvaru platnou pro

jakékoliv soustavy (nejen elektrické) $\Delta x = \Delta y \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$, kde Δy je (skoková) změna na vstupu

do soustavy a Δx je změna výstupní veličiny.

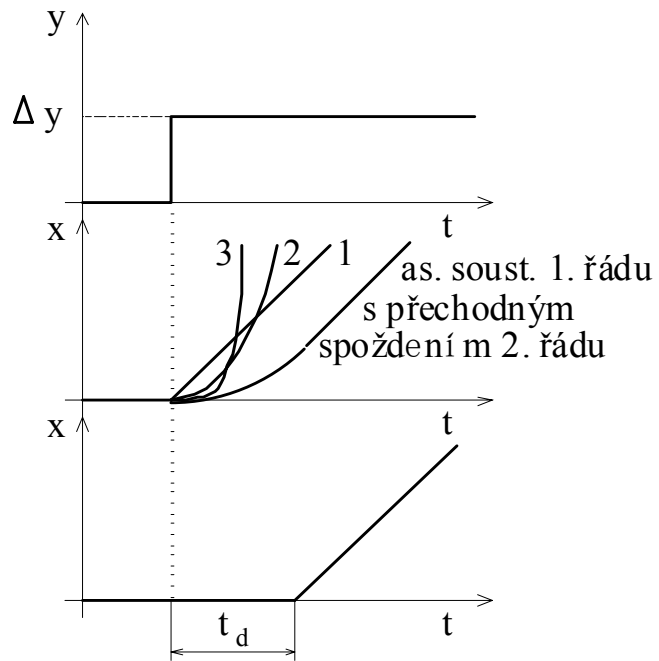
Dalším parametrem je statická charakteristika soustavy daná jejím zesílením $k = \frac{U_2}{U_1}$, nebo

v bezrozměrném tvaru $k = \frac{\Delta x}{\Delta y}$.

2.1.2. Astatické regulované soustavy

Nemají samoregulační vlastnosti, tedy při změně vstupní veličiny se výstupní veličina sama na nové hodnotě neustálí. Opět rozlišujeme astatické soustavy podle počtu časových konstant na soustavy: nultého, prvního, druhého a vyšších řádů. Nejobvyklejší je soustava prvního řádu jejíž přechodová charakteristika je v přechodovém tvaru vyjádřena rovnicí $\Delta x = \Delta y \cdot$ at

Přechodové charakteristiky astatických soustav vyšších řádů vznikají složením astatických soustav prvního řádu a mají tvar paraboly druhého, třetího či vyššího stupně. Je-li soustava složena z několika statických a alespoň jedné astatické soustavy má celá soustava charakter astatické soustavy. Taková soustava se pak nazývá astatická soustava m -tého řádu (kde m je součet řádů astatických soustav) s přechodným zpožděním n -tého řádu (kde n je počet časových konstant statických členů).



2.2. Regulátory

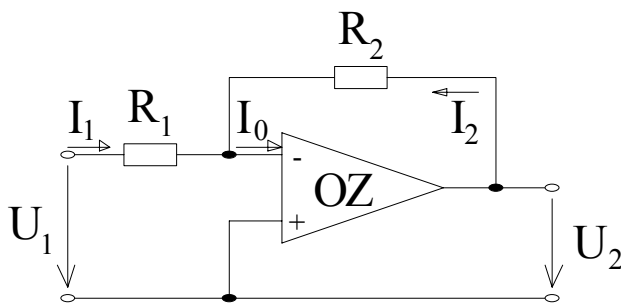
Regulátor doplňuje regulační soustavu na regulační obvod, přičemž jeho činnost spočívá v řízení velikosti akční veličiny takovým způsobem, aby regulovaná veličina byla udržována na požadované hodnotě. Součástí regulačního obvodu je vždy zpětná vazba, proto se často pojmem regulátor myslí nejen ústřední člen regulátoru R, ale i jeho spojení se zpětnou vazbou ZV. Regulátory jsou v regulační obvodu zapojeny vždy tak, že působí jako záporná zpětná vazba. Jelikož regulované soustavy mají různé statické a dynamické vlastnosti je nutné regulátory vyrábět jako universální tedy tak, že jejich vlastnosti jsou v určitých mezích nastavitelné.

Regulátory dělíme podle různých vlastností, např. podle toho v jakém tvaru zpracovávají signál se dělí na analogové a číslicové, podle regulačních vlastností je dělíme na lineární a nelineární, podle spojitosti signálu na spojitý a nespojitý podle konstrukce se dělí na přímé a nepřímé a v neposlední řadě je pak dělíme podle pomocné energie na regulátory elektrické, mechanické, pneumatické a hydraulické.

2.2.1. Lineární regulátory

Podle statických a dynamických vlastností rozdělujeme lineární regulátory na proporcionální, integrační, derivační a kombinace proporcionálního regulátoru s integračním, derivačním nebo integračním i derivačním. Nejčastěji se používají zapojení elektrického regulátoru s operačním zesilovačem.

Proporcionální regulátor (P regulátor)



Je nejjednodušším typem regulátoru, u kterého je změna výstupního signálu (to jest akční veličiny) přímo úměrná (proporcionální) změně vstupního signálu (to jest regulované veličiny nebo regulační odchylky). Jeho statická

charakteristika je určena zesílením $k_p = \frac{\Delta y}{\Delta w}$, kde Δy je změna akční veličiny na výstupu

regulátoru a Δw změna vstupní veličiny. V případě elektrického regulátoru s operačním zesilovačem je pak statická charakteristika dána poměrem výstupního napětí ku napětí

vstupnímu $k_p = \frac{U_2}{U_1}$. Z I. KZ pro uzel $I_1 + I_2 - I_0 = 0$ a za předpokladu, že $I_0 \rightarrow 0$ (OZ má

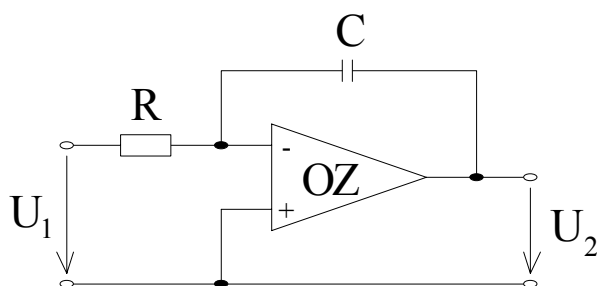
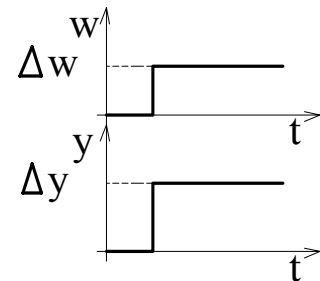
velký vstupní odpor), dostaneme vztah: $I_1 = -I_2$. Jelikož $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$ a $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$, pak

$$\frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_2}{R_2} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = k_p = -\frac{R_2}{R_1}.$$

Dynamická charakteristika je dána časovým průběhem výstupní veličiny regulátoru y v závislosti na předem definované (nejčastěji skokové) změně vstupní veličiny w

($\Delta y = k_p \cdot \Delta w = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \Delta w$, i když je zesílení záporné –

invertující zapojení – kreslíme charakteristiku v kladném smyslu).

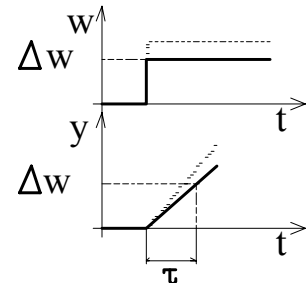


Integrační regulátor (I regulátor)

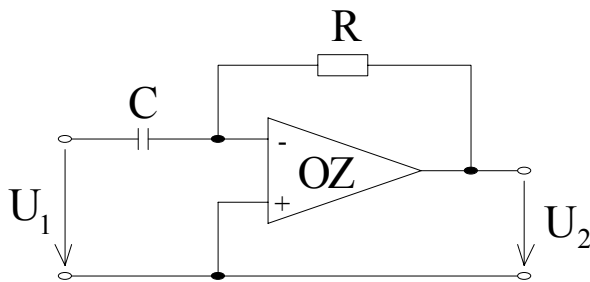
Statickou charakteristiku odvodíme stejně jako u proporcionálního regulátoru jako poměr výstupního a vstupního napětí a po úpravě jako poměr ohmických odporů pasivních součástek na výstupu a vstupu obvodu regulátoru $k_p = -\frac{X_C}{R}$, úpravou

pak dostaneme $k_p = -\frac{1}{2\pi fRC} = -\frac{1}{\omega \cdot \tau_i}$, kde $\omega = 2\pi f$ a $\tau_i = RC$.

Z dynamické charakteristiky je zřejmé, že při skokové změně vstupní veličiny o hodnotu Δw se výstupní (akční) veličina začne měnit stálou rychlostí, tato rychlost změny je přímo úměrná velikosti vstupní veličiny (čím větší bude změna vstupní veličiny, tím strmější bude nárůst akční veličiny). Doba za kterou dosáhne výstupní veličina právě velikost změny vstupní veličiny Δw se nazývá integrační konstanta regulátoru τ (τ_i). Integrační regulátor pracuje bez trvalé regulační odchylky (což může být nevýhoda proporcionalního regulátoru)



Derivační regulátor (D regulátor)

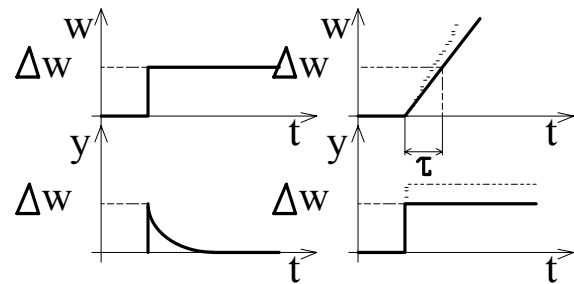


Statická charakteristika je opět dána zesílením ve tvaru

$$k_p = -\frac{R}{X_C} = -\frac{R}{\frac{1}{2\pi fC}} = -2\pi fRC = -\omega \cdot \tau_d.$$

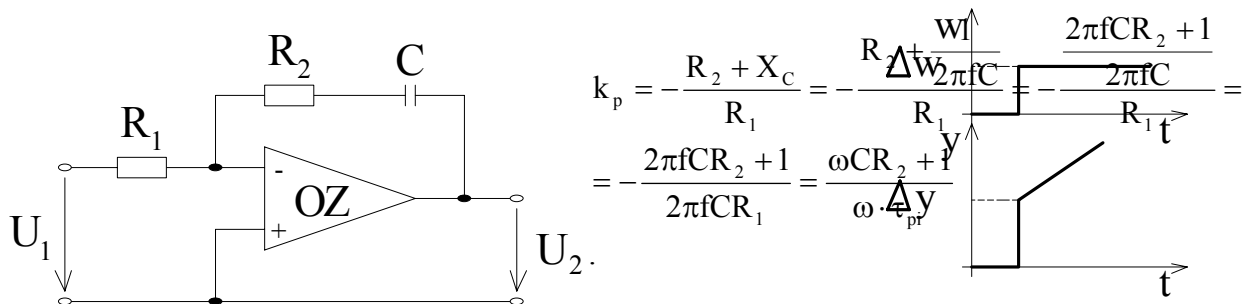
Výstupní signál derivačního regulátoru je

první derivací vstupního signálu a proto mění výstupní veličinu tím více čím rychlejší jsou změny vstupní veličiny. Regulátor, proto účinně zasáhne již při malé změně regulované veličiny, pokud se bude měnit velkou rychlostí. Takový to regulátor při skokové změně vstupní veličiny se po nabití kondenzátoru ustálí na původní hodnotě.



Proto jej posuzujeme a provozujeme se vstupním signálem měnícím se stálou rychlostí a odezvou je pak skoková změna výstupní veličiny. Velikost změny výstupní veličiny je rovna velikosti vstupní veličiny, kterou dosáhne v čase odpovídajícím časové konstantě τ (τ_d). Platí zde tedy, že čím bude strmější nárůst vstupní veličiny, tím větší bude změna výstupní veličiny.

d) Proporcionalně integrační regulátor (PI regulátor)

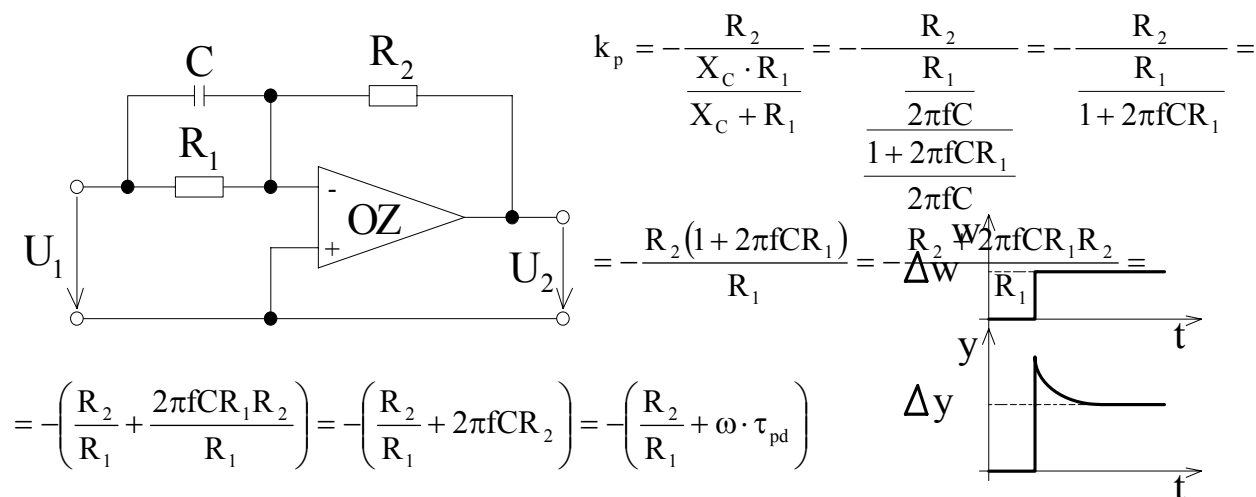


Jedná se o

kombinaci proporcionálního a integračního regulátoru a dynamická charakteristika popisující odezvu na skokovou změnu vstupního signálu je součtem odezev obou regulátorů.

V okamžiku skokové změny na vstupu dojde ke skokové změně na výstupu a výstupní veličina bude nadále narůstat rychlostí odpovídající časové konstantě PI regulátoru $\tau_{pi} = R_1 C$

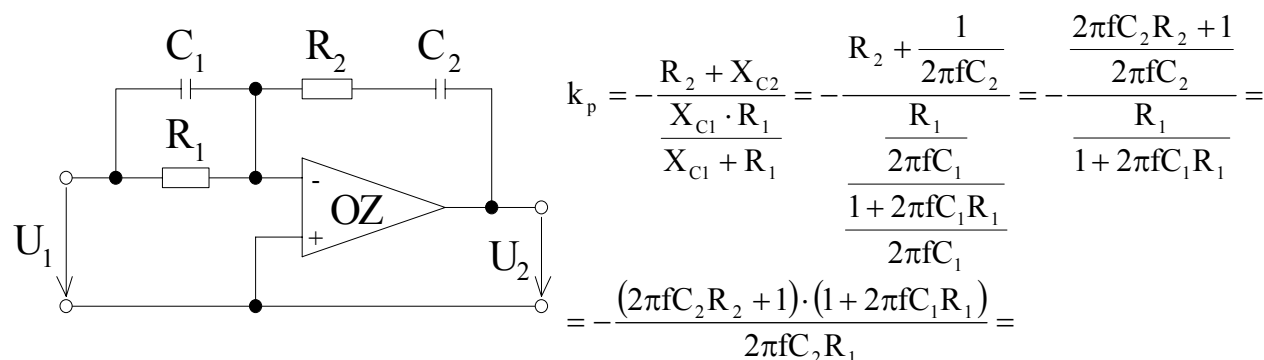
e) *Proporcionálně derivační regulátor (PD regulátor)*



Zde se jedná o kombinaci proporcionálního a derivačního

regulátoru a výstup je opět součtem vstupních veličin (po skokové změně na vstupu se výstup skokově změní o součet změny proporcionálního regulátoru Δy a změny vstupní veličiny Δw a poté se bude s nabíjejícím se kondenzátorem exponenciálně snižovat na hodnotu změny proporcionálního regulátoru).

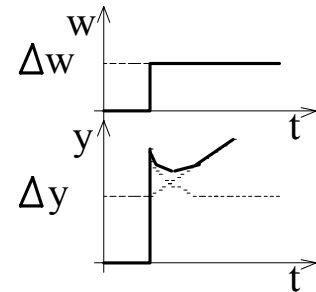
f) *Proporcionálně integračně derivační regulátor (PID regulátor)*



$$= -\frac{(\omega C_2 R_2 + 1) \cdot (1 + \omega C_1 R_1)}{\omega C_2 R_1} = -\frac{\omega C_2 R_2 + \omega^2 C_2 R_2 C_1 R_1 + 1 + \omega C_1 R_1}{\omega C_2 R_1} =$$

$$= -\frac{\omega(C_1 R_1 + C_2 R_2 + \omega \tau_i \tau_d) + 1}{\omega \cdot \tau_i}.$$

Jedná se o kombinaci všech tří typů regulátorů a proto i odezva výstupní veličiny je dána součtem dynamických charakteristik všech tří regulátorů. Dojde tedy nejdříve ke skokové změně odpovídající součtu změny proporcionálního regulátoru Δy a změny vstupní veličiny Δw , poté začne mírně klesat a vzápětí stoupat, nakonec po nabití kondenzátoru C_1 bude akční veličina narůstat strmostí odpovídající integračnímu regulátoru a tedy integrační časové konstantě.



2.2.2. Použití lineárních regulátorů

Regulátor P

Základním a nejpoužívanějším regulátorem je proporcionální regulátor, protože je nejjednodušší. Přesnost regulace závisí na jeho zesílení, které u setrvačných regulovaných soustav může být značné, aniž by hrozila nestabilita. U soustav vyšších řádů je někdy problematické překmitnutí regulované veličiny a proto se překmitnutí zmenšuje snížením zesílení regulátoru, avšak za cenu větší regulační odchylky. Tento regulátor je vhodný i pro astatické soustavy, je-li přípustná trvalá regulační odchylka. Zesílení regulátoru může být hodně vysoké, aniž by hrozila nestabilita nebo překmity regulované veličiny. Proporcionální regulátory nejsou vhodné pro regulované soustavy bez setrvačnosti, neboť již při malém zesílení je systém náchylný k vysokofrekvenčnímu kmitání. Tento nedostatek odstraňujeme umělým zavedením setrvačnosti do regulované soustavy. Například u stabilizátorů napětí se k zátěži připojuje paralelně kondenzátor značné kapacity. K podobnému účelu slouží i Boucherotův člen RC na výstupu nízkofrekvenčních zesilovačů. Regulátor P je dále nevhodný pro regulované soustavy s dopravním zpožděním, neboť již při malém zesílení hrozí rozkmitání.

Regulátor I

Integrační regulátor umožňuje (za určitou dobu) zcela odstranit regulační odchylku. Základní nevýhodou je pokles zesílení se zvyšující se frekvencí, takže regulátor pomalu odstraňuje poruchy. Nehodí se tedy v případech, kdy se vyskytují časté poruchy.

Regulátor I je velmi vhodný pro statické regulované soustavy bez setrvačnosti, jeho zesílení může být velmi vysoké bez nebezpečí rozkmitání. Je vhodný i pro setrvační soustavy 1. řádu,

při poruše však dochází k většímu překmitu regulované veličiny. Regulátor I je nejvhodnější ze všech ostatních typů pro regulaci statických soustav s dopravním zpožděním. U těchto soustav nejvíce hrozí rozkmitání regulačního obvodu a proto musíme nastavit menší zesílení regulátoru. Regulátor I je méně vhodný pro

regulaci soustav vyšších řádů, v nich se lépe uplatní regulátor PI. Nelze jej použít u astatických soustav, neboť regulační obvod je nestabilní.

Regulátor PD

Všeobecně lze konstatovat, že proporcionálně derivační regulátor je vhodný všude tam, kde vyhovuje regulátor P. Jeho předností je větší rychlost regulace, což se projevuje potlačením rychlých překmitů regulované veličiny a zvláště v případech, kdy jsou časté poruchy vstupující do regulované soustavy. Vhodnou volbou časové konstanty je někdy možné snížit řád regulované soustavy, a zvýšit tak stabilitu regulačního obvodu.

Regulátor PI

Proporcionálně integrační regulátor je nejrozšířenějším kombinovaným regulátorem, neboť má téměř univerzální použití. Přitom není příliš složitý. Důvodem obliby regulátoru PI je to, že úplně odstraňuje regulační odchylku, zpravidla vyhovujícím způsobem odstraňuje poruchy vstupující do regulované soustavy a ve většině případů zlepšuje stabilitu regulačního obvodu. Regulátor PI se nejvíce používá při regulaci kmitavých soustav druhého i vyšších řádů. Čím je řád soustavy vyšší, tím více musíme zmenšovat zesílení, popř. zvětšovat integrační časovou konstantu τ_i . Pro statické soustavy s dopravním zpožděním dává lepší výsledky regulátor I. Pro astatické soustavy (a to i s dopravním zpožděním) je regulátor PI vhodný tam, kde se požaduje úplné odstranění regulační odchylky. Jinde je vhodnější regulátor P.

Regulátor PID

Proporcionálně integračně derivační regulátor je vhodný všude tam, kde vyhovuje regulátor PI. Proti regulátoru PI je rychlejší, takže lépe tlumí rychlé překmity regulované veličiny, vstupující zvláště při četných poruchách do regulované soustavy. Z důvodu větší složitosti zapojení, popř. interakce u jednodušších zapojení s korekčním členem a ve zpětnovazebním zapojení, se používá pouze v odůvodněných případech.

Použití regulátorů pro regulaci běžných fyzikálních veličin

- Pro přesnou regulaci teploty je nejvhodnější regulátor PI. V případě četných poruch, např. při častém

- otevírání dvířek pece, je vhodný regulátor PID.
- Pro regulaci výšky hladiny (tj. případ astatické regulované soustavy) dává nejlepší výsledky regulátor PI. Samotný regulátor I je nevhodný, neboť obvod je nestabilní. Při menších nárocích na přesnost regulace vyhoví i regulátor P.
- K regulaci otáček lze použít regulátor P nebo I, pokud regulovaná soustava nemá velkou dobu průtahu, popř. dopravní zpoždění. Nejlepších výsledků dosahuje regulátor PI.
- Pro regulaci tlaku plynů jsou nejvhodnější regulátory PI, popř. PID. Vhodný je regulátor I, při menších nárocích na přesnost lze použít i regulátor P.
- Pro regulaci průtoku kapalin je nejvhodnější regulátor I.
- Pro vlečnou regulaci a servomechanismy je nejvhodnější regulátor PI. Regulátor PID lze použít při vyšších nárocích (zajišťuje rychlejší odezvu).

2.2.3. Nelineární regulátory

Funkce nelineárních regulátorů je závislá na velikosti nebo smyslu vstupní veličiny a v některých případech i výstupní veličiny. Nelineární regulátor jehož funkce je závislá na velikosti regulační odchylky může mít na této hodnotě závislé zesílení nebo velikost časových konstant. Např. zesilovač může s narůstajícím proudem na vstupu zmenšovat zesílení a tedy zmenšovat nárůst proudu na výstupu.

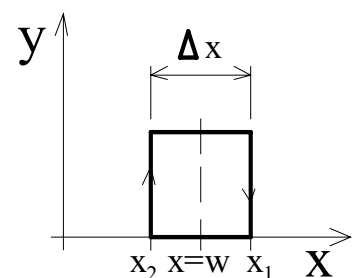
2.2.4. Spojité regulátory

U spojitého regulátoru může jeho výstupní signál nabývat spojitě libovolné hodnoty v celém rozsahu.

2.2.5. Nespojité regulátory

U nespojitých regulátorů nabývá výstupní signál nespojitě omezeného počtu hodnot a v důsledku toho nabývá regulační orgán nespojitě omezeného počtu poloh obvykle dvě nebo tři (dvoupolohové nebo třípolohové regulátory). U jiných druhů nespojitých regulátorů se výstupní signál skládá z mnoha impulsů s proměnlivou frekvencí, šířkou nebo střídou (střída = poměr šířky impulsu a doby kmitu).

Dvoupolohový regulátor je definován tak, že dosáhne-li velikost regulované veličiny x velikosti řídicí veličiny w změní se akční veličina skokem o 100 %. Bude-li však x rychle kolísat kolem w bude regulátor neustále měnit polohu akčního orgánu což je nežádoucí. Tyto regulátory jsou proto zařízeny tak, že mění akční veličinu ze 100 % na nulu až při zvětšení regulované veličiny nad hodnotu x (např. x_1). Změna akční veličiny zpět z nuly na 100 %

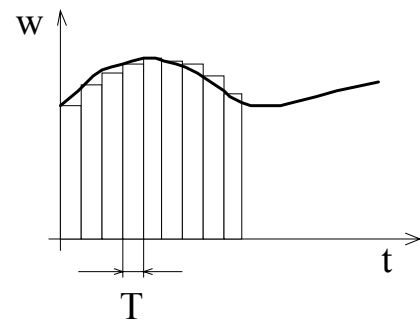


nastává však až po zmenšení regulované veličiny pod x (např. x_2). Rozdíl $\Delta x = x_1 - x_2$ se nazývá hystereze a u některých regulátorů bývá nastavitelný.

Regulace s dvupolohovým regulátorem se vyznačuje tím, že může zaujmout pouze dvě polohy (obvykle bývá zcela otevřen nebo zcela uzavřen) a proto regulovaná veličina trvale kolísá.

2.2.6. Číslicové regulátory

Všechny dosud probrané regulátory jsou regulátory analogové. Regulovaná veličina popřípadě regulační odchylka je analogová veličina tedy zpracování signálu uvnitř regulátoru probíhá nepřetržitě a porovnání řídicí a regulované veličiny probíhá okamžitě. Číslicové regulátory však mohou zpracovávat regulovanou popř. i jinou veličinu pouze v číslicovém tvaru. Proto je nutné veličiny, které jsou měřeny spojitě (analogově) převést na číslicový (digitální) tvar. K tomu slouží analogově číslicový převodník, který bývá zpravidla součástí číslicového regulátoru. Funkce číslicového regulátoru je určena jeho algoritmem (programem) a tento program probíhá postupně. Provádění každé matematické operace vyžaduje určitý čas daný rychlostí počítače a složitostí matematické operace. To znamená, že splnění celého programu v němž regulátor vypočítává ze vstupního signálu hodnotu výstupního signálu proběhne až za určitý časový interval, budou-li se tyto veličiny během výpočtu měnit, jejich změna se uplatní až při dalším výpočetním cyklu.



V porovnání s analogovými regulátory tedy číslicové regulátory neměří vstupní ani výstupní veličiny průběžně pouze je vzorkují (měří jejich hodnoty pouze v určitých okamžicích).

Perioda vzorkování T může být stálá nebo i proměnná v závislosti na změně veličiny. Vždy však musí být delší než délka výpočetního cyklu. Po ukončení výpočtu vstupního signálu regulátoru se jeho velikost uloží do paměti a protože je tento údaj v číslicovém tvaru převede se v číslicově-analogovém převodníku na signál analogový a teprve ten se přivede na výstup regulátoru. Rovnice číslicového regulátoru se v zásadě neliší od rovnic analogových regulátorů.

3. PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

3.1.1. Definice, účel, cíle a principy projektového řízení

Projektové řízení (Project Management) slouží k rozplánování a realizaci složitých, zpravidla jednorázových, akcí. Stručně můžeme projektové řízení také charakterizovat jako účinné a efektivní řízení procesu změn.

Cílem projektového řízení je zajistit, aby požadované změny byly realizovány v souladu se záměrem a přinesly předpokládaný efekt.

Koncepce projektového řízení vychází z poznání, že jakmile rozsah, neobvyklost, složitost, obtížnost a rizikovost projektu přesáhnou určitou míru, je nutno použít adekvátních metod pro řízení celé akce.

Dalším principem, který se opírá o projektové řízení, je princip týmové práce, kdy efektivní společnou prací rozličných specialistů lze vyřešit i velmi složité problémy.

Předmětem projektového řízení je projekt. Pod pojmem „PROJEKT“ obvykle rozumíme neobvyklé záměry pro něž jsou charakteristické následující vlastnosti projektu:

- Jedinečnost a acykličnost průběhu. Každý projekt je svým způsobem výjimečný. Kontinuita, pravidelnost, opakující se činnosti mají svůj odraz v ostatních formách řízení – automatickém, ekonomickém a jiném. Unikátnost projektu je dána jeho účelem a cílovým zaměřením. Nikdy nebudeme realizovat stejný automatizační projekt. Můžeme nasazovat stejný programovatelný automat, ale v jiné firmě, K jinému účelu, v jiné době atd. To však už bude jiný projekt.
- Stanovený termín zahájení, ukončení a přidělený rozpočet. Projekt je proces změn probíhající na nějakém objektu. „Tento proces má svůj začátek a konec, na rozdíl od výrobních a jiných procesů, které mají kontinuální charakter a nemají omezen časový horizont. Navíc se musí při realizaci projektu respektovat přidělené disponibilní zdroje finanční, materiálové, personální a další. To vše v rámci ohraničení projektu, které zahrnuje i prostorové vymezení např. v rámci regionálního území, organizačního uspořádání určité firmy apod.
- Dočasnost projektového týmu sestaveného z pracovníků různých skupin, podniků a institucí, který po ukončení projektu ukončí svoji činnost. Tým je složen ze zástupců zákaznické firmy, zástupců dodavatelských firem, různých specialistů, tedy z pracovníků, kteří reprezentují subjekty, podílející se na návrhu a realizaci změny (/tzv. aktéři změny).

Při automatizaci spolupracují odborníci různých profesí, aby se optimálně zvládly všechny rozličné problémy, které automatizace přináší.

- Vysoká neurčitost spojená s definováním cílů a zejména se způsobem realizace cílů. Přitom tyto cíle jsou stanoveny v prostředí, které samo podléhá změnám a může proto tyto cíle nebo podmínky pro jejich realizaci v průběhu projektu měnit. Většinou se rizika v rámci projektu hodnotí jako dosti vysoká. Musíme si uvědomit, že automatizace může být zaváděna ve firmě, která zvyšuje výrobu a požadavky na produkci automatické linky se mohou v průběhu jejího zavádění měnit. Rovněž může dodavatelská firma v průběhu projektu vyvinout podstatně lepší typ programovacího automatu, který by bylo škoda nevyužít. Apod. Vysoké riziko projektu způsobuje i skutečnost, že projekt představuje složitou akci jak z hlediska řešeného problému, tak z hlediska složité organizace celé akce.
- Opožděná zpětná vazby mezi výsledkem rozhodovacího procesu a vlastním rozhodnutím, přijatým v průběhu projektu. Např. Můžeme vybrat automatické měřicí zařízení, které má nejlepší parametry ze všech nabízených. Po devíti měsících trvání projektu, kdy má dojít k jeho dodávce, výrobní firma náhle zbankrotuje v důsledku velké finanční zpronevěry jejího hlavního pokladníka.

Pokud akce, resp. změna nemá všechny tyto vlastnosti, je nutno zvážit, zde není vhodné využít jen některé principy a metody projektového řízení a neakceptovat projektové řízení v plné šíři.

Uvědomíme-li si složitost, nákladnost a rozsah automatizačních akcí vidíme, že na ně lze v plné šíři aplikovat projektové řízení.

3.1.2. Různé pohledy na automatizaci při jejím návrhu a projektu

PROJEKT – plán a proces zavádění automatizace

NÁVRH – konkrétní řešení jednotlivých bezprostředně použitých automatizačních prostředků resp. Popis celého automatického systému nebo jeho částí.

Návrh (Design)

- Specifikace technicko-ekonomických parametrů
- Nalezení technického řešení jednotlivých funkcí automatizace
- Volba nakupovaných automatizačních prostředků
- Konstrukce atypických automatizačních prvků a prostředků

- Vypracování technické dokumentace (výpočty, výkresy, kusovníky, technické zprávy, náčrtky, popisy)

Projekt (Project)

- Stanovení účelu a cílů automatizace
- Nalezení činností pro realizaci automatizace
- Naplánování dílčích termínů pro jednotlivé činnosti a dílčích nákladů na činnosti
- Stanovení celkových nákladů a stanovení jejich časového průběhu
- Určení KDO? KDY? CO? JAK? provede
- Zjištění, jaké prostředky je potřeba mít k dispozici k zajištění činnosti
- Realizace a řízení naplánovaných činností

3.1.3. Životní fáze projektu

Projekt začíná stanovením účelu, výběrem cílů a jmenováním řídicího pracovníka projektu automatizace a sestavením celého týmu. Obojí je úkol vedení firmy. Forma a hloubka rozpracování plánu projektu i použité techniky mohou být odlišné a závisí na specifické problematice každého projektu. Základní postup však zůstává stejný.

Probíhá v následujících fázích projektu:

- Stanovení cílů – proč a čeho se má dosáhnout, v jakém plánovaném termínu a s jakými plánovanými náklady.
- Analýza – které činnosti je potřeba pro realizaci cílů naplánovat a zajistit, a jaké dílčí náklady a čas tyto činnosti vyžadují.
- Syntéza – v jakém pořadí je nutno jednotlivé činnosti provádět.
- Optimalizace – snaha o zkrácení trvání projektu a snížení nákladů.
- Konkretizace a projednávání úkolů – tedy projednání a podepsání smluv na zajištění činností s jednotlivými dodavateli.
- Kontrola realizace projektu – provádění jednotlivých činností a řešení odchylek od plánovaných termínů a plánovaných nákladů.
- Ukončení projektu – kontrola úspěšnosti dosažení cílů , ukončení financování projektů, vypořádání všech závazků a poděkování členům týmu.

- Vyhodnocení projektu – rozbor průběhu projektu, rozbor chyb v průběhu projektu, doporučení a opatření pro další projekty.

Vyhlášení projektu by mělo být doloženo základní listinou projektu a oficiálně zveřejněno vedením firmy resp. Zúčastněných partnerů a odsouhlaseno kompletními osobami.

V řadě případů různých mezinárodních projektů, státních projektů, firemních projektů apod. je často předepsána přesná forma základní listiny projektu včetně použitého jazyka, v němž má být listina sestavena. Dokonce jsou předtištěny závazné formuláře pro vyplnění. V takových případech je nutno respektovat v plném rozsahu tyto požadované náležitosti.

Je nutno upozornit na skutečnost, že při konkrétních projektu se musíme často podřídit určitému sledu fází, které vyplývají ze zavedené legislativy v příslušné oblasti (např. stavební řízení) nebo z technologické podstaty projektu (tvorba softwaru apod.). V takovém případě upravíme průběh projektu podle těchto dodatečných požadavků.

3.1.4. Identifikační list projektu

Název projektu: Zavedení frézovacího stroje FCQ 63 CNC

Účel projektu: Umožnit efektivní výrobu tvarově složitých součástí pro trenážery nové řady QWX 35.

Určení projektu: Frézovací stroj bude instalován v prostorách dílny 231 a bude k dispozici výrobnímu úseku.

Výstupy projektu:

- Instalace frézovacího stroje v dílně 231
- Instalace programovacího jazyka pro automatickou přípravu řídicích programů odd.TPV
- Vyškolení zaměstnanců pro obsluhu, údržbu a programování frézovacího stroje

Celková plánovaná hodnota projektu: 1,3 milionu Kč

Zahájení projektu: datem vyhlášení

Plánovaný termín ukončení projektu: 10. březen 2008

Vedoucí projektu: Ing. Jan Novák, investiční oddělení

Projektový tým: Ing. Jiří Novický, technolog
Jiránek Stanislav, mistr 231

Votánek Martin, odd. financí

Dvořík Kamil, personální odd.

Související projekty: Vývoj nové řady trenažérů QWX 35

Racionalizace výroby

Poznámky a přílohy: - Projekt byl schválen na poradě generálního ředitele podniku dne 22.8.2006 (ZPGŘ-47/06)

- Požadované ukazatele a další náležitosti projektu viz příloha logického rámce projektu.

Ostrava 10.9.2006

Ing. Miroslav Nečas, CSc.

Technický ředitel

4. SNÍMAČE NEELEKTRICKÝCH VELIČIN

Snímače neelektrických veličin poskytují informaci o fyzikálních či chemických veličinách
Rozdělujeme je podle různých kritérií:

- podle druhu měřené veličiny - snímače polohy, úhlu natočení, výšky hladiny, teploty, tlaku, síly, otáček, průtoku ...
- podle principu činnosti - snímače mechanické, odporové, kapacitní, indukčnostní, indukční, magnetické, optické, ultrazvukové, pneumatické ...
- podle průběhu výstupního signálu - snímače spojitě a nespojitě, lineární a nelineární, analogové a číslicové ...
- podle způsobu odměřování - snímače absolutní, přírůstkové (inkrementální), diferenční ...

4.1. Snímače polohy

Snímače polohy jsou asi nejpoužívanější neelektrické snímače, protože mnoho snímačů jiných veličin pouze převádí snímanou veličinu na snímání polohy.

4.1.1. Odporové snímače polohy spojitě

Základem spojitých odporových snímačů polohy jsou odporové potenciometry, přičemž běžec potenciometru posouvající se po odporové dráze je mechanicky spojen s předmětem, jehož

polohu odměřujeme. Dráha jezdce je realizována na nosné izolační podložce, na které je buď navinutý smaltovaný drát (manganin, PtIr), po jehož vyleštěné části se pohybuje kontakt, tyto potenciometry vykazují větší robustnost a elektrickou zatížitelnost nebo nekovový odporový element tvořený vodivým plastem CP (Conductive Plastic - vodivé plnidlo zalísované v termoplastu), jejichž předností je vysoká rozlišovací schopnost a velká životnost. Výhody obou pak spojuje hybridní technologie, která je použita u některých druhů víceotáčkových potenciometrů. Jezdec se vyrábí ze speciálních slitin (PtIr, AgPd, Pd = paladium).

U spojitých odporových snímačů polohy (a vlastně i u ostatních snímačů) posuzujeme několik základních vlastností:

Třída přesnosti udává o kolik procent může být zobrazovaná hodnota odlišná (větší či menší) od hodnoty skutečné.

Rozlišovací schopnost udává spolehlivě rozlišitelný délkový přírůstek odporu potenciometru (nejvyšší rozlišení mají potenciometry vrstevové až 0,01 % rozsahu, u vinutých, potenciometrů je rozlišení dáno skokovou změnou odporu při pohybu jezdce mezi sousedními závity, provedenými z kalibrovaného drátu s průměrem asi 0,03mm).

Linearita udává největší odchylku výstupního napětí od vztažné přímky a uvádí se v procentech napájecího napětí (otočné potenciometry s větším průměrem nebo víceotáčkové dosahují linearitu až 0,002 %, posuvné potenciometry dosahují linearitu v mezích 0,05 - 0,1 %). U drátových potenciometrů se při střídavém napájení linearita zhoršuje, protože snímač se chová jako komplexní impedance složená z odporu, indukčnosti vinutí a kapacit mezi jednotlivými závity. Bez zhoršení vlastností je lze provozovat pro kmitočty do řádu jednotek kHz, víceotáčkové stovky Hz. Linearitu je možné zlepšit zapojením paralelních odporů na vyvedené odbočky vinutí.

Životnost je definována jako počet přeběhů dráhy při zadaných provozních podmínkách a při dodržení provozních vlastností v příslušných mezích (životnost vinutých potenciometrů je řádově 10^6 , hybridních 10^7 a vrstevových z vodivých plastů 10^8 přeběhů; je ovlivněna též kontaktní silou 3 - 5 mN a kroutícím momentem 0,1 - 2 Ncm).

Teplotní koeficient odporu (jen pro drátové potenciometry) je dán největší poměrnou změnou odporu odpovídající stoupanutí teploty o 1°C v celém rozsahu provozních teplot (vypočítá se proto ze vztahu: $T_K = \frac{R_2 - R_1}{R_1(T_2 - T_1)}$, v němž R_1 je odpor vinutí při teplotě T_1 , R_2 je odpor při teplotě T_2).

Šum potenciometru vzniká změnou přechodového odporu při pohybu jezdce po vinutí a je způsoben mechanickými i elektrickými efekty (nečistoty, vlhkost, nastavení na stálou polohu, odskakováním jezdce ...).

Nedílnou součástí většiny snímačů jsou i vyhodnocovací obvody, které zobrazují naměřenou hodnotu měřené veličiny. Jelikož odporové snímače pracují jako napěťový dělič s dělicím poměrem určeným měřenou polohou, proto vyhodnocovací obvody stanovují změnu napětí (proudu) v obvodu odporového snímače standardními výchylkovými nebo můstkovými metodami používanými při měření odporů.

4.1.2. Odporové snímače polohy nespojitě

Převádějí změnu polohy sledovaného objektu na skokovou změnu odporu způsobenou přepínáním

kontaktů, takže jejich výstupní signál je logického typu (zapnuto - vypnuto). Podle mechanismu ovládání kontaktů se dělí na mechanické a magnetické.

Mechanicky ovládané snímače jsou příkladem dotykových snímačů, u nichž mechanickým pohybem dochází ke skokové změně odporu přepínáním kontaktu (planžetové pružinky, rtuťové spínače. používají se k měření polohy pohybujících se částí různých technických zařízení, kde jsou součástí tzv. koncových spínačů.

Magneticky ovládané snímače tvoří skupinu tří prvků, kterými jsou jazýčkové relé, Wiegandův snímač a Hallova sonda. Princip jazýčkového relé spočívá ve využití silových účinků magnetického pole permanentního magnetu na jazýčky z magneticky měkkého materiálu, zatavené do skleněné trubičky, plněné inertním plynem. Funkce Wiegandova snímače je založena na tzv. Barkhausenovu jevu, podle něhož magnetizace feromagnetických látek (natáčení magnetických domén) při jejich pomalé přemagnetizaci neprobíhá spojitě, ale po skocích. A činnost Hallovy sondy je založena na jevu, kdy při průtoku proudu I vodičem umístěným v magnetickém poli s indukcí B , vzniká ve směru kolmém k rovině vektorů proudu a indukce tzv. Hallovo elektrické napětí úměrné jejich součinu. To je dáno silovým účinkem magnetického pole vychylujícího pohybující se náboje z přímého směru.

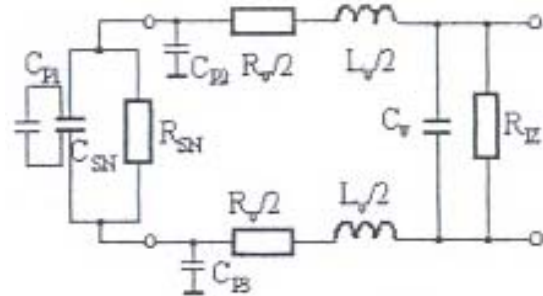
4.1.3. Kapacitní snímače polohy

Metoda využívá převod měřené polohy na změnu parametru určujícího kapacitu kondenzátoru. Ta je dána geometrií elektrod a permitivitou prostoru v němž se uzavírá elektrické pole. V případě rovinného deskového kondenzátoru platí pro kapacitu vztah

$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{d}$, kde ε_0 je permitivita vakua ($8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$), ε_r je permitivita relativní, S je aktivní plocha desek a d je vzdálenost desek kondenzátoru. Z tohoto vztahu vyplývá, že pro vyhodnocení změn kapacity C kondenzátoru lze využít změnu vzdálenosti elektrod d, změnu účinné plochy překrytí elektrod S nebo změnu poměrné permitivity dielektrika ε_r .

Náhradní schéma obvodu kapacitního snímače obsahuje kromě vlastní kapacity snímače C_{SN} paralelní odpor R_{SN} , reprezentující svod

kondenzátoru, a dále parametry vedení, tj. odpor R_v , indukčnost L_v , izolační odpor R_{iz} , a kapacitu C_v . Aby nedocházelo k ovlivňování signálu snímače změnou parametrů vedení (teplota, vlhkost, délka), musí pro impedance



platit nerovnosti $R_v; \omega \cdot L_v \ll \frac{1}{\omega \cdot C_{SN}} \ll R_{iz}; \frac{1}{\omega \cdot C_v}$

Kapacita snímačů bývá řádově jednotky až stovky pF, takže je srovnatelná s kapacitou kabelu C_K . Jeho vliv je proto třeba maximálně potlačit. Jelikož při použití síťového kmitočtu dosahuje kapacitní reaktance snímače hodnoty řádově až desítky $M\Omega$ (bylo by nutné použít velice citlivé vyhodnocovací obvody), proto se volí napájecí napětí s frekvencí řádově alespoň jednotky kHz.

Vyhodnocovací obvody kapacitních snímačů polohy

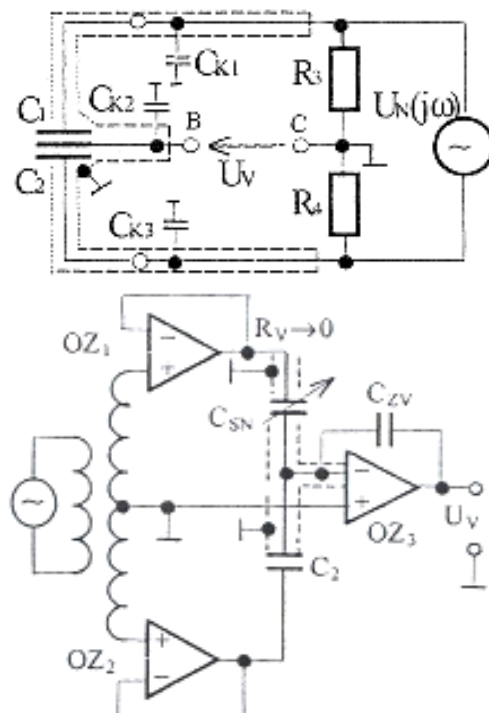
Můstkové metody

Můstková zapojení se užívají především pro diferenční snímače.

Pro kapacity C_1, C_2 snímače platí: $C_1 = C_0 + \Delta C$ a

$C_2 = C_0 - \Delta C$

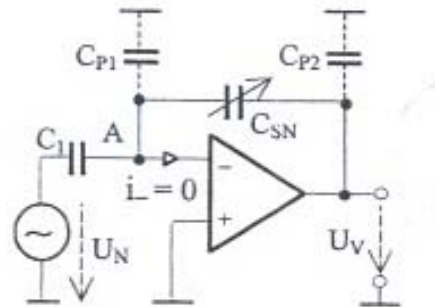
Vzhledem k tomu, že se uplatňují všechny parazitní kapacity C_p , jsou pro diferenční snímače vhodnější automaticky vyvažované transformátorové můstky, u nichž lze ve vyváženém stavu parazitní kapacity C_p potlačit. Snímač se napájí z ideálního zdroje napětí ($R_i = 0$) realizovaného napětíovými sledovači OZ_1 a OZ_2 , jejichž výstupní



napětí se nemění ani při změnách parazitní kapacity přívodu. Proudový indikátor nerovnováhy OZ_3 je převodník proud - napětí s kapacitní zpětnou vazbou, na jehož vstupu je nulové napětí (virtuální zem).

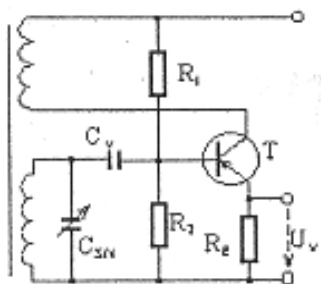
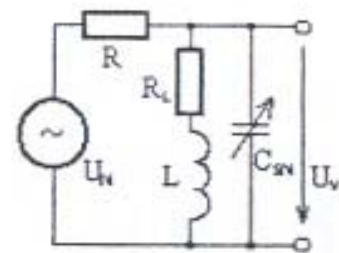
Zpětnovazební obvody

Lineární závislost výstupního napětí kapacitního snímače polohy na vzdálenosti elektrod $U_v = f(d)$ lze získat jeho zapojením do zpětné vazby integračního zesilovače.



Rezonanční obvody

Rezonanční obvody se používají především při vyhodnocování malých změn kapacity snímače C_{SN} a to buď měřením velikosti výstupního napětí nebo měřením frekvence oscilačního obvodu.



Při měření frekvence se signál této frekvence se odebrá na

emitorovém odporu a vyhodnocuje se číslicově čítačem nebo frekvenčním diskriminátorem naladěným na střední frekvenci, jeho výstupem je stejnosměrné napětí s lineární charakteristikou v širokém rozmezí frekvencí

Kapacitní snímače jsou konstrukčně jednoduché, snadno montovatelné, citlivé a vzhledem k vysokým kmitočtům napájecích napětí dostatečně rychlé. Kromě měření polohy a s tím souvisejících měření např. tloušťky materiálu se používají k měření zrychlení v protinázarovém automobilovém systému „air-bag“ síly, tlaku, výšky hladiny, vlhkosti, vodivosti kapalin a dalších veličin.

4.1.4. Indukčnostní snímače polohy

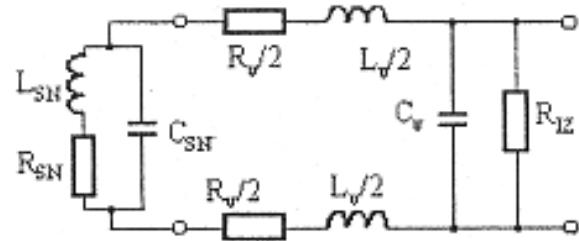
Princip indukčnostních snímačů polohy spočívá v převodu polohy na změnu vlastní indukčnosti L cívky (tlumivkové snímače), případně vzájemné indukčnosti M dvou cívek (transformátorové snímače). Rozdělení indukčnostních snímačů podle uspořádání magnetického obvodu se provádí do čtyř skupin:

- snímače s uzavřeným magnetickým obvodem,
- snímače s otevřeným magnetickým obvodem,
- snímače s potlačeným magnetickým polem - (s aplikací řívných proudů),

- snímače bez feromagnetika.

Snímací prvky mohou být v provedení jednoduchém nebo diferenciálním s výstupním signálem spojitým nebo nespojitým. Měřicí element indukčnostních snímačů polohy může působit na vstupu do cívky nebo na jádro.

Elektrické náhradní schéma obvodu s indukčnostním snímačem má kromě indukčnosti L_{SN} odpor vinutí snímače R_{SN} a kapacitu C_{SN} mezi závity (lze ji zanedbat).



Odpor vedle činné složky má složky

reprezentující vířivé proudy a ztráty magnetickou hysterezí jádra. Pro dynamická měření je třeba, aby kmitočet napájecího napětí byl zhruba desetinásobkem kmitočtu změn měřené veličiny, s jeho růstem se však zhoršuje činitel jakosti Q , tj. zmenšuje se citlivost, musí být zvolen vhodný kompromis. S měřicím obvodem je snímač spojen vedením s odporem R_v , indukčností L_v , kapacitou mezi vodiči C_v a izolačním odporem R_{iz} . Pro minimalizaci vlivu změn parametrů vedení na výstupní signál snímače musí být jeho induktivní reaktance ($\omega \cdot L$)

navržena tak, aby platilo: $R_v; \omega \cdot L_v \ll \omega \cdot L_{sn} \ll R_{iz}; \frac{1}{\omega \cdot C_v}$

Indukčnostní snímače s uzavřeným magnetickým obvodem

Vlastní indukčnost cívek tlumivkových snímačů je definována $L = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot F_m}{I \cdot Z_m} = \frac{N^2}{Z_m}$, kde

pro magnetický tok Φ platí dle Hopkinsonova zákona $\Phi = \frac{F_m}{Z_m}$ a pro Magnetickou impedanci

Z_m platí $Z_m = R_m + jX_m$ a jelikož pro kmitočty do 10^4 Hz je X_m zanedbatelné přejde vztah pro

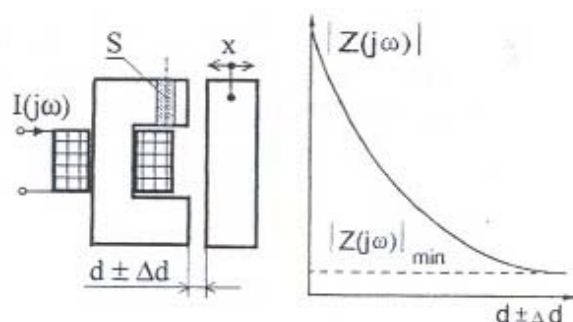
výpočet indukčnosti na tvar $L = \frac{N^2}{R_m}$

Snímače s proměnnou délkou vzduchové mezery.

Při zanedbaní odporu feromagnetika bude indukčnost cívky navinuté na magnetickém jádře s oddalovaným sloupkem dána

vztahem $L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{N^2 \cdot \mu_0 \cdot S}{2 \cdot d}$. Závislost

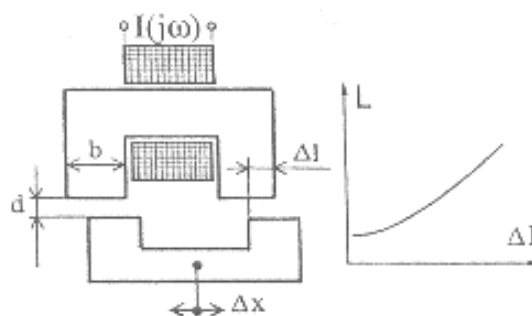
indukčnosti L na délce vzduchové mezery d je hyperbolická snímač se používá pouze



v oblasti malých vzduchových mezer, pro které je převodní charakteristika přibližně lineární. Diferenčním uspořádáním snímače, v němž změny Δd vyvolají změny ΔL opačných znamének se v můstkovém zapojení dosáhne dvojnásobná citlivost a zmenšení nelinearity.

Snímače s proměnnou plochou vzduchové mezery.

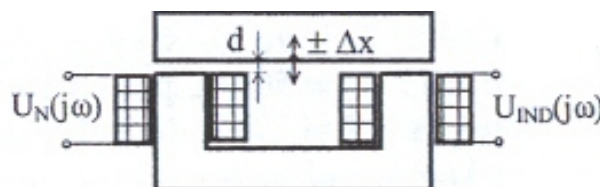
Používají se pro měření středních velikostí posunů. Indukčnost je opět dána stejným vztahem, přičemž plocha S je z celkového průřezu dána poměrem $\Delta l/b$. Vyhovující linearitu lze dosáhnout při posuvu Δx a velikosti mezery d výrazně menších než šířka mezery b ($\Delta x \ll b$, $d \ll b$) nebo diferenčním uspořádáním.



Transformátorové snímače polohy

Vzájemná indukčnost M dvou cívek je staticky definována analogickým způsobem jako vlastní indukčnost L , tj. podílem části magnetického toku Φ_{12} vytvořeného jednou cívkou procházejícího plochou obepnutou druhou cívkou a proudem, jehož průchodem první cívkou se generuje magnetický tok, tj. platí:

$$M = \frac{\Phi_{12}}{I_1} = \frac{\Phi_{21}}{I_2}$$

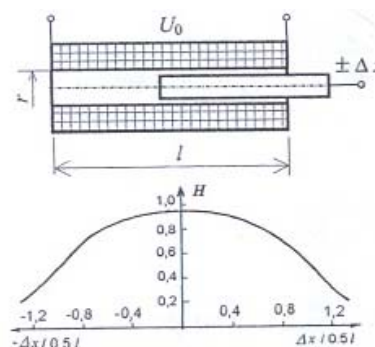


Jedno vinutí je napájeno střídavým napětím, ve druhém se vlivem změny magnetického odporu R_m a tím toku Φ_{12} a vzájemné indukčnosti M mění indukované napětí tj. $U_i = f(\Phi_{12})$

Indukčnostní snímače s otevřeným magnetickým obvodem

Princip činnosti spočívá ve změně indukčnosti cívky v závislosti na poloze feromagnetického jádra spojeného s odměřovaným předmětem.

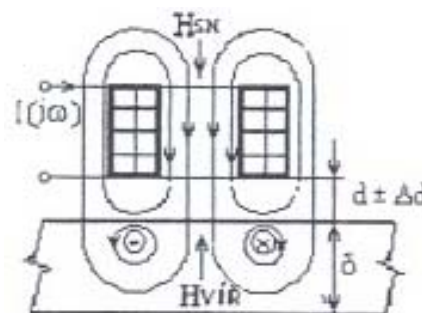
Výhodou je možnost použití snímače pro měření velkých změn polohy, nevýhodou je menší citlivost (zvyšuje se například použitím jádra s co největší relativní



permeabilitou μ_r), nároky na přesné provedení cívek a větší počet závitů, z čehož vyplývá větší parazitní kapacita

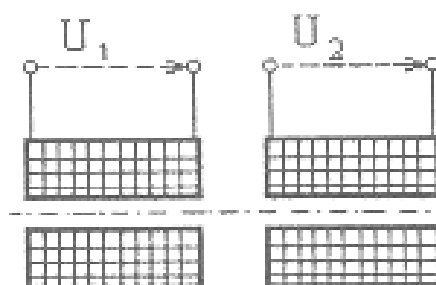
Indukčnostní snímač s potlačeným magnetickým polem

Vložení elektricky vodivého a magneticky nevodivého (diamagnetického) materiálu do vysokofrekvenčního magnetického pole snímače s intenzitou H_{sn} se v něm indukují vířivé proudy budící magnetické pole s intenzitou $H_{víř}$. Její směr je podle Lenzova zákona opačný než směr intenzity pole budící cívky, z čehož plyne označení termínem potlačené magnetické pole



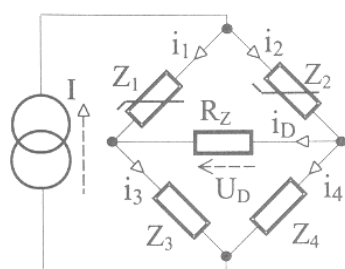
Indukčnostní snímače bez feromagnetika

Snímač je tvořen alespoň dvěma, při diferenčním uspořádání třemi cívkami, umožňujícími vzájemný pohyb. Jeho činnost je založena na transformátorovém principu, tj. indukovaním napětí magnetickou vazbou dvou obvodů. Protože neobsahuje žádnou feromagnetickou část, odpadají parazitní vlivy spojené s feromagnetikem.

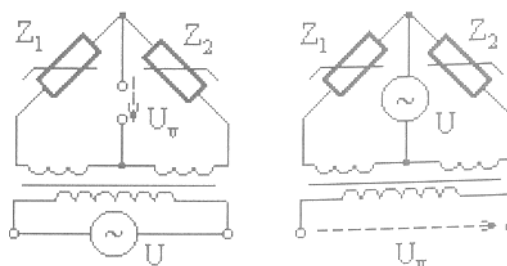


Vyhodnocovací obvody indukčnostních snímačů polohy

Střídavé můstky



Transformátorové můstky



Rezonanční obvody

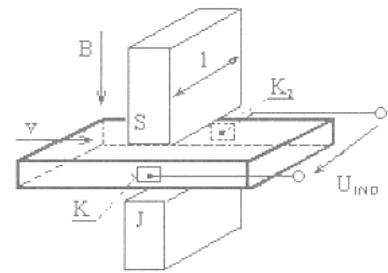
Jsou stejné jako vyhodnocovací obvody kapacitních snímačů polohy.

4.1.5. Indukční snímače polohy

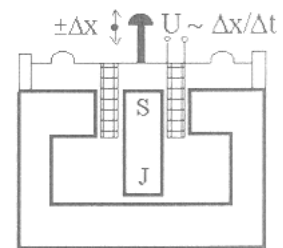
Činnost indukčních snímačů je založena na využití Faradayova zákona pro indukované napětí, polohu lze tedy stanovit na základě rychlosti časové změny magnetického toku $d\Phi/dt$ spojeného s N závitů pevné cívky (tzv. snímače s pohyblivým magnetem neboli elektromagnetické) nebo se pohybem vodičů mění počet závitů N , které jsou v daném

časovém okamžiku vázány se stálým magnetickým tokem Φ (tzv. snímače s pohyblivou cívkou neboli elektrodynamické). Ve srovnání s pasivními indukčnostními snímači jsou proto indukční snímače aktivní.

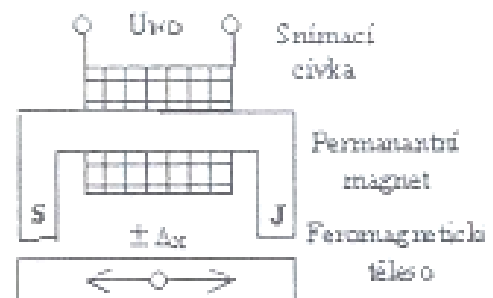
Elektrodynamické snímače využívají pohyb vodiče resp. cívkou v magnetickém poli. Pohybuje-li se vodivý pás šířky l v magnetickém poli indukce B , lze mezi kontakty K_1 a K_2 ve směru kolmém k rovině vektorů rychlosti v a indukce B změřit napětí $U_i = B \cdot l \cdot v$.



Tento princip se používá i například u elektrodynamického snímače kmitavého pohybu, kde je ve vzduchové mezeře magnetického obvodu na pružné membráně zavěšena cívka, na kterou se prostřednictvím táhla přenáší měřený kmitavý pohyb v rozmezí zdvihů $2 \mu\text{m} \div 5 \text{mm}$ pásmu frekvencí $1 \text{Hz} \div 3 \text{kHz}$. Indukované napětí má stejný průběh jako rychlost pohybu cívky s citlivostí asi 10V/ms^{-1} (speciální snímače pro seismická měření až 10kV/ms^{-1}).



Elektromagnetické snímače vyhodnocují změnu magnetického toku pomocí změny impedance magnetického obvodu. Na jádře permanentního magnetu je nasazena cívka s N závitů a v magnetickém poli se pohybuje feromagnetický prvek spojený s odměřovaným předmětem. Napětí ve snímací cívce je dáno časovou změnou toku Φ , řízeného magnetickým odporem vzduchové mezery R_m . Změně její délky či průřezu odpovídá amplituda výstupního napětí.



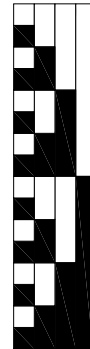
4.1.6. Optické snímače polohy

Vedle miniaturizace jsou jejich základní předností necitlivost vůči elektromagnetickému rušení a galvanické oddělení měřeného objektu a měřicího obvodu. Přenos informace optickými vlákny je možné použít i v hořlavých a výbušných prostředích. Zdrojem záření jsou luminiscenční nebo laserové polovodičové diody, snímací prvky jsou pak například fotodiody, fototranzistory, CCD-snímače apod. Využívají se tři konstrukční principy - vyhodnocování změny polohy zdroje, zastínění světelného toku mezi zdrojem a detektorem nebo interference zdrojového a odraženého paprsku. Optické snímače polohy dělíme způsobem standardně

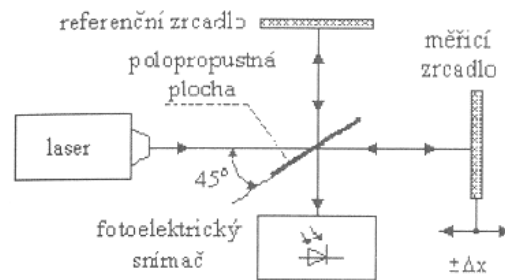
užívaným při klasifikaci snímačů na snímače pro spojité měření polohy (absolutní nebo inkrementální) a snímače pro nespojité vyhodnocování (indikaci) polohy.

Optické snímače pro spojité měření polohy

Výstupem *absolutních snímačů* je signál s úplnou informací o poloze tím, že ji definuje vzhledem k referenčnímu bodu. Konstrukční realizací je kódový obrazec (pravítko) se systémem průhledných a neprůhledných ploch. Jimi prochází světelný tok dopadající na soustavu geometricky přesně uspořádaných snímačů, které vytvoří digitální informaci o absolutní poloze měřeného předmětu.



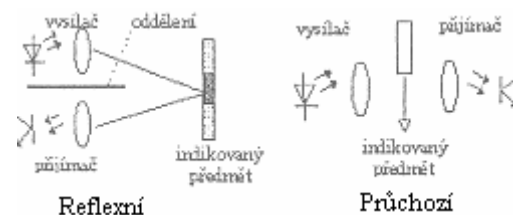
Výstupem *inkrementálních (přírůstkových) snímačů* je sled pulzů inkrementujících obsah čítače. Laserový interferometrický snímač pracuje na principu skládání dvou vln měrné a referenční. Svazek rovnoběžných paprsků dopadá pod úhlem 45° na polopropustnou plochu, od níž se část paprsků odráží k pevnému zrcadlu a část postupuje k pohyblivému zrcadlu spojenému s měřeným objektem. Odražené paprsky se na polopropustné ploše sčítají a vytvářejí interferenční kroužky tak, že při posunu o vlnovou délku záření λ se objeví na výstupu 2 impulzy (skutečné zvětšení dráhy paprsků je 2.x). Citlivost snímačů proto je $\text{impulz}/0,5 \lambda$ tj. signál čítače násobený hodnotou 0,5 λ určuje odměřenou vzdálenost.



Optické snímače pro nespojité měření polohy

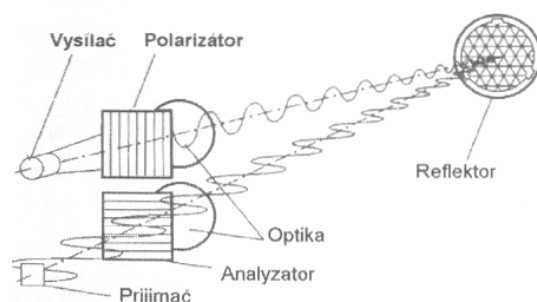
Tyto snímače generují binární signál o výskytu indikovaného prvku v určité poloze.

Principiálně je rozdělujeme do dvou tříd, a to na snímače průchozí (jednocestné) a reflexní. V obou případech se může jednat o závoru, záclonu nebo světelnou mříž. Reflexní provedení má ve srovnání s průchozím menší světelnou účinnost, je náchylnější ke znečištění (např. orosení) prostorově



a montážně je ale vzhledem ke své jednostrannosti výhodnější (odpadá

obousměrná zástavba). Zdroj i přijímač světla jsou konstrukčně spojeny do jedné jednotky a na opačné straně sledovaného prostoru je umístěno zrcadlo (reflektor) nebo je paprsek

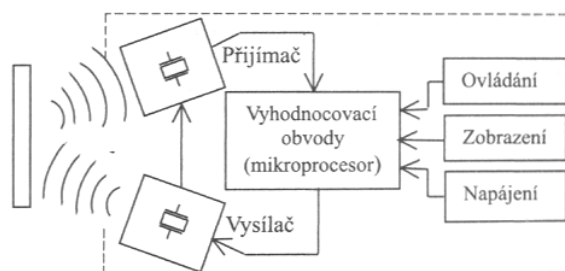


odražen od reflektující plochy objektu. Protože použití obyčejného planárního zrcadla by mohlo působit potíže při provozních změnách jeho polohy, používá se speciálních trojzrcátek, složených tří navzájem kolmých rovin (roh krychle jako odrazky u motorových vozidel), která zaručí zpětný odraz i při značném odklonu zrcadla od kolmé roviny.

4.1.7. Ultrazvukové snímače polohy

Ultrazvukové snímače polohy pracují na principu měření doby, za kterou přijímač detekuje ozvěnu ultrazvukových pulzů generovaných vysílačem a odražených od zaměřovaného objektu. Ultrazvukový převodník (vysílač/přijímač) vyšle krátký ultrazvukový pulz, tj. řádově $10 \div 20$ period UZ-signálu s kmitočtem daným

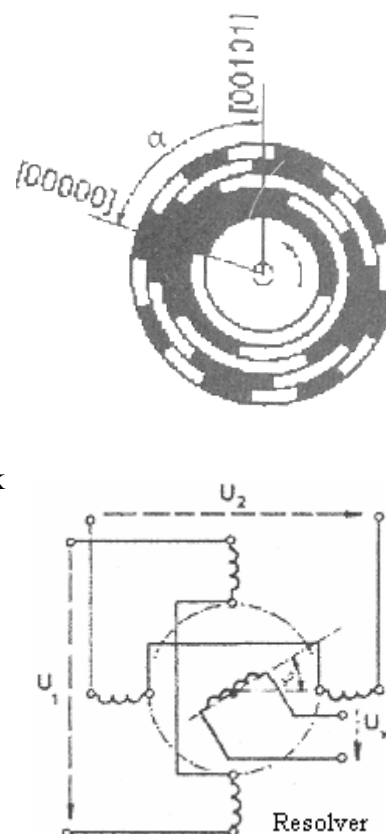
rezonancí užitého ultrazvukového měniče (řádově desítky kHz) a současně začne odměřovat čas. Potom se přepne do přijímacího režimu a je vyhodnocován přijatý odražený ultrazvukový pulz, u kterého se nejdříve



zjišťuje, zdali je opravdu možným odrazem vyslaného signálu a jestliže ano, je z délky intervalu a rychlosti šíření zvuku v daném prostředí odvozena vzdálenost překážky. Z tohoto principu plyne, že přesnost měření je dána dvěma faktory, jednak je to vliv prostředí na rychlost zvuku (vlhkost, teplota) a jednak přesnost měření jasnosti (zřetelnosti) odezvy.

4.2. Snímače úhlu natočení

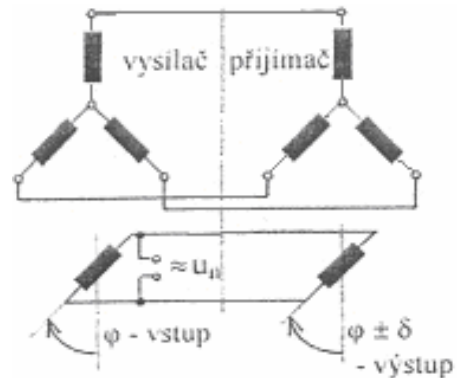
Většina snímačů úhlu natočení je velice podobná snímačům polohy, jako jsou snímače úhlu natočení odporové, které na rozdíl od snímačů polohy mají jen odporovou dráhu stočenu do oblouku, kruhu či několika závitů spirály, nebo snímače kapacitní, které pomocí otočení mění aktivní plochu desek kondenzátoru a tím i jeho kapacitu anebo snímače absolutní optické, které místo pravítka používají kotouč atd. Existují však i snímače úhlu natočení speciálních konstrukcí jako například resolvery a selsyny pracující na principu polohového transformátoru (jsou tedy principiálně blízko indukčnostních snímačů polohy). Skládají se z dvoufázového (resp.



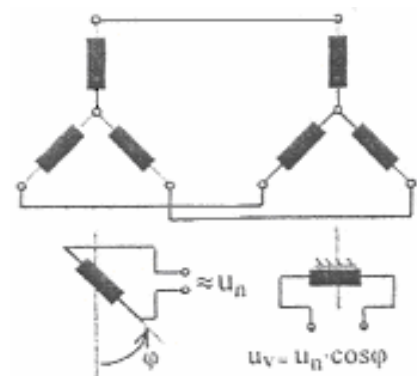
třífázového) statoru s vinutími pootočenými o 90° (resp. 120°) a jednofázového rotoru s vyvedeným vinutím.

Fázový posuv výstupního napětí *resolveru* je roven úhlu natočení pohyblivého vinutí rotoru.

Selsyny jsou konstruovány jako vícefázové motory a používají se ve dvou variantách zapojení. V zapojení pro dálkové natáčení (například kormidla lodí) se jedná o dva selsyny vysílač a přijímač, které dálkově přenáší výchylku z vysílacího místa na indikátor. Trojfázové statory obou selsynů jsou propojeny a jednofázové rotory jsou napájeny ze společného střídavého zdroje. Jestliže se rotorem vysílače natočí o určitý úhel, indukují se v jeho statoru napětí, začnou procházet proudy do vinutí statoru přijímače a ty zde generují magnetické pole. Rotor přijímače se proto natočí o stejný úhel jako rotor vysílače.



Zapojení pro měření úhlu natočení se od předchozího liší tím, že je napájen pouze rotor vysílače, zatímco rotor přijímače je mechanicky pevně uchycen. Při pootočení rotoru vysílače se opět naindukuje napětí v jeho statoru, začne procházet proud a ten vytvoří magnetické pole ve statoru přijímače, ale protože rotor přijímače je pevně uchycen můžeme na jeho svorkách naměřit napětí odpovídající cosinu úhlu o který se otočil rotor vysílače.

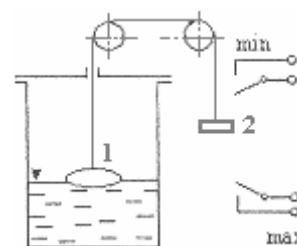


4.3. Snímače výšky hladiny

Měření hladiny kapalin a sypkých látek se principiálně realizuje dvojím způsobem. Jedním je stanovení polohy prvku (plovákového tělesa) spojeného s úrovní hladiny, takže se vyhodnocuje jeho poloha či posunutí. Druhou možností je měření fyzikálních účinků daného média odpovídající úrovni jeho hladiny prostřednictvím snímačů mechanických (hmota, tlak, vztlačová síla, vibrace), elektrických (vodivost, kapacita, indukčnost -vířivé proudy, magnetická reluktance), optických (optická vlákna), s aplikací ionizujícího záření (absorbce) nebo aplikací vlnění, tj. měřením časového, resp. frekvenčního intervalu mezi vysláním a příjmem ultrazvukového či radarového (bezdotykového nebo dotykového) impulsu. Z uživatelského hlediska lze snímače výšky hladiny standardně dělit na snímače pro nespojitá měření a snímače pro spojitá měření.

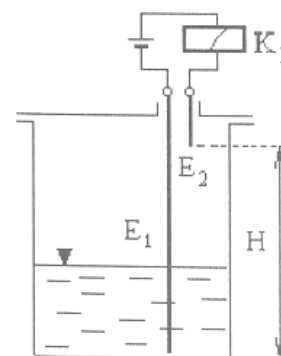
4.3.1. Snímače pro nespojité měření výšky hladiny

Plovákové hladinoměry převádějí pohyb plováku na dvouhodnotový snímač polohy. Pro měření změn výšky hladiny se plovák 1 zavěšený na laně vyvažuje protizávažím 2, jehož pohyb lze využít ke spínání kontaktů nastavených na minimum a maximum úrovně hladiny a tím k řízení plnění nádoby.



Vibrační hladinoměry indikují dosažení požadované hladiny vysazením kmitů elektromechanického oscilátoru s vidlicovým tvarem rezonátoru.

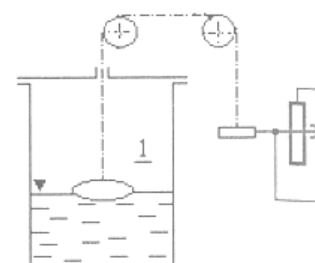
Vodivostní hladinoměry indikují dosažené úrovně hladiny H průchodem proudu mezi dvěma elektrodami galvanicky spojenými stoupnutím hladiny vodivé kapaliny jednou elektrodou může být i vodivá stěna nádoby. Z bezpečnostních důvodů je napájení elektrod provedeno malým napětím, průchodem proudu lze sepnout například relé



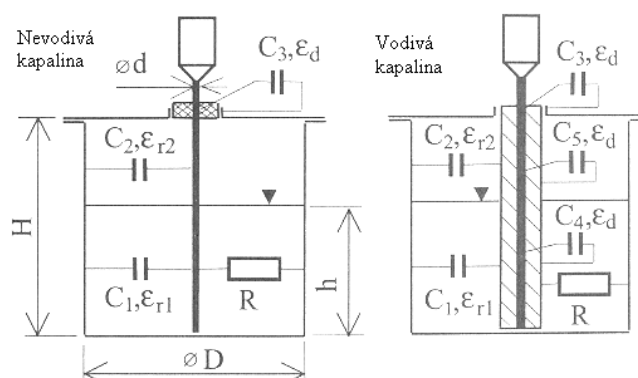
4.3.2. Snímače pro spojité měření hladiny

Plovákový snímač výšky hladiny

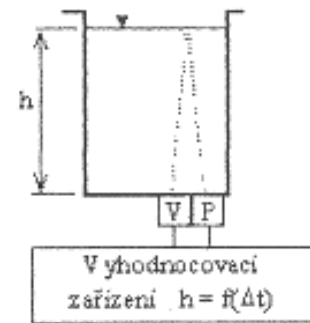
Plováky sledují úroveň hladiny a tento pohyb je transformován (mechanickými převody nebo magnetickým spojením s posuvným vozíkem uvnitř nemagnetické trubky vysílače) na změnu polohy jezdce odporového snímače polohy. Přesnost měření je dána především volbou tvaru a průřezu plováku S (kulový, eliptický), pasivními mechanickými odpory v převodovém mechanismu a změnou hustoty kapaliny.



Kapacitní snímač výšky hladiny - pracuje na principu měření kapacity kondenzátoru, jehož elektrody jsou částečně ponořeny do měřené látky, kterou může být nejen kapalina, ale i sypký nebo kusový materiál (uhlí), a tvoří tak dielektrikum. Vnitřní elektrodou je kovová tyč, která je při měření vodivého prostředí zastávajícího funkci druhé elektrody kondenzátoru od něj izolována nevodivým povlakem. Je-li měřená látka nevodivá, je vnější elektrodou vodivý plášť samotné nádoby

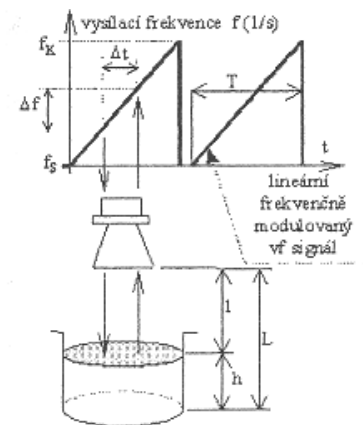


Ultrazvukový snímač výšky hladiny - vyhodnocuje úroveň hladiny (i sypkých látek) na základě časového intervalu mezi vysláním a přijetím ultrazvukového signálu po průchodu měřenou látkou. Základní přednosti snímače jsou bezkontaktní měření v rozsazích až desítek metrů, výměna snímače možná i za provozu zařízení a číslicové zpracování signálů umožňující filtraci dat (např. turbulencí hladiny, nebo rušivými odrazy) a korekci průběhem odezvy při prázdné nádrži.



Radarové snímače hladiny

V současnosti se používají radary se spojitým frekvenčně modulovaným vf signálem (FMCW - Frequency Modulated Continuous Wave). Vysílaná frekvence radaru f_v v určitém časovém intervalu T lineárně roste v rozmezí jednotek GHz, tj. radar je spojitě se přeladujícím vysílačem elektromagnetického vlnění. Protože se vysílaná frekvence po uplynutí intervalu mezi vysláním a přijmem původní frekvence změnila, lze z rozdílu frekvencí právě vysílaného signálu f_v a zpětně přijatého signálu f_p získat nízkofrekvenční signál (řádově kHz), jehož frekvence je úměrná vzdálenosti měřené hladiny od antény.:



4.4. Snímače průtoku tekutin

Snímače průtoku tekutin (tj. kapalin a plynů) určují objemové množství Q_v ($m^3 s^{-1}$) nebo hmotnostní množství Q_M ($kg s^{-1}$) tekutiny proteklé zvoleným průřezem za časovou jednotku.

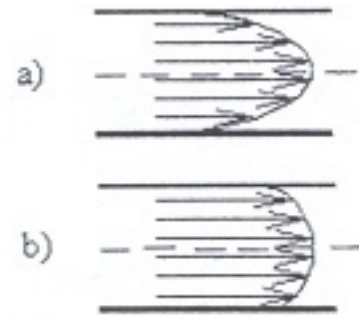
Podle měřicí metody definujeme snímače tří skupin:

- rychlostní snímače - průřezové (průtokové se škrťacími orgány nebo výtokové, tzv. danaidy), plovákové (průtokoměry s proměnným průřezem), turbínkové, indukční, ultrazvukové, vírové, tepelné,
- objemové snímače - dávkovací snímače, plynoměry (suché - měchový, mokré - bubnový, zvonový),
- hmotnostní snímače - Coriolisův snímač.

Vedle uvedených snímačů existují speciální systémy pro měření průtoků např. v otevřených kanálech.

Rychlostní snímače průtoku

Rychlostní snímače průtoku vyhodnocují průtok nepřímo měřením střední rychlosti proudu tekutiny. Ta závisí vzhledem k rychlostnímu profilu na typu proudění charakterizovaným tzv. Reynoldsovým číslem Re . Tento bezrozměrný parametr vyjadřuje poměr mezi setrvačnými a třecími silami v proudící tekutině a tím druh proudění s odpovídajícím rychlostním profilem. Laminární proudění (obr. a) představované pohybem rovnoběžných proudových vláken nastává v kruhovém potrubí při $Re < 2320$ a je charakteristické parabolickým rychlostním profilem. Naopak turbulentní proudění (obr. b) nastává při $Re > 2320$ a rychlostní profil je plnější než u laminárního, tj. blíží se obdélníkovému

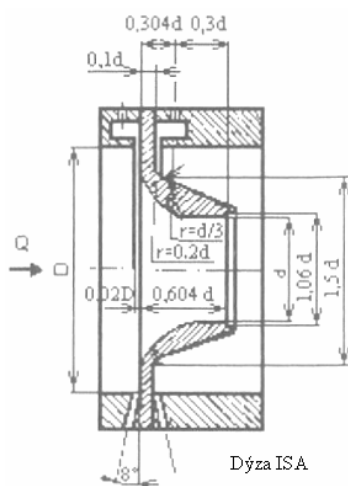


Průřezové snímače průtoku (měření průtoku škrticími orgány)

Základním principem měření průtoku průřezovými snímači je využití poklesu tlaku vzniklého zvýšením rychlosti proudění ve zúženém místě z průřezu potrubí na průřez tzv. škrticího orgánu. Ve funkci škrticích orgánů se užívají clony, dýzy, Venturiho trubice nebo pro malé průtoky kapiláry.

Kruhová centrická clona znázorněná na obr je výrobně nejjednodušší a tak nejlevnější a nejužívanější prvek. Způsobuje však největší trvalou tlakovou ztrátu a vzhledem k požadavku na ostrost vtokové hrany vyžaduje čisté tekutiny.

Dýza ISA 1932 znázorněná na obr se používá při větších

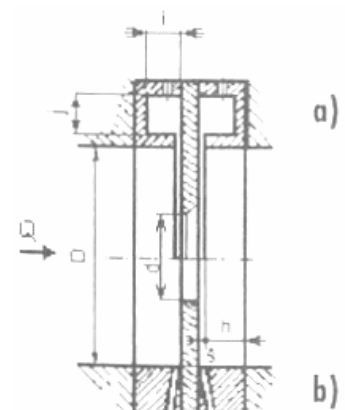


požadavcích na přesnost zejména při měření v náročných provozních podmínkách pro delší životnost a stálost (neotupování vtokové hrany). Při shodných průtocích na cloně a dýze je i přibližně shodná trvalá tlaková ztráta.

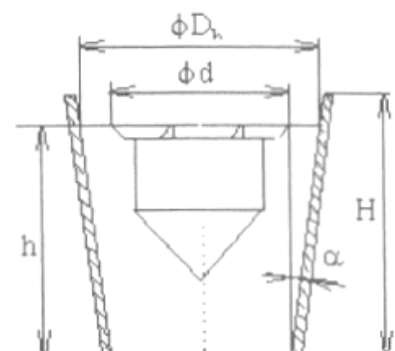
Plovákový průtokoměr

(rotametr) - pracuje na principu udržování konstantního tlakového rozdílu při proměnlivém škrcení

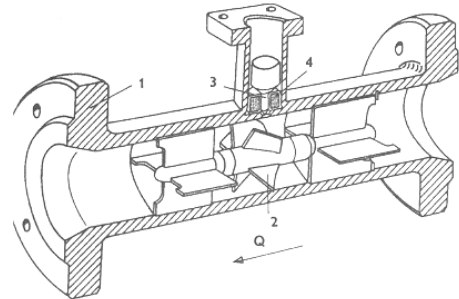
průtočného průřezu (tj. inverzně k průtočnému snímači).



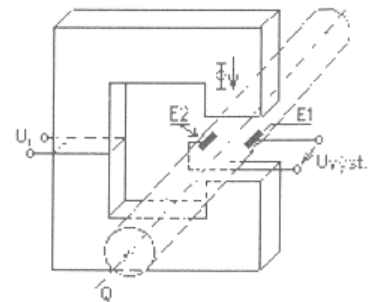
Clona s odběrem tlaku
a) komorovým, b) bodovým



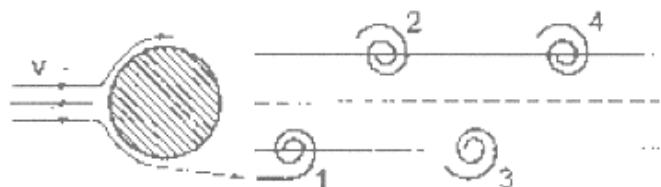
Turbinkový průtokoměr - využívá kinetickou energii kapaliny k uvedení rotoru do otáčivého pohybu rychlostí úměrnou střední rychlosti v kapalině protékající příčným průřezem snímače. Otáčky rotoru jsou převáděny mechanicky převodovým ústrojím na integrační počítadlo nebo snímány elektronicky indukčním snímačem. Lopatky z feromagnetika uvnitř nemagnetické trubky způsobí rotací změnu odporu R_M magnetického obvodu permanentního magnetu a tím podle Hopkinsonova zákona změnu indukčního toku, takže v cívce, kterou magnetický tok prochází, se indukují napěťové pulzy, jejichž frekvence je úměrná okamžitému průtoku. Pro stanovení celkového průtoku se impulzy sčítají.



Indukční průtokoměr - principiálně využívá Faradayův zákon o indukci napětí ve vodiči při jeho pohybu v magnetickém poli. Proudící kapalinu s minimální vodivostí řádově jednotky μScm^{-1} si lze představit jako paralelně řazená proudová vlákna (s délkou l rovnou šířce pólových nástavců) pohybující se kolmo k vektoru magnetické indukce B rychlostí v . Průtokem kapaliny se na dvojici elektrod jejichž spojnice je kolmá k vektorům indukce B a rychlosti v indukuje napětí $U_{VYST} = B l v$. Při konstantních hodnotách B a l je proto U_{VYST} úměrné rychlosti proudění v a tím i objemovému průtoku Q_V .



Vírový průtokoměr - využívá vznik vírů a tím tlakových pulzací na překážce zpravidla lichoběžníkového (příp. kruhového) tvaru vložené do proudu tekutiny. Na odtokové straně překážky dochází ke spirálovitému pohybu tekutiny a tím vzniku střídavého obtékání překážky, jak je znázorněno na obr. Frekvence oscilací proudu je úměrná rychlosti tekutiny obtékající překážku. Detekce frekvence vírů a s nimi spojených tlakových změn se provádí tenzometrickými nebo piezoelektrickými snímači.



Objemové snímače průtoku

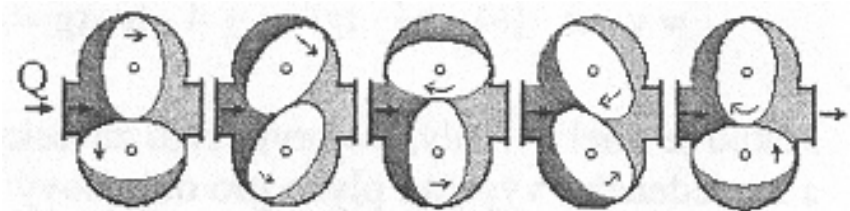
Komplikace při použití nepřímého způsobu měření průtoku rychlostními průtokoměry lze v některých případech eliminovat užitím dávkovacích systémů transportujících ve směru proudění přesně definovaná množství tekutiny, čímž je průtok určen přímo. Existuje široká

škála konstrukčních provedení různých výrobců. U plynů se používají systémy s cyklickým plněním a vyprazdňováním několika odměrných komor tzv. plynoměry.

Dávkovací průtokoměr - pracuje na principu plnění a vyprazdňování komor definovaného objemu tak, aby průtok tekutiny snímačem byl plynulý a měření spojitě. Funkce snímače tohoto typu s po sobě se

odvalujícími oválnými písty je znázorněna na obr.

(různí výrobci užívají různé tvary pístů).



Výstupem průtokoměru jsou impulzy indukčního snímače otáček rotujících pístů, z nichž lze převodníkem frekvence - napětí odvodit okamžitý objemový průtok Q_v a integrací otáček celkově proteklé množství tekutiny.

Plynoměry

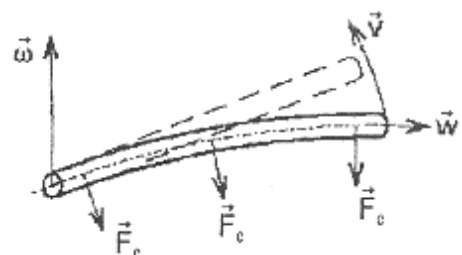
Zvonový plynoměr je tvořen nádrží s kapalinou (voda, olej), do které je ponořen zvon vyvažovaný protizávažím. Do kapalinou uzavřeného prostoru pod zvonom se přivádí plyn zvedající zvon. Změna výšky zvonu za časovou jednotku proto udává objemový průtok přitékajícího plynu.

Bubnový plynoměr je mnohokomorové měřidlo s odměrnými prostory různých konstrukcí tvořícími bubny otáčivě uložený v tělese, které je do definované výšky zaplněno vodou. Plyn vstupuje do bubnu, plní odměrnou komoru a zároveň bubnem otáčí tak, aby se po jejím naplnění otevřel výstupní otvor a plyn pokračoval v průtoku. Samozřejmě v okamžiku otevření výstupu musí být již vstup uzavřen, aby plyn neprocházel volně. Průtok je dán počtem otáček za časovou jednotku.

Měchový plynoměr má měrný prostor rozdělen měchem (membránou) na dvě komory, jejichž plnění a vyprazdňování přepíná šoupátkový rozvod. Hnací síla je odvozena od tlakového rozdílu na měchu. Systém je vybaven blokadí zpětného chodu.

Hmotnostní snímače průtoku

Coriolisův průtokoměr - průtokoměr aplikující Coriolisovu sílu využívá ke své činnosti silový účinek tekutiny proudící potrubím, které samo vykonává rotační, resp. vibrační pohyb. Pohyb tekutiny se tak skládá ze dvou pohybů -jednak společného pohybu s potrubím a dále relativního pohybu vzhledem



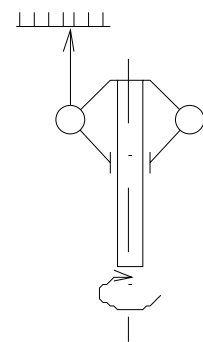
k potrubí. Na tekutinu pohybující se v soustavě relativní rychlostí jiného směru, než je směr osy rotace soustavy potom působí tzv. Coriolisovo zrychlení. Směr tohoto vektoru je dán pravidlem platným pro vektorový součin. Princip vzniku Coriolisovy síly F_c příslušné tomuto zrychlení je znázorněn na obr. Jestliže trubka rotuje úhlovou rychlostí a tekutina jí protéká relativní rychlostí v , jejíž směr nesouhlasí se směrem osy rotace trubky, potom účinkem Coriolisovy síly se bude trubka deformovat

4.5. Snímače otáček

Rychlost otáčivého pohybu, tedy úhlová rychlost ω je vektorová veličina definovaná jako přírůstek úhlové dráhy $\Delta\alpha$ v časovém intervalu Δt a lze ji proto stanovit první derivací signálu snímačů úhlu natočení. Snímače otáček rozdělujeme podle použitého principu do čtyř skupin na mechanické otáčkoměry, spojitě indukční otáčkoměry, impulzní otáčkoměry a stroboskopické otáčkoměry.

4.5.1. Mechanické otáčkoměry

Mechanické otáčkoměry využívají účinky odstředivé síly na rotující hmotu, jejíž pohyb se převádí na snímač polohy. Používají se často i jako samočinné spínače spínající při dosažení určitých otáček či při poklesu pod určité otáčky.

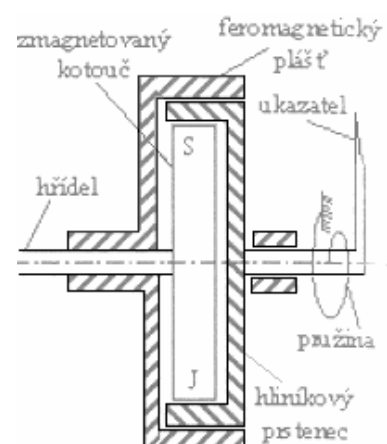


4.5.2. Spojitě indukční otáčkoměry

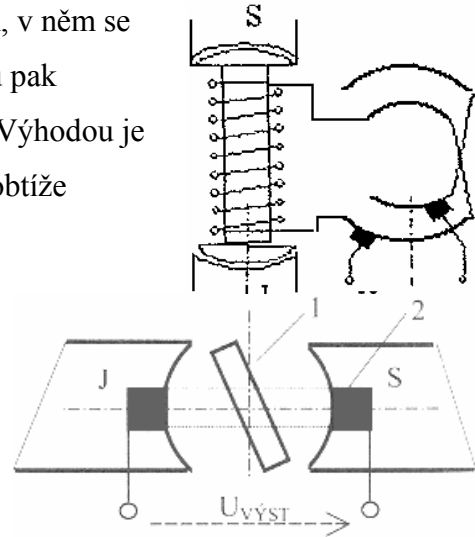
Mohou být magnetické nebo elektrodynamické a to na stejnosměrný nebo střídavý proud.

Magnetické otáčkoměry využívají účinek vířivých proudů indukovaných v hliníkovém prstenci magnetickým polem při otáčení magnetu. Hliníkový kotouč je spojen se spirálovou pružinou, která vyvozuje direktivní moment a ukazatel se proto natočí o úhel úměrný úhlové rychlosti kotouče.

Elektrodynamické otáčkoměry využívají indukčního zákona ($U = B \cdot l \cdot v$) generují tedy napětí přímo úměrné otáčivé rychlosti ω . Z hlediska funkce je dělíme na stejnosměrné generátory (tachodynamy) a střídavé generátory (tachoalternátory).

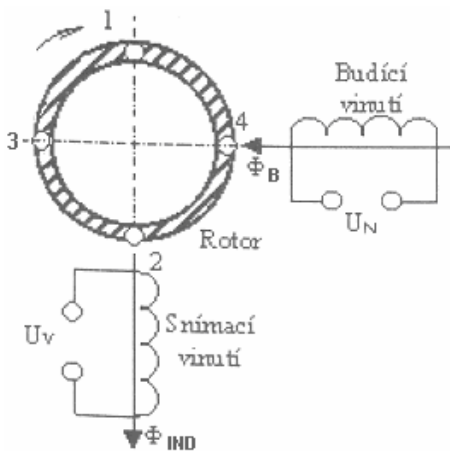


Tachodynamo má stator tvořen permanentním magnetem, v něm se otáčí rotor s vinutím vyvedeným na komutátor. Z kartáčů pak odebíráme stejnosměrné napětí U_{VYST} úměrné rychlosti. Výhodou je velká citlivost, nedostatkem je poměrně velké zvlnění a obtíže s komutací.



Tachoalternátory jsou buď s rotorem z permanentního magnetu nebo s tzv. bubínkovým (klecovým) rotorem. U otáčkoměrů s rotujícím permanentním magnetem se indukuje do statoru napětí úměrné otáčkám.

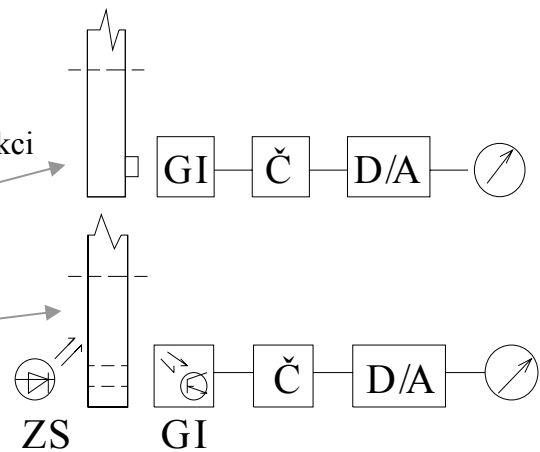
Tachoalternátor s bubínkovým rotorem má na statoru



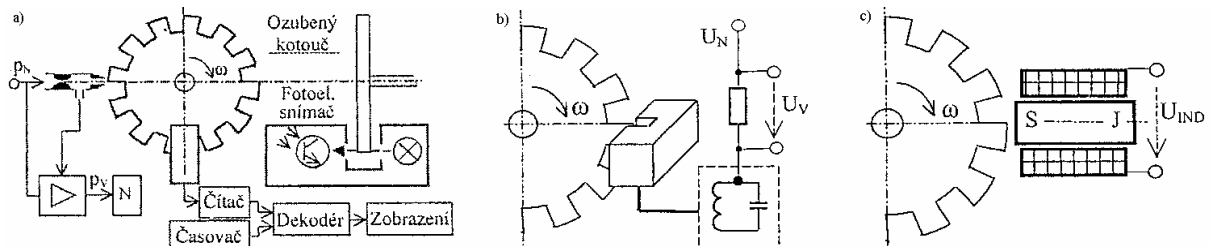
dvě cívky prostorově natočené o 90° - budicí, napájenou střídavým napětím, a snímací, ve které se indukuje výstupní střídavé napětí s frekvencí odpovídající frekvenci budicího napětí. Toto napětí je při stálém buzení úměrné úhlové rychlosti rotoru. Tachoalternátory se používají v rozsahu až do $8000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$, linearita charakteristiky v nezatíženém stavu je lepší než $0,01 \%$.

Impulzní otáčkoměry

Detekují polohu značky na rotujícím objektu a vyhodnocují počet pulzů za jednotku času. K detekci polohy značky lze využít kontaktní snímač (jazýčkové relé ovládané magnetickým polem), indukčnostní snímač (rotuje feromagnetický výstupek), optoelektronický snímač a další. Výhody impulzních otáčkoměrů jsou číslicový tvar signálu a přesnost, nevýhodou je přetržitá



činnost (nereagují na změny úhlové rychlosti během jedné otáčky). Pro zlepšení můžeme



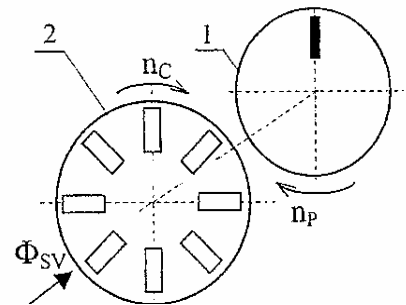
použít ozubené kolo, které vytváří během jedné otáčky více impulzů (podle počtu zubů). Opět

existuje spousta principů jako například pneumatický a fotoelektrický snímač otáček (obr. a), snímač s vysazováním oscilací vlivem vířivých proudů (obr. b), nebo elektromagnetický snímač s otevřeným magnetickým obvodem (obr. c)

4.5.3. Stroboskopický otáčkoměr

je funkčně založen na setrvačnosti zrakového vjemu a tím spojování oddělených fází pohybu na vjem spojitého pohybu. Měřený rotující předmět je ozařován tokem světla a přes rotující clonu s výřezy se na něm vytvoří značka. Otáčky clony n_{c1} se regulují tak, aby se značka na měřeném předmětu zdánlivě zastavila (při celém násobku otáček tělesa). Poté se zvýší otáčky clony n_{c2} tak, aby se značka ustálila ještě jednou a měřené otáčky předmětu vypočteme ze vztahu

$$n_p = p \frac{n_{c1} \cdot n_{c2}}{|n_{c1} - n_{c2}|}, \text{ kde } p \text{ je počet štěrbin na cloně.}$$



4.6. Snímače tlaku (síly)

Jelikož tlak je síla působící na plochu $p = \frac{F}{S}$, můžeme většinu snímačů tlaku použít k měření působící síly a naopak snímače síly použít k měření tlaku. Základní jednotkou tlaku je Pascal. Tento tlak je vyvozen silou 1 N působící kolmo na plochu 1 m² (malá jednotka - používají se jeho násobky kPa, MPa). Užívají se i jednotky bar (1 bar = 105 Pa) a torr (1 torr = 133,322 Pa), který je definován jako hydrostatický tlak rtuťového sloupce výšky 1 mm. S pojmem tlak souvisí termín atmosférický (barometrický) tlak,

což je statický tlak ovzduší způsobený jeho tíhou, ten se mění s tepelnými pochody v ovzduší a při konstantní teplotě klesá s nadmořskou výškou. Jeho normální hodnota je 101325 Pa (1013,25 hPa, tomu odpovídá 760



torr) a to na stupnici začínající při nulovém tlaku, tj. v absolutní nule. Takto měřený tlak nazýváme absolutní. V některých technických aplikacích se zpracovává signál daný rozdílem dvou absolutních tlaků, který se označuje pojmem tlaková diference.

Přístroje pro měření tlaku nazýváme obecně tlakoměry, z hlediska jejich určení se užívají pojmy:

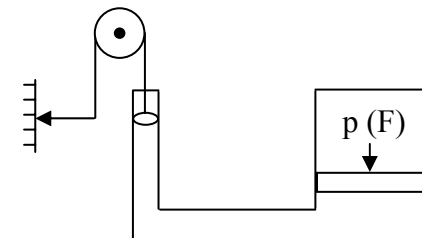
- *barometr* - je tlakoměr pro měření atmosférického tlaku,
- *vakuometr* - je tlakoměr pro měření velkých podtlaků,
- *manovakuometr* - je tlakoměr pro měření malých podtlaků a přetlaků,
- *manometr* - je tlakoměr pro měření přetlaku.

Konstrukčně existuje spousta snímačů tlaku, přičemž principiálně je rozdělujeme na kapalinové, deformační a elektrické (ty jsou uvedeny v kapitole snímače síly)

4.6.1. Kapalinové tlakoměry

Kapalinové tlakoměry určují tlak z výšky nebo rozdílu výšek sloupců kapaliny v nádobách vhodného tvaru (U-trubice, prstenec, nádobka s uzavřeným, otevřeným, svislým nebo skloněným ramenem). V Torricelliho trubici se používá pro přesné měření barometrického tlaku.

Technicky nejrozšířenější aplikací kapalinových tlakoměrů jsou snímače realizované nádobou tvaru U-trubky s vloženým plovákem (tzv. plovákový tlakoměr), jehož svislý pohyb je přenášěn na stupnici ukazovacího nebo zapisovacího zařízení.

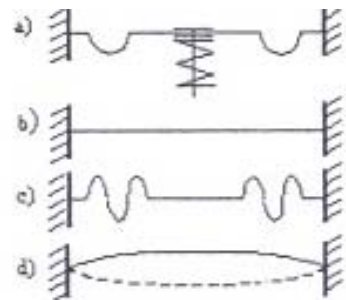


4.6.2. Deformační tlakoměry

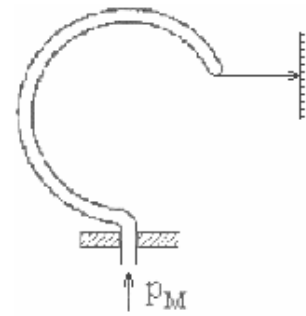
Deformační tlakoměry určují tlak z deformace měřicího prvku v lineární části deformační charakteristiky, popisující závislost jeho zdvihu na působícím tlaku. Jsou to nejpoužívanější snímače tlaku vzhledem ke konstrukční jednoduchosti a tím i ceně, spolehlivosti, přenosnosti a přitom dostatečné přesnosti.

Membránový tlakoměr používá ve funkci snímacího prvku membránu sevřenou mezi dvěma přírubami. Na základě deformační charakteristiky členíme membrány do dvou skupin:

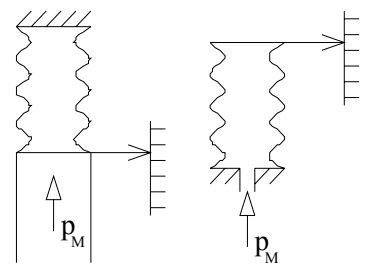
- bez vlastní charakteristiky (astatické), nejčastěji pryžové s textilní vložkou se středem vyztuženým talířem. Pro zvýšení zdvihu jsou vybaveny prolisem, v tom případě přenášejí pouze tahové, nikoli ohybové napětí (obr. a).
- s vlastní charakteristikou a to v provedení plochém (mají malý zdvih - obr. b), s prolisem (výrazně větší zdvih v rámci linearity charakteristiky - obr. c) nebo s předepnutím (jsou to ploché membrány předepnuté do mírného prohnutí, které mají nespojitou charakteristiku a při překročení určitého tlaku se překlápí do opačné symetrické polohy – obr. d).



Trubicový tlakoměr (s tzv. Bourdonovou trubicí) patří mezi nejrozšířenější snímače tlaku. Jeho snímacím prvkem je trubice zploštělého průřezu, vy tvarovaná do kruhového oblouku se středovým úhlem asi 270° . Pevným koncem je spojena s měřeným prostorem, druhý (volný) konec je uzavřen. Účinkem tlaku se volný konec napřimuje a tento pohyb se převádí na indikační orgán. Pro nižší tlaky (asi 5 MPa) se trubice vyrábějí z tombaku, pro vysoké tlaky z oceli.



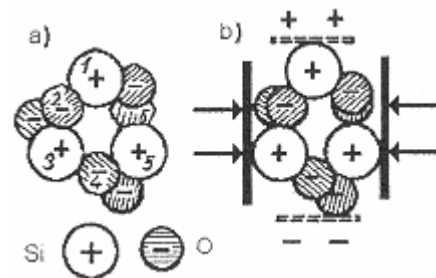
Vlnovcový tlakoměr užívá ve funkci snímacího prvku kovový měch válcového tvaru s vyválnými vlnami, tzv. vlnovec. Pro měření se používá buďto vlnovec uzavřený nebo s přívodem měřeného tlaku. Uzavřený vlnovec je na jedné straně upevněn a na druhou pohyblivou stranu je přiváděn měřený tlak, který jej deformuje, vlnovec s přívodem tlaku má otvor do kterého je přiváděn měřený tlak a druhý volný konec se pohybuje v závislosti na jeho velikosti. Jeho výhodou je velký zdvih ve srovnání s membránovým tlakoměrem. Používá se jak pro citlivé přístroje s malými rozsahy (tombak), tak i pro vysokotlaké snímače do 1 MPa (ocel).



4.7. Snímače síly (tlaku)

4.7.1. Piezoelektrický snímač

Funkce piezoelektrického snímače je založena na přímém piezoelektrickém jevu, při němž deformací krystalů dielektrik, které nejsou středově souměrné vzniká polarizací vázaný náboj. Na elektrodách přiložených k povrchu krystalu se proto indukuje volný náboj. V měřicí technice se používá především křemen SiO_2 . Strukturu jeho šesterečného krystalu s atomy křemíku (kladné náboje) a kyslíku lze při promítání do roviny kolmé na hlavní krystalografickou osu znázornit podle obr. a) Pokud na krystal nepůsobí vnější síla, je poloha těžišť nábojů obou polarit shodná a krystal je elektricky neutrální. Působením tlakové síly se těžiště nábojů posunou a v krystalu vzniknou orientované dipóly, které způsobí polarizaci krystalu vyznačenou na obr. b). Tím vzniká malé napětí úměrné velikosti působící síly.



4.7.2. Tenzometrické snímače síly

Tenzometrické snímače vyhodnocují změnu odporu způsobenou změnou geometrických rozměrů nebo krystalografické orientace snímacího prvku (tenzometru) vlivem deformace pružícího měrného prvku se kterým je tenzometr pevně spojen.

Podle materiálu a tvaru tenzometry rozdělujeme na:

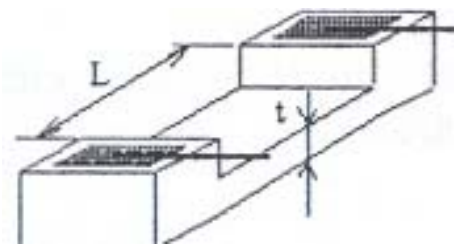
- kovové - drátkové (volné nebo lepené), fóliové, vrstevové,
- polovodičové - monokrystalické (lepené, difundované do Si substrátu), polykrystalické.

Nejužívanější **kovové tenzometry** jsou **fóliové**. Vyrábějí se fotolitograficky z kovových fólií s minimální tloušťkou $5\mu\text{m}$ upevněných na izolačních podložkách (polyamid, fenolový film). Tato technologie umožňuje vyrábět snímače ve tvarech odpovídajících způsobu namáhání a konstrukčnímu provedení měřeného prvku takže po nalepení velmi dobře kopírují měřenou deformaci, proudová zatížitelnost je do $100\text{ A}\cdot\text{mm}^{-2}$.



Monokrystalické polovodičové lepené tenzometry se vyrábějí orientovaným dělením monokrystalů Si. Vláčna křemíku široká asi $0,5\text{ mm}$ s délkou $1 \div 6\text{ mm}$ se ve střední části opracují s vysokou přesností na tloušťku v rozmezí $5 \div$

$15\mu\text{m}$ (kóta t). Ke kovovým kontaktním plochám umístěným u konců tenzometru, a tím přesně vymezujícím jeho aktivní část (kóta L), jsou termokompresí při vaření vývody z ryzího zlata

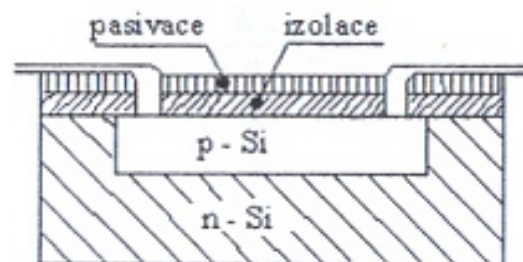


s průměrem drátku $0,05\text{ mm}$ a délkou asi 25 mm . Spodní plocha je rovinností svého povrchu uzpůsobena k lepení tenzometru na deformovaný prvek opatřený izolační vrstvou.

Monokrystalické difundované tenzometry se vyrábějí difuzí polovodiče P do Si substrátu typu N, opatřeného vývody a tvořícího nosnou část konstrukce snímače. Povrch je izolován vrstvou SiO_2 a pasivován vrstvou Si_3N_4 . Přednosti polovodičových tenzometrů ve srovnání s kovovými odporovými tenzometry jsou

vysoká deformační citlivost, neměřitelná vlastní hystereze, větší rozsah odporů, vyšší mezní statická pevnost a vyšší únavová životnost.

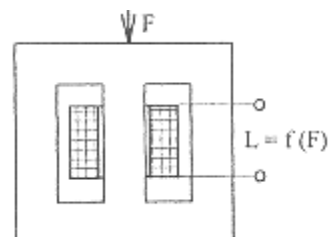
Vyhodnocovací obvody tenzometrických snímačů jsou modifikované můstky vyvážené při nezatížených tenzometrech.



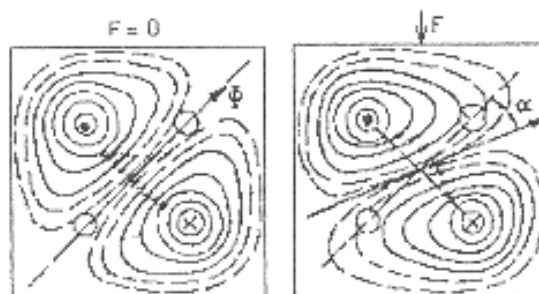
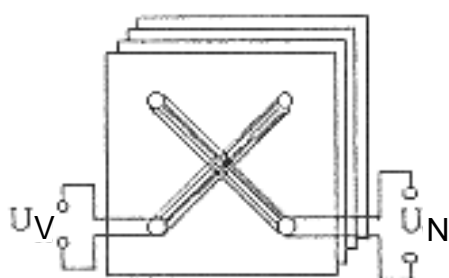
4.7.3. Magnetické snímače síly

Činnost magnetických snímačů síly je založena na stanovení změn magnetických veličin vyvolaných deformacemi feromagnetických materiálů, uspořádaných v uzavřených magnetických obvodech, v jejichž důsledku se mění impedance magnetického obvodu nebo vlastní či vzájemná indukčnost cívek. Ze skupiny magnetomechanických jevů jsou pro měření síly nejdůležitější principy magnetoanizotropie a magnetostrikce.

Magnetostrikční snímač využívá jevu, který vlivem deformací vyvolaných vnějšími silami (tlakem) mění permeabilitu feromagnetika a tím i velikost indukovaného napětí do cívky.



Magnetoanizotropní snímač má v tělese snímače složeného z plechů ve čtyřech otvorech symetricky vzhledem ke středu vložena dvě vinutí. Připojíme-li jedno vinutí na napětí U_N , začne jím procházet proud a vytvoří se magnetické pole v jehož magnetické neutrále leží sekundární cívka. Nebude-li působit žádná síla ($F = 0$), bude indukční vazba mezi vinutími minimální a neměříme žádné napětí U_V . Bude-li působit síla (F různé od 0) magnetický tok Φ budícího vinutí se natočí tak, že zasáhne sekundární obvod (sekundární cívka protíná magnetické siločáry) a naindukuje v něm výstupní napětí U_V úměrné působící síle (tlaku).



4.8. Snímače teploty

Teplota je fyzikální veličina vyjadřující míru tepelného stavu tělesa. Teplo je forma energie, která má svůj původ v neuspořádaném pohybu elementárních částic. Pro kvantitativní popis různých tepelných stavů je nutné jim přiřadit číselné hodnoty a definovat tak stupnici teploty. Ke stanovení teploty se používají závislosti určitých fyzikálních veličin na teplotě, u nichž lze souvislost mezi teplotou a zvolenou veličinou matematicky vyjádřit. Pro měření teploty byly stanoveny dvě stupnice.

Termodynamická absolutní (Kelvinova) teplotní stupnice (T). Nulový bod této stupnice, tj: 0 K, se nazývá absolutní nulová teplota a odpovídá stavu, při němž by ustal termický pohyb

elementárních částic. Základní jednotkou termodynamické teploty je Kelvin označovaný symbolem [K].

Mezinárodní teplotní stupnice (Celsiova)(t). Nulovým bodem této stupnice je tzv. trojný bod vody, což je rovnovážný stav jejích všech tří skupenství (led, voda, sytá vodní pára) Základní jednotkou mezinárodní stupnice teploty je stupeň Celsiův označovaný [°C].

Velikost jednotek obou stupnic [°C, K] je shodná a protože trojný bod vody má v absolutní stupnici hodnotu $T = 273,15 \text{ K}$, je souvislost obou stupnic dána vztahem $T = t + 273,15$

Snímače teploty rozdělujeme podle umístění měřícího čidla na dotykové - elektrické (odporové kovové a polovodičové, termoelektrické, polovodičové s PN přechodem);- dilatační (kovové, kapalinové); - tlakové (kapalinové, plynové, parní) a bezdotykové - pyrometry (úhlné, spektrální - monochromatické).

4.8.1. Snímače pro dotykové měření teploty

Elektrické snímače teploty

Odporové kovové snímače teploty

Princip odporových snímačů teploty spočívá ve využití závislosti odporu kovů na teplotě.

Základní materiálovou konstantou popisu této závislosti je teplotní součinitel odporu standardně označovaný symbolem α . Jeho hodnota je definována poměrnou změnou odporu

vztaženou na jednotkovou změnu teploty: $\alpha = \frac{\Delta R}{R_{20} \cdot \Delta \vartheta} [\text{K}^{-1}]$

Odporové polovodičové snímače teploty

Polovodičové snímače teploty využívají závislost odporu na teplotě, přičemž její dominantní složkou je závislost koncentrace nosičů náboje na teplotě. Rozdělují se na:

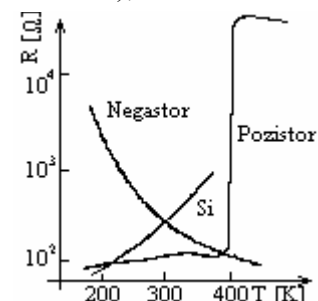
- termistory- negastory (termistor NTC - Negative Temperature Coefficient),
 - posistory (termistor PTC - Positive Temperature Coefficient),
- monokrystalické snímače bez PN-přechodu.

Negastory jsou termistory se záporným teplotním součinitelem odporu, vyráběné práškovou technologií ze směsi oxidů kovů.

Závislost odporu negastoru na teplotě je přibližně exponenciální,

Pozistory jsou termistory s kladným teplotním součinitelem odporu, vyráběné

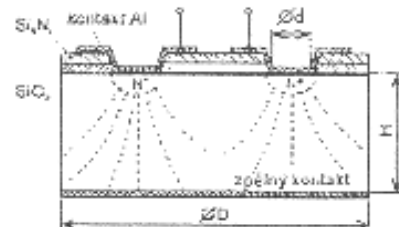
z polycrystalické ferroelektrické keramiky (titanit barnatý BaTiO_3). Odpor pozistoru s růstem teploty nejprve mírně klesá, nad Curieovou teplotou v úzkém teplotním rozmezí



prudce vzrůstá asi o 3 řády, pak opět mírně klesá. Oblast nárůstu odporu lze chemickým složením ovlivňovat, takže lze vyrobit sadu teploměrů s navazujícími teplotními rozsahy v rozmezí 40 - 180°C odstupňovanými po 10°C.

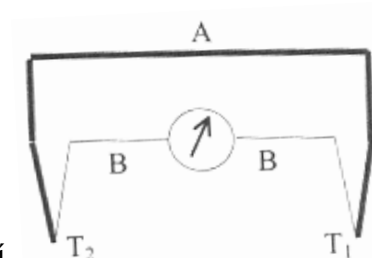
Používají se proto pro přesná měření v definovaných úzkých rozsazích, pro dvoustavové snímače nebo jako čidlo teploty rychlostních elektrických snímačů průtoku

Monokrystalické snímače teploty bez PN přechodu pracují na principu kuželovitého rozptylu proudu mezi dvěma elektrodami, přičemž odpor struktury závisí na pohyblivosti volných nosičů náboje a je proto funkcí teploty.



Termoelektrické snímače teploty

jejich funkce je založena na vzniku termoelektrického napětí ve styku dvou různých kovů (polovodičů), jejichž konce jsou umístěny v prostředích s různými teplotami. Fyzikálně vzniká toto napětí tak, že nosiče náboje v teplejším prostředí mají větší energii a difundují do chladnějšího prostředí. Napětí se dá definovat pro malé teplotní rozsahy lineárním vztahem: $U = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$.



Polovodičové snímače teploty s PN přechodem

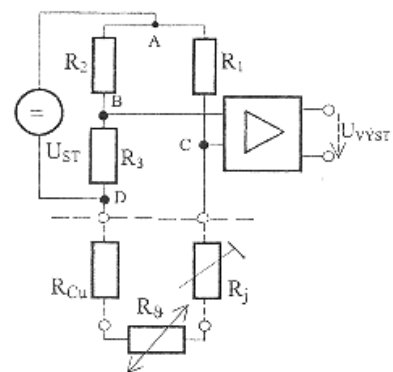
jejich funkce vychází z využití teplotní závislosti PN přechodu pólovaného propustně.

Závislost napětí diody v propustném směru na teplotě je dána vztahem: $U_D = U_{D0} - k \cdot \Delta\theta$, kde k je Boltzmanova konstanta ($1,23 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$) a U_{D0} je počáteční napětí diody.

Vyhodnocovací obvody elektrických snímačů teploty

Vyhodnocovací obvody elektrických teploměrů jsou zpravidla na bázi Wheatstonova můstku často doplněné o diferenciální zapojení operačního zesilovače, kterými lze teplotu vyhodnocovat výhylkovou nebo kompenzační metodou.

Např. dvouvodičové zapojení odporového snímače teploty

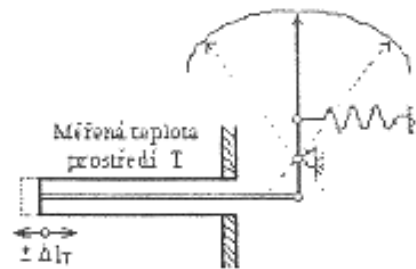


Dilatační snímače teploty

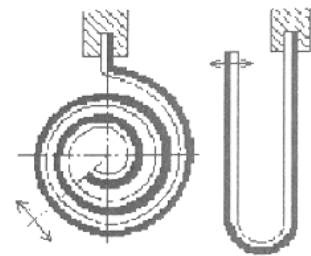
Principem funkce dilatačních snímačů je změna délky nebo objemu měronosné látky působením měřené teploty. Rozdělujeme je na kovové (tyčový a bimetalový teploměr) a kapalinové.

Kovové snímače teploty

Tyčový teploměr využívá ve funkci snímače teploty dilataci trubky s jedním koncem pevně fixovaným a volným druhým koncem umístěným v měřeném prostředí.



Bimetalový teploměr je principiálně založen na nestejně teplotní roztažnosti dvou různých kovů. Konstrukčně je tvořen dvěma pásky po celé délce spojenými, přičemž jeden ze dvou konců je pevně fixován. Při změnách teploty se tento dvojitý pásek deformuje do oblouku tak, že materiál s větší roztažností je na vnější straně. Výchylka druhého (tj. volného) konce je funkcí teplotní změny.



Kapalinové snímače teploty

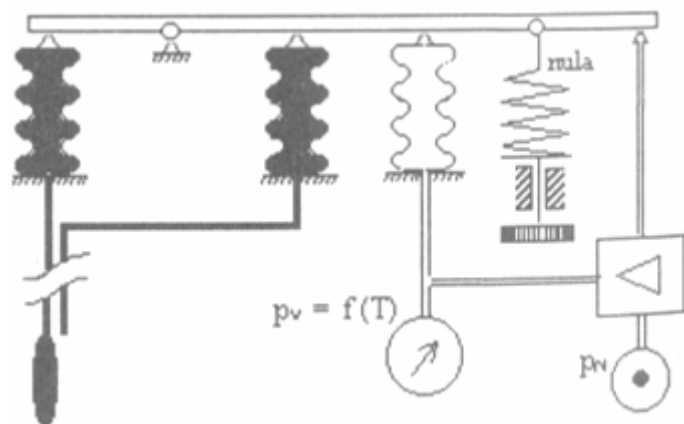
Jsou principiálně založen na závislosti objemové roztažnosti kapalin účinkem teplotních změn. Kapalinové teploměry se skládají z jímky tvořící zásobník měrné kapaliny a na ni navazující kalibrované kapiláry, do které dilatuje teplotou zvětšený objem kapaliny. Náplň bývá zpravidla rtuť (-38 + 365°C), obarvený etylalkohol (-100 + 60°C), pentan (-190 + 15°C) a další kapaliny. Nejčastější je použití rtuti pro její nejpřesnější lineární roztažnost.

Tlakové snímače teploty

Podle druhu náplně rozdělujeme tyto přístroje na kapalinové, parní a plynové.

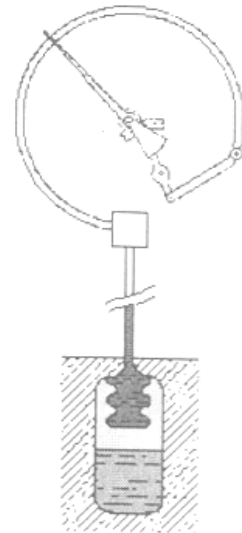
Kapalinové tlakové snímače teploty - snímač se skládá ze tří částí: stonku zakončeného nádobkou vloženou do měřeného prostředí, spojovací kapiláry a tlakoměrného převodníku, kterým bývá membrána, vlnovec nebo

Bourdonská pružina. Deformace převodníku změnou tlaku náplně odpovídá snímané teplotě. Stonek je zcela vyplněn teploměrnou kapalinou a tvoří nerozebíratelný celek. Kapalina musí mít velký součinitel objemové roztažnosti, velkou tepelnou vodivost, malé měrné teplo a zanedbatelný tlak



par v měřicím rozsahu snímače. Používá se proto například glycerín (-20 ÷ 290°C), xylen (-40 ÷ 400°C), metylalkohol (-45 ÷ 150°C), příp. rtuť (-38 ÷ 365°C).

Parní tlakové snímače teploty - jsou konstrukčně podobné kapalinovým, avšak náplň je tvořena nasycenou parou, která je v rovnováze s kapalinou, vyplňující celou kapiláru. Využívá se závislosti tlaku nasycených par náplně na teplotě, protože tlak nasycených par nezávisí na objemu. Pro snímač stačí malý objem vypařující se kapaliny, kterou bývá metylchlorid ($-18 \div 75^{\circ}\text{C}$), etylester ($35 \div 190^{\circ}\text{C}$), či toluen ($120 \div 300^{\circ}\text{C}$).



Plynové tlakové snímače teploty - mají konstrukčně podobný systém jako parní, ale jsou naplněny plynem s malým měrným teplem (N_2 , H_2 , CO_2), pro který platí $T_2 - T_1 = (p_2 - p_1) V/R$; kde

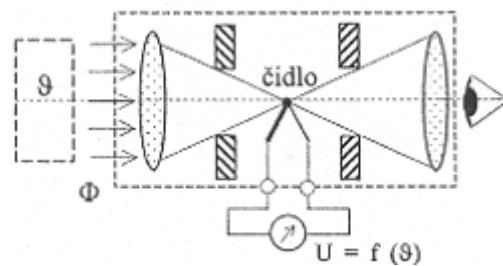
T_1 a T_2 jsou absolutní teploty, R plynová konstanta, V objem jímky a p_1 resp. p_2 tlak plynu při teplotě T_1 resp. T_2 .

4.8.2. Snímače pro bezdotykové měření teploty

Bezdotykové měření teploty spočívá ve vyhodnocení energie elektromagnetického záření vysílaného povrchem zkoumaného tělesa. Při měření jeho teploty se využívá jak viditelná část spektra v rozmezí 400 nm až 760 nm, tak i infračervená oblast do 30 μm , tomu odpovídá rozsah teplot v mezích (-40 až 10000°C). Snímač, na který toto záření dopadá, je současně odráží, propouští a pohlcuje, takže k vlastnímu vyhodnocení je užitečná pouze pohlcená energie.

Přístroje souřící pro bezdotykové měření teploty nazýváme pyrometry a rozdělujeme je podle šířky měřeného pásma na úhrnné (radiační) pyrometry celkového záření, tj. záření v celém rozsahu vlnových délek a spektrální (pásmové, monochromatické) pyrometry v omezeném rozsahu vlnových délek

Úhrnné pyrometry vyhodnocující dopadající záření teoreticky v celém spektru vlnových délek (0 až ∞). Jejich snímacími prvky jsou tepelná čidla (termočlánky, termočlánkové baterie, termistory), které se účinkem dopadajícího záření chovají jako neselektivní snímače, tj. vykazují rovnoměrnou citlivost pro všechny vlnové délky.

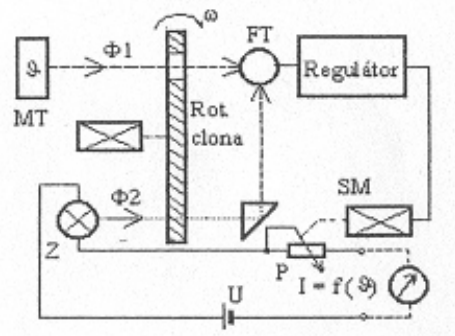
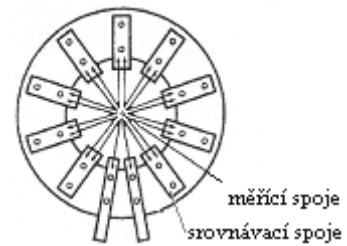


Vzhledem k malému oteplení měřicího spoje se pro zvýšení citlivosti zapojují do série, začerňují a umísťují do ohnisek optických soustav nebo zrcadel soustředujících zářivý tok měřeného tělesa na konce vlastního čidla - baterie

termočlánků. Baterie termočlánků jsou konstruovány jako tenké kovové pásky hvězdicovitě umístěné uprostřed snímače, srovnávací konce jsou na vnější kruhové desce a vzniklé termoelektrické napětí odpovídá měřené teplotě.

Spektrální pyrometry vyhodnocují záření v malém rozpětí vlnových délek (od 10 nm do jednotek μm), daném spektrální citlivostí snímače záření a spektrální prostupností optiky. Jejich čidla jsou kvantové snímače záření transformující jeho energii na elektrický signál prostřednictvím tzv. vnitřního fotoelektrického jevu. Ten spočívá v generování nosičů náboje účinkem dopadajícího záření. Následkem toho dochází ke zvýšení vodivosti snímače nebo vzniku hradlového napětí.

Termočlánková baterie



5. SERVOMOTORY

5.1. Základní pojmy

Servomechanismus je zpětnovazební zařízení umožňující regulaci polohy prvků soustav podle hodnot výstupní stavové veličiny.

Stavové veličiny jsou takové veličiny, které charakterizují stav termodynamické soustavy, např. tlak, teplota, objem .

Servomotor (zkráceně servo) je motor pro pohony (většinou elektrické, ale existují také hydraulická, pneumatická či dokonce parní serva), u kterých lze na rozdíl od běžného motoru nastavit přesnou polohu natočení osy. Ovládají se jím například posuvy CNC strojů (CNC – zkratka z anglického Computer Numerical Control – mezinárodně používaná zkratka pro číslicové řízení pomocí počítače- CNC je systém, který obsahuje počítač nebo mikroprocesor jako svou integrální část), nastavení čtecí hlavičky u pevného disku apod.

5.2. Elektrické pohony

Elektrické servomotory jsou řízeny prakticky výhradně tranzistorovými měniči s pulzní šířkovou modulací.

Poloha hřídele servomotoru je zajišťována elektricky pomocí fotoelektrického snímače (encoder) nebo pomocí rozkladače (selsynu). Pro levné aplikace lze použít optické snímání pomocí kódového kotoučku či proužku. Nedoporučuje se potenciometr.

Signál snímače polohy je přiveden pomocí zpětné vazby na regulátor, který porovnává skutečnou polohu motoru s žádanou polohou. Na základě rozdílu žádané a skutečné polohy regulátor řídí měnič a tak nastavuje motor na žádanou polohu. **AC servomotory**

Střídavé (AC) servomotory jsou bezkartáčové synchronní motory s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. Optimalizovaná konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů (neodym-železo-bór) dovoluje až 5-násobné momentové přetížení a tyto motory jsou proto vhodné pro dynamicky náročné úlohy. Doplněním vhodnou planetovou převodovkou je možno optimalizovat potřebný moment k otáčkám pohonu.



Servomotory s 8-pólovou konstrukcí se vyrábí do výkonu 2,2 kW, s 6-pólovou konstrukcí až do výkonu 9,7 kW. Malé servomotorčky, které jsou 6-pólové se vyrábí do výkonu 630 W. Tyto motorčky mají jmenovité otáčky až 12.000 min^{-1} . Novinkou jsou malé kompaktní servopohony se zabudovanou řídicí jednotkou s on-line komunikací.

5.2.2. Segmentové synchronní servomotory

Z důvodu požadavku na stále menší rozměry servomotorů a požadavku na provozování



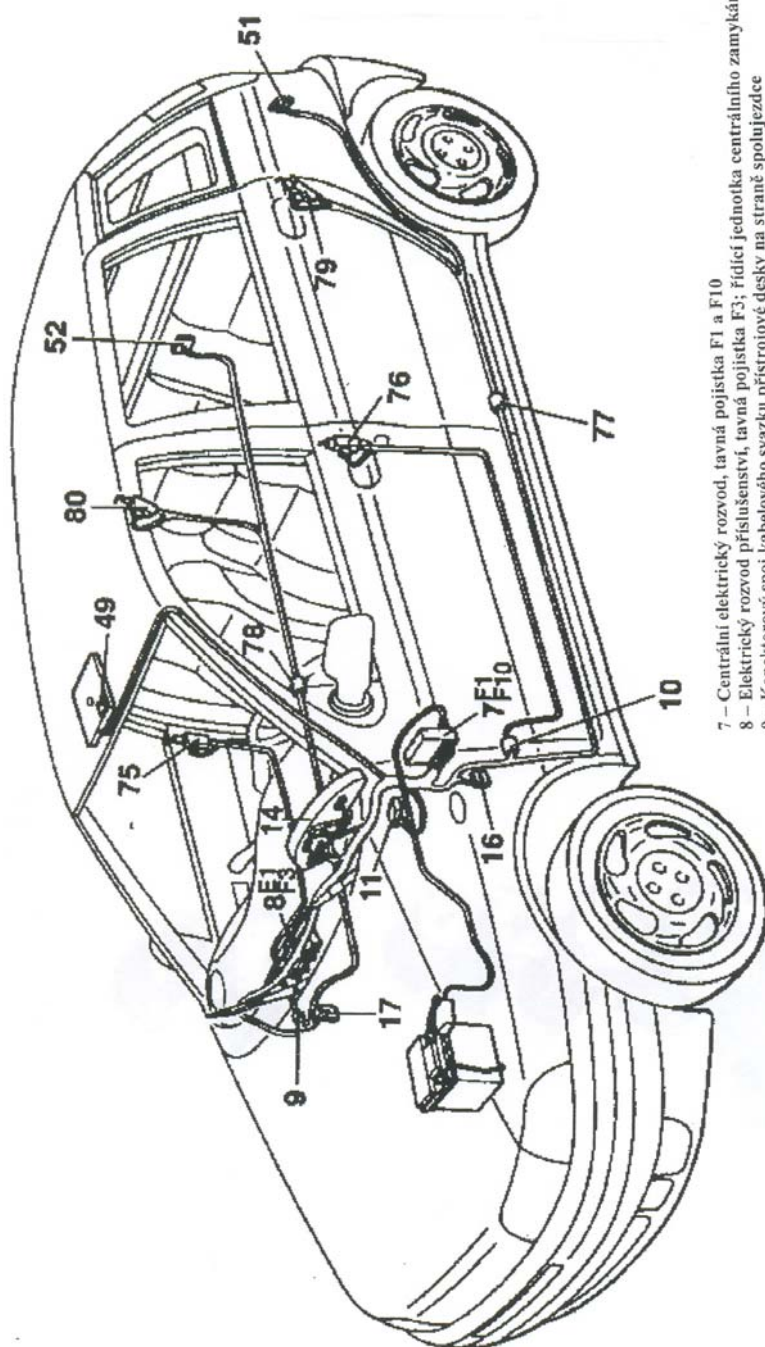
servomotorů při nízkých otáčkách byla vyvinuta nová řada tzv. segmentových servomotorů. Název segmentové servomotory vychází z provedení statoru servomotoru. Zatím co u běžných servomotorů je vinutí vkládáno do již hotového statoru, u segmentových servomotorů se předem navinou jednotlivé fáze na segmenty statoru, z kterých se po té vytvoří svazek.

Segmentové složení statorového svazku umožňuje navíjet každý segment (pól-fázi) vinutí zvlášť v rozloženém stavu. Samostatné navíjení segmentů umožňuje dosáhnout lepšího plnění vinutí a tím zvýšení hustoty magnetického pole generované státorem a také zkrácení čel vinutí. Jak zvýšení plnění tak zkrácení čel vinutí má za následek celkové zkrácení svazku o 40 až 50%. Řada servomotorů H se vyznačuje zkrácenou délkou motoru o 20% – 30% v porovnání se servomotory se stejným momentem.

5.2.3. Elektrické centrální zamykání automobilu

Skládá ze 4 servomotorů, které jsou zabudovány do zámků všech dveří. Řízení obstarává centrální řídicí jednotka. Při zavírání nebo otevírání dveří řídicí jednotka zajišťuje, aby se zároveň zavřely nebo otevřely všechny dveře najednou. Elektronická řídicí jednotka je vybavena bezpečnostním spínačem, který po 15 až 35 sekundách po vydání příkazu k zamknutí nebo odemknutí přeruší dodávku el. energie servomotorům. Tak se zabrání spálení servomotorů, které by v případě, že by např. spínač zůstal „viset“, byly jinak stále pod proudem.

5.3. Pneumatické pohony



- 7 – Centrální elektrický rozvod, tavná pojistka F1 a F10
- 8 – Elektrický rozvod příslušenství, tavná pojistka F3; řídicí jednotka centrálního zamykání E1
- 9 – Konektorový spoj kabelového svazku přístrojové desky na straně spolujezdecky
- 10 – Konektorový spoj
- 11 – Konektorový spoj
- 14 – Vložka v palubní desce, optický ukazatel pro otevřené dveře „R“
- 16 – Místo ukostření levé strany přístrojové desky
- 17 – Místo ukostření pravé strany přístrojové desky
- 49 – Přijímač dálkového ovládání centrálního zamykání
- 51 – Zadní levé ukostření
- 52 – Zadní pravé ukostření
- 75 – Servomotor pravých předních dveří
- 76 – Servomotor levých předních dveří
- 77 – Zadní konektorový spoj, levé zadní dveře
- 78 – Zadní konektorový spoj, pravé zadní dveře
- 79 – Servomotor levých zadních dveří
- 80 – Servomotor pravých zadních dveří

Pneumatické pohony se vyznačují jednoduchým a robustním provedením, čistotou provozu, vysokou provozní spolehlivostí, velkými přestavnými silami (řádově 104 N) a poměrně krátkými přestavnými dobami. Jsou vhodné do provozů s agresivním prostředím i nebezpečím požárů či exploze, a to vše při nízké ceně.

Pneumatické pohony dělíme podle prvku převádějícího tlak na sílu nebo výchylku na pohony s membránou, pístem, vlnovcem (krátká trubka s hluboce zvlněnou stěnou) a speciální, podle způsobu generování pohybu na jednočinné a dvojčinné, podle dráhy výstupního prvku na posuvné, kyvné a rotační.

5.3.1. Jeden z druhů pneumatických pohonů je membránový pohon.

Používá se především v oblasti spojitě regulace pro pohon regulačních orgánů např. klapek, ventilů, šoupátek a žaluzií. Vyrábí se ve velkých sériích a ve stavebnicovém uspořádání, které umožňuje jejich velkou stavební variabilitu. Jejich výhodou je dokonalá těsnost, nevýhodou je relativně malý zdvih.

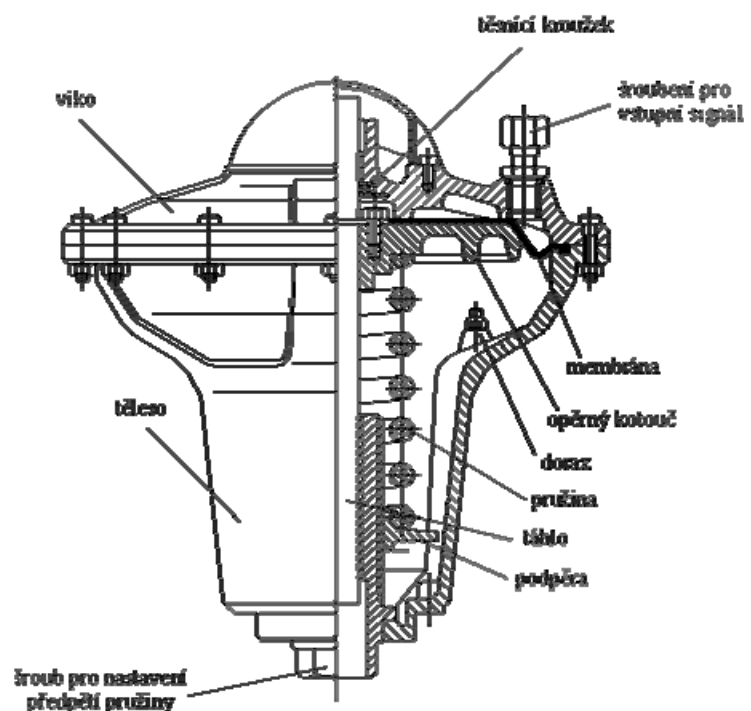
Základní stavebnicová jednotka membránového servomotoru je sestavena z víka a tělesa,

mezi kterými je membrána podložena ze spodní strany kotoučem, o který se opírá pružina.

Předpětí pružiny je možné nastavit otáčením šroubu, čímž podpěra stlačuje nebo uvolňuje pružinu. V opěrném kotouči je zakotveno táhlo, se závity na obou koncích pro připojení spojky. Maximální zdvih táhla je vymezen nastavením dorazu. Táhlo procházející tlakovým prostorem nad membránou se utěšňuje těsnícím kroužkem, a tím se zabrání

pronikání vzduchu. Vstupní signál se zapojí na šroubení.

Řídicí tlak p (o rozsahu 20 – 100 kPa), od regulátoru nebo ručního relé, je zaveden do komory, kde působí na membránu. Tlak způsobí deformaci membrány. Pohyb membrány se přenáší na táhlo. Proti síle vyvolané tlakem ovládacího signálu na membránu působí pružina, která dává pohonu proporcionální charakter. V rovnovážné poloze pneumatického membránového



servomotoru je síla vyvolaná tlakem ovládacího signálu na membránu v rovnováze se silou pružiny. Pružinu lze předepnout šroubem.

5.4. Hydraulické pohony

Pracovní tlaky používané v hydraulických řídicích obvodech dosahují tlaků řádově až desítky MPa. Nelze tedy rozumně použít membránu jako převodový prvek a pružinu pro vratný pohyb. Hydraulické pohony jsou proto zásadně pístové dvojčinné a chovají se jako astatické členy, tj. mají integrační charakter činnosti. Jsou schopny generovat největší síly nebo momenty při malých dobách přestavení a současně při nejmenších možných rozměrech i tíže pohonů, ve srovnání s jinými typy pohonů. To je důvod jejich používání v mobilní technice – od pozemních vozidel přes lodě až po letadlovou a raketovou techniku. Pracují obvykle s elektronickým řízením. Principem se hydraulické pohony v podstatě neliší od pístových dvojčinných pohonů. Mohou pracovat jako proporcionální nebo nespojitě. Liší se pouze způsobem ovládání (rozvaděčem).

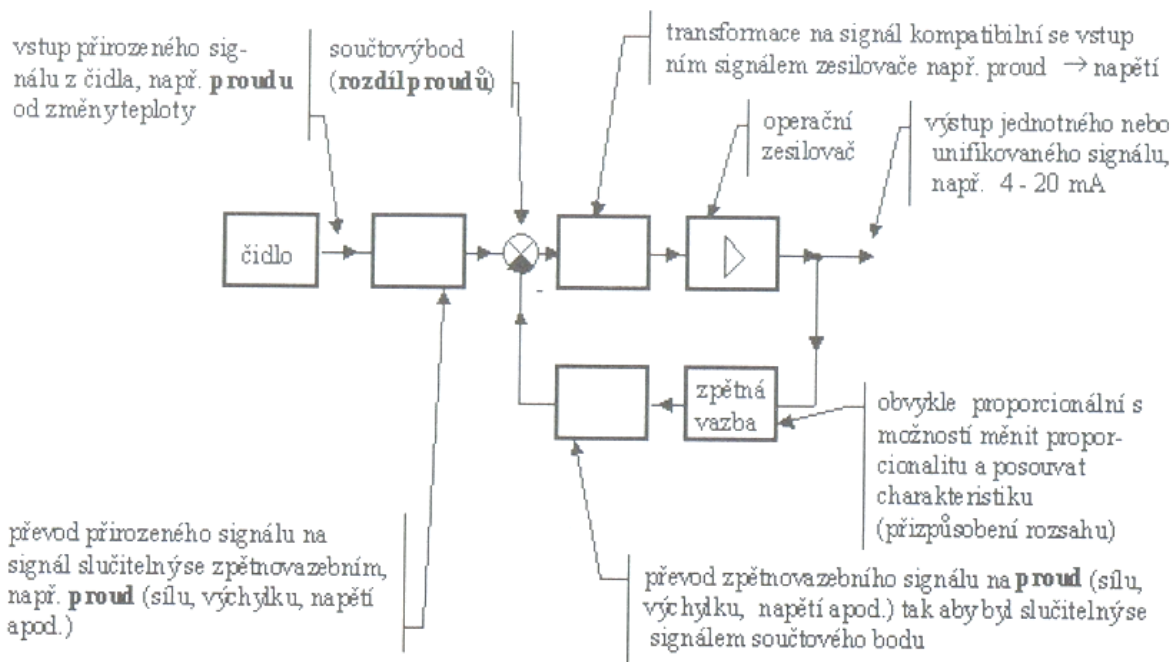
Problémem hydraulických strojů je jejich nečistý provoz a jsou problematické tam, kde je nebezpečí požáru. Jsou-li použity pro spojitou regulaci průmyslových zařízení (např. přítlak válců válcovací stolice, natáčení lopatek hydraulické turbíny, ovládání vstupního ventilu parní turbíny atd.), tvoří vždy jednu stavební jednotku s čerpadlem, zásobní nádrží oleje a rozváděčem. Důvodem je nutnost omezení délky rozvodu kapaliny (hydraulického oleje), ve které při délce vznikají, díky nestlačitelnosti a setrvačným silám, ohromné tlakové rázy.

6. SIGNÁLOVÉ A MEZISYSTÉMOVÉ PŘEVODNÍKY

Převodníky slouží pro generování jednotného nebo unifikovaného signálu z přirozených signálů vznikající v čidlech. Často jsou nazývány *vysílači* příslušní fyzikální veličiny (např. vysílač tlaku, teploty apod.). Umožňují totiž, aby všechny prvky systému mohly pracovat se stejným rozsahem signálu. Potom pro různé fyzikální veličiny i jejich různé rozsahy postačí použít vhodný signálový převodník a všechny další prvky a přístroje jsou shodné. To omezuje sortiment potřebných zařízení, zvyšuje sériovost jejich výroby, a tím snižuje i jejich cenu při plném zachování výkonu a funkčnosti takto vytvořeného systému.

Princip stavby těchto signálových převodníků v podstatě nezávisí na fyzikálním principu senzoru (čidla). Využívá se zde operačních zesilovačů a principu záporné zpětné vazby.

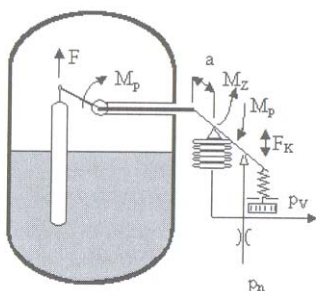
Princip převodu vstupního signálu na jednotný nebo unifikovaný signál si můžeme prohlédnout na následujícím schématu.



Podstatné pro realizaci takového převodníku je kompatibilita signálů vstupujících do součtového bodu, tj. zpětnovazební a přímý signál musí být stejné co do fyzikální veličiny i co do rozsahu a jejich rozdíl musí být zpracovatelný operačním zesilovačem, někdy po jednoduchém převodu (proud \rightarrow napětí, výchylka \rightarrow síla, apod.). U zpětných vazeb realizovaných mechanicky dává podstatně lepší výsledky použití síly (resp.momentu) oproti výchylce. Zařízení je jednodušší a má lepší dynamické i statické vlastnosti (časovou konstantu i přesnost).

Rozdíl mezi signálovým převodníkem (vysílačem měřené veličiny) a mezisystémovými převodníky spočívá v tom, že signálové převodníky transformují přirozený fyzikální signál na jednotkový, popř. unifikovaný, zatímco mezisystémové převodníky transformují jednotný popř. unifikovaný signál jedné energie na jednotný signál jiné energie (např.20-100 kPa na proudový signál 0-20 mA). Princip převodu je však stejný.

6.1. Pneumatický vysílač hladiny

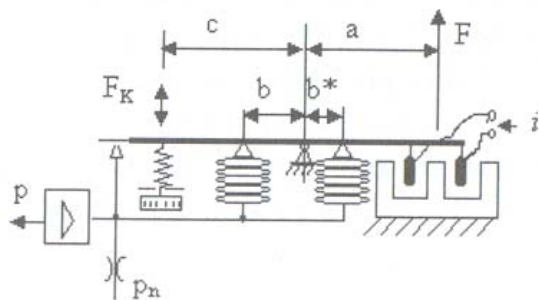


Síla F od vztlakového plováku se přenáší torzní ucpávkou jako moment M_p plováku působící nepatrné natočení páky, která v roli klapky způsobí nárůst výstupního tlaku p_v , který současně ve zpětnovazebním vlnovce vytvoří na rameni a zpětnovazební moment M_z . Moment, vznikající účinkem vytékajícího vzduchu z trysky, je vzhledem k velikosti momentů M_p a M_z zcela zanedbatelný. Změnou ramena a je možno přizpůsobit rozsah snímané hladiny při zachování rozsahu výstupu 20 – 100 kPa. Změnou předpětí pružiny se mění síla F_k , která vyvolává

moment M_k působící posunutí statické charakteristiky. Tím je možné seřídít nulu vysílače. Z rovnováhy momentů $M_p = M_z \pm M_k$ ve sčítacím bodu a jejich vyjádřením zjistíme, že výstupní tlak p_v je úměrný výšce hladiny h .

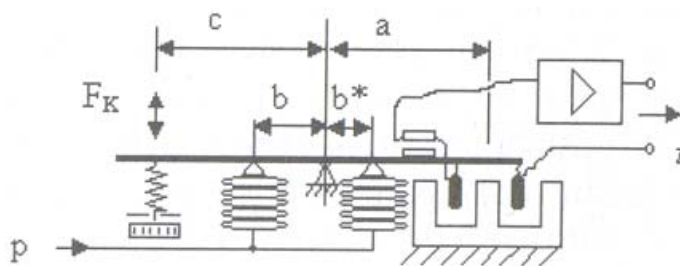
6.2. Mezisystémové převodníky

6.2.1. E-P převodník (elektropneumatický)



Rovnováha na páce je sledována systémem klapka-tryska, který je na výstupu výkonově zesílen. pro rovnováhu ve sčítacím bodu musí být splněna rovnice $i \cdot k \cdot a = S_v \cdot (b - b^*) \cdot p_v \pm c \cdot F_k$

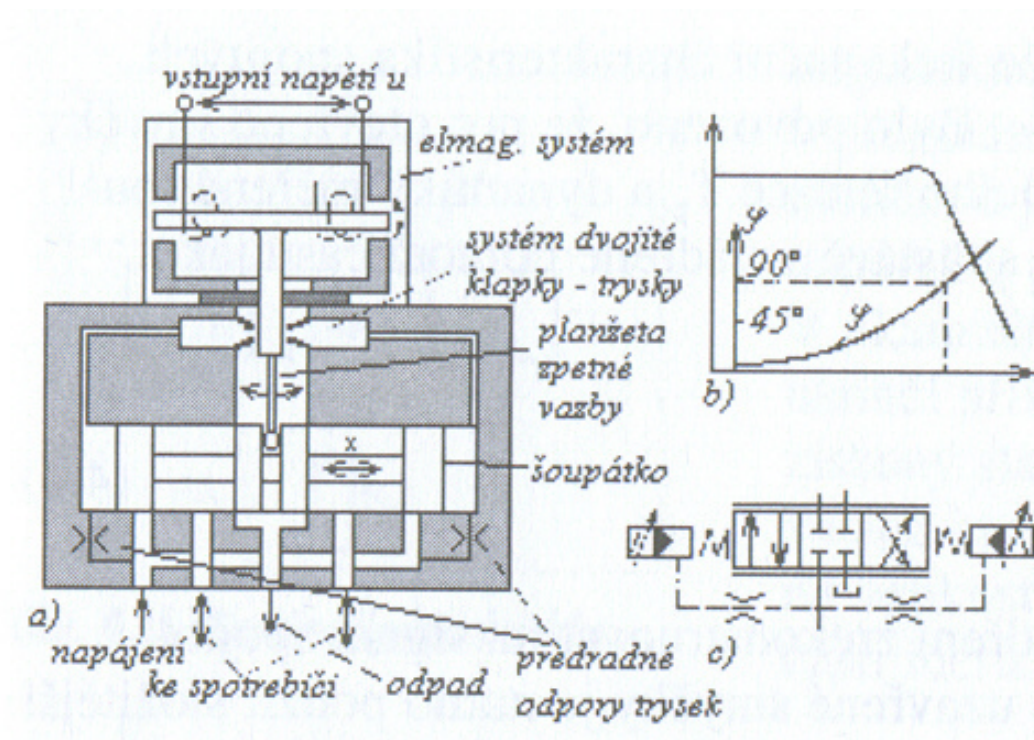
6.2.2. P-E převodník (pneumatickoelektrický)



Rovnováha na páce je sledována indukčním nebo kapacitním snímačem polohy, jehož signál po příslušném výkonovém zesílení působí zpětnovazebně v cívice elektromagnetického systému. Pro

rovnováhu se sčítacím bodu musí opět platit: $p \cdot S_v \cdot (b - b^*) = k \cdot i$

6.2.3. E-H převodník (elektrohydraulický)



U E-H převodníků se jako operačního zesilovače používá buď tryskového rozvodu „Askania“ nebo dvoutryskového rozvodu. Klapka tohoto rozvodu je vychylována silou buzenou elektromagneticky. Tím se změní rozdělení tlaků a druhé trysce, čímž dojde k posouvání tělesa šoupátka tak dlouho, dokud se nevyrovnají síly od zpětnovazební planžety a elektromagnetického systému. Tím se dosáhne proporcionality mezi vstupním elektrickým signálem a výslednou polohou šoupátka, které opět proporcionalně odpovídá výstupní průtok resp. tlaková diference.

7. SIGNALIZACE

Nejen v průmyslových provozech, ale také mimo tuto oblast je důležité zabezpečit signalizací oznamování různých poruch případně momentálního stavu zařízení.

Pro pochopení problematiky budou v textu uvedeny jen některé ze široké škály možností použití signalizace.

7.1. Detekce zaplavení prostoru nebo překročení povolené výšky vodní hladiny

Typ: LD-63HS

Indikace je akustická vestavěnou sirénkou. Pro signalizaci do návazných systémů lze využít spínacího kontaktu relé. Zařízení je napájeno z baterií. Vlastní sonda je vybavena samolepící úchytkou s mechanickou aretací sondy, umožňující její vyjmutí. Instalace zařízení je velmi jednoduchá.

Použití výrobku je v koupelnách, kuchyních a kotelnách. případně při plnění nádrží, bazénů nebo akvárií.



7.2. Indikace požárního poplachu při úniku plynů

Typ: JA-60G

Reaguje na všechny typy hořlavých plynů (zemní plyn, svítiplyn, propan, butan, acetylen, vodík,...) ve dvou úrovních koncentrace. Charakteristickými vlastnostmi výrobku jsou vynikající stabilita, vysoká citlivost, dlouhá životnost, malé rozměry a napájení přímo ze sítě. Přístroj signalizuje únik plynu opticky, akusticky a vysílá též informaci radiovým signálem.



7.3. Detekce rozbití skleněných ploch

Typ:JA-60B



Elektronický systém detektoru sleduje frekvenční spektrum změny akustického tlaku a v případě zachycení charakteristických podnětů provede digitální analýzu. Tento systém omezuje možnost falešného spuštění při zachycení jiných zvuků (zvonek telefonu, chrastění klíčů, vibrace předmětů a podobně).

Testování detektoru usnadňuje automatický testovací režim. Zařízení provádí pravidelně autotest a hlásí svůj stav kontrolním přenosem do systému.

Způsob bezdrátové komunikace garantuje kvalitní přenos signálu. Zařízení je chráněno proti neoprávněné manipulaci nebo pokusu o utržení z montáže systémem sabotážních senzorů.

7.4. Elektronický řídicí systém v dopravě s automatickou signalizací pro elektrické stavění tramvajových výhybek a signalizaci



Elektronický řídicí systém umístěný v plastové skříni vedle trati a přestavník s pohonem namontovaný v kolejišti tvoří celek, který zajišťuje veškeré funkce potřebné pro bezpečné elektrické stavění tramvajových výhybek a signalizaci, včetně evidence důležitých provozních a poruchových stavů. Řídicí systém

mimo to zabezpečuje regulovaný ohřev výhybek.

Systém může být napájen z trolejového vedení (např. 600 nebo 750 V DC) nebo z jakékoli běžné distribuční sítě. Napájení z jiných sítí je možné podle požadavku odběratele a s použitím elektrohydraulického pohonu výhybky.

Řídicí systém v plastové skříni

Plastová skříň je montovaná, plastová, umístěná na zeď, na základu ze stejného materiálu. Kable se vedou do skříně ze země, spodem. Skříň s řídicím systémem obsahuje silové obvody se stykači pro přestavník a ohřev výhybek a řídicí obvody. Napětí pro řídicí obvody se získává pomocí měniče 400 - 900V DC/24 V. Řídicí obvody se skládají z jednotlivých výměnných jednotek (zásuvné desky s konektorem) umístěných v doplňkovém boxu.

Funkce jsou řízeny a kontrolovány mikroprocesory. Také vstupy a výstupy řídicího mikroprocesoru jsou trvale kontrolovány. V případě jakékoli poruchy ohrožující bezpečnost provozu je elektrické stavění výhybky vyřazeno z činnosti. Namontována je i paměťová jednotka, umožňující uchovat informace o provozních stavech po dobu několika týdnů, na přání zákazníka i déle. V testovacím režimu je systém umožňující datovou on-line komunikaci řídicího systému s centrálním počítačem přes standardní rozhraní a po libovolném přenosovém mediu

Blokování proti nežádoucímu přestavení

Po přestavení výhybky nebo po pouhém přejezdu stavěcího bodu, (přijímače), pokud se změna polohy výhybky nevyžaduje, dojde k prvnímu, elektronickému zablokování výhybky řídicí jednotkou - mikroprocesorem. Druhé dodatečné zablokování nezávislé na funkci tramvaje a práci řidiče, zajišťují kolejové blokovací rezonanční obvody umístěné před i za

výhybkou. Jakékoli další elektrické přestavení výhybky je možné až po průjezdu tramvaje celým sledovaným prostorem a uvolněním druhého blokovacího obvodu. Po celou dobu, kdy je systém zablokován signalizuje lampa tuto skutečnost tím, že aktuální symbol trvale bliká. Všechny tyto informace jsou samozřejmě uchovány a k dispozici na paměťové jednotce.

Přestavení, uzamčení a kontrola polohy jazyků

Vlastní provedení přestavení, uzamčení a kontrolu polohy jazyků provádí přestavník s pohonem, umístěný v kolejišti, mezi kolejnicemi. Vlastní pohyb pohonu je přenášen k jazykům hlavním táhlem. Pokud dosáhnou jazyky konečné polohy, táhlo se v této poloze uzamkne. Kontrolní táhlo, upevněné 20 cm od špičky jazyka je jeho pohybem vlečeno do koncové polohy. Pokud není špička jazyka řádně dolehlá a mezi opornicí a jazykem vznikne, např. z důvodu přítomnosti cizího předmětu ve výhybce, mezera větší, než stanovená dodavatelem vyhybkové konstrukce (cca 2mm), signalizuje tuto skutečnost snímač polohy kontrolního táhla řídicímu systému a ten zobrazí tuto závadu na signalizační lampě. Místo požadovaného směru zobrazí se pouze bod. Zvláštní směrnici se stanoví, jak má v takovém případě řidič dále postupovat. Stejným způsobem je snímána poloha hlavního táhla a správná funkce zámku hlavního táhla. Všechny tyto informace jsou samozřejmě uchovány a k dispozici na paměťové jednotce.

Signalizační lampa



Lampa je ve standardním provedení vyrobena ze sklolaminátu. Montuje se buď na stožár nebo se zavěsí na příčné lano nosné sítě trolejového vedení nebo na výložník. Symboly lampy jsou složeny z vysokosvítivých diod LED s dlouhou životností

7.5. Řídicí automatika AD1 - řídicí a kontrolní zařízení pro systémy dvoupotrubního centrálního mazání s mazacími přístroji

Automatika zajišťuje spouštění mazacího přístroje ve stanoveném, volitelném režimu. Je vybavena signalizací chodu mazacího přístroje, signalizací poruchy, event. Signalizací hladiny maziva v zásobníku mazacího přístroje. Automatiku lze aplikovat na libovolně rozsáhlé obvody dvoupotrubního mazání bez ohledu na vlastní stavbu mazacího obvodu a celkový počet mazaných míst. Obvody mohou být vybaveny koncovými tlakovými spínači (standardní provedení do 5 ks) a signalizací chodu dvoupotrubních dávkovačů (standardní provedení do 5 ks). Automatiku lze dále vybavit externí světelnou i zvukovou signalizací poruchy a konektorem dle přání zákazníka na připojení do řídicího (počítačového) systému technologického zařízení.

Kontrola funkce probíhá hlídáním délky doby mazacího cyklu. V průběhu zkušebního provozu změřená doba mazacího cyklu se osadí dvěma mezními časovými hodnotami, z nichž jedna je kratší a druhá delší než mazací cyklus. Automatika sleduje čas každého probíhajícího mazacího cyklu a v případě, že tento neproběhne v intervalu vymezeném osazenými hodnotami, signalizuje automatické řízení poruchu.

Porucha je rovněž signalizována v případě, nesepnou-li se kontakty koncového spínače osazeného na konci potrubí těsně před ukončením mazacího cyklu.

Automatické řízení zabezpečuje kontrolu následujících hlavních poruch : ztuhnutí maziva v rozvodném potrubí, nepředpokládané uzavření potrubí, prasklé rozvodné potrubí, vyčerpaný zásobník maziva, opotřeбенý mazací přístroj.



8. ZAPISOVAČE

Zapisovače představují v oblasti průmyslové automatizace klasický prostředek sloužící k registraci průběhů nejrůznějších technologických údajů. Během let se staly nejpoužívanější dva typy zapisovačů: a to *bodové* a *liniové*

Údaje se na nich zaznamenávají na svitkový nebo skládaný papír, po stranách většinou perforovaný. U bodových zapisovačů se výsledné křivky měřených hodnot sestávají z řady po sobě jdoucích bodů, které zapisovač tiskne ve frekvenci závislé na zvolené rychlosti záznamu. U liniových zapisovačů jsou křivky souvislé čáry, přičemž pisátka pro jednotlivé kanály jsou v trvalém dotyku s registračním papírem.

8.1. Bodový zapisovač

Typ: μ RS1000 / μ RS1800

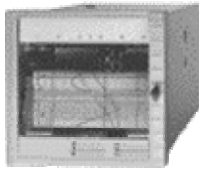


Zapisovač je vybaven 1 až 24 univerzálními vstupy s šířkou zápisu 100 nebo 180 mm.. Zápis je prováděn bodově. Páska má 6 barev, rychlost 6 bodů za 10 sekund. Je vybaven dvoumístným displejem LED pro signalizaci uživateli.

8.2. Liniový zapisovač

Typ: ChromaLog

Řada cenově výhodných zapisovačů s možností až 6-ti vstupů pro normalizované signály.



Volně nastavitelné měřicí rozsahy, rychlost posunu a volba použitého typu papíru atd. Měřicí vstupy: stejnosměrné napětí: 0..1V, 0,2..1V, 0...10V, 2...10V. Stejnosměrný proud: 0...20 mA, 4...20 mA. Měřicí rozsah je

libovolně škálovatelný. Zapisovací systém liniového zapisovače: Systém s rychlou kompenzací změn s pohonem ozubeným řemenem; zpoždění 0.5s; záznam pomocí jednoduše výměnných jehel (životnost inkoustové náplně cca 1500m při 20 mm/h).

Zapisovací systém bodového zapisovače: Vyměnitelná 6-ti barevná tisková hlava, cca 500.000 bodů na barvu, inteligentní funkce bodového tisku omezující opotřebení tisk. mechanismu.

8.3. Další vývoj zapisovačů

V posledních 15 letech směřuje vývoj v oblasti zapisovačů (zpravidla s formátem čelního rámečku 144 × 144 mm) především ke zvyšování komfortu jejich obsluhy a rozšiřování o různé doplňkové funkce. Použití mikroprocesorové techniky a digitálního zpracování signálu přinesly mj. volnou konfigurovatelnost signálů na jednotlivých měřicích vstupech, sledování překročení mezních hodnot, možnost individuální tvorby diagramu, alfanumerický popis diagramu (datum, čas, popis kanálů, popis jednotlivých výrobních šarží apod.), výtisk přehledových zpráv a alarmových listů, doplnění o různé vyhodnocovací, statistické a výpočtové funkce.

V současné době je tento segment trhu doplněn o zcela novou třídu přístrojů, a to o registrační přístroje bez papíru, nazývané rovněž *obrazovkové zapisovače*. Základní charakteristikou těchto přístrojů je především vybavení obrazovkovým displejem, dále rozsáhlou vnitřní pamětí pro ukládání měřených hodnot a mechanikou pro výměnné paměťové médium, sloužící rovněž pro záznam dat – často se jedná o standardní disketu 3,5" nebo paměťovou kartu, např. CF (CompactFlash).

Pro představení moderních zapisovačů jsme vybrali z široké nabídky bezpapírové zapisovače řady JUMO Logoscreen, které vedle zobrazování zaznamenaných údajů na obrazovce umožňují prostřednictvím komfortních vyhodnocovacích programů vizualizaci, archivaci, výtisk a další zpracování na PC.

8.4. Obrazkové zapisovače

Typ: JUMO Logoscreen, Logoscreen cf



Obrazkové zapisovače JUMO Logoscreen používají k zobrazování 5,7" displej STN, který může pracovat v různých volitelných režimech (svislé diagramy, vodorovné diagramy, sloupcové grafy, číselné údaje apod.). K dispozici je 27 barev a rozlišení 320 × 240 pixelů.

Měřené hodnoty se ukládají do vnitřní paměti RAM o velikosti 1 MB a současně na disketu 3,5". U provedení Logoscreen cf se pro vnitřní paměť i pro výměnné paměťové médium používají paměťové karty CompactFlash volitelně o kapacitě 32 až 128MB (větší kapacita je rovněž možná, avšak nemá technický smysl). Vyhodnocení měřených hodnot je tak možné provádět jak přímo na vlastním zapisovači, tak pomocí PC.

Jak je u konfigurovatelných přístrojů JUMO obvyklé, lze i tento obrazkový zapisovač konfigurovat přes tlačítka na čelním panelu nebo pomocí programu *setup* a PC. Konfigurační data podobně jako měřené údaje lze pomocí vestavěné 3,5" disketové mechaniky nebo pomocí paměťové karty přístupné na čelním panelu kopírovat nebo je přes rozhraní RS-232C/RS-485 přenášet na tiskárnu.

Za zmínku stojí komfortní software pro PC pro vyhodnocení měřených dat ukládaných v zapisovači. Tento program umožňuje vytvářet, editovat a archivovat datové soubory přenášené ze zapisovače Logoscreen do PC pomocí rozhraní, popř. přenos pomocí výměnného paměťového média (disketa nebo karta CompactFlash). Měřená data je možné konvertovat rovněž do formátu ASCII a následně je importovat do tabulkových kalkulačních programů (např. Excel). Komunikační server umožňuje automatický přenos dat z paměti počítače do datového archivu v PC nebo v počítačové síti. Tento přenos dat lze realizovat rovněž pomocí modemu nebo v síti Ethernet v protokolu TCP/IP.

Zapisovače jsou volitelně vybaveny šesti nebo dvanácti galvanicky oddělenými měřicími vstupy. Pomocí externích modulů lze celkový počet vstupů rozšířit na 36. Na jednotlivé měřicí vstupy lze připojit proudové či napěťové unifikované signály, odporové teploměry, odporové vysílače, potenciometry a termočlánky. Jako typový přídavek je k dispozici sedm digitálních vstupů, jeden digitální výstup (otevřený kolektor) a čtyři reléové výstupy.

Nejmenší měřicí cyklus pro 16 měřicích míst činí 1 s. Přirozeně lze dotazovací cyklus programovat také tak, aby při pomalých procesech byla data do vnitřní paměti ukládána v

delších časových intervalech. Přístroj má k dispozici rovněž rychlý dotazovací cyklus 125 ms, což je zajímavé zejména v kritických situacích (např. sledování při překročení mezních hodnot).

Typ: JUMO Logoscreen es

Zapísovač JUMO Logoscreen es je variantou zapísovače Logoscreen cf, která spolu s příslušnými softwarovými komponentami pro PC splňuje požadavky na záznam dat podle místa použití.

Požadavky pro přístroje používané především ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu se týkají:

- bezpečnosti při manipulaci s uloženými daty,
- kontroly nad přístupovými oprávněními (Security-Manager-Software),
- režimu Audit Trails, v němž software zaznamenává všechny funkce provedené jak v zapísovači, tak v PC,
- funkce elektronického podpisu

Logoscreen es má stejné rozměry jako Logoscreen cf. Je volitelně vybaven šesti nebo dvanácti galvanicky oddělenými měřicími vstupy, které lze rozšířit na 36. Pro všech dvanáct vstupů je zkušební napětí 500 V a minimální vzorkovací perioda 125s. Kapacitu zaznamenávaných kanálů je možné rozšířit připojením přes rozhraní Profibus-DP, Modbus a Ethernet. Data se zaznamenávají do interní paměti nebo na kartu CompactFlash. Zapísovač Logoscreen es umožňuje záznam šaržových protokolů a na přání se dodává ve „sterilním“ provedení s nerezovým čelním panelem. Konfiguraci lze provádět rovněž přes modem nebo rozhraní Ethernet.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Doc. Ing. Pavel Beneš, CSc., Ing. Jan Chlebný, Ing. Josef Langer, Ing. Marie Martinásková, Ing. Rudolf Voráček: Automatizace a automatizační technika III – Prostředky automatizační techniky, Computer Press 2000.
- [2] Ing. Rudolf Voráček, Ing. František Andryšek, Ing. Zdeněk Brýdl, Ing. Luděk Kohout, Ing. Ladislav Šmejkal: Automatizace a automatizační technika II - Automatické řízení, Computer Press 2000.
- [3] Oldřich Šula: Základy automatizace. SNTL 1985.
- [4] Propagační materiál firmy AVEKO, s.r.o.
- [5] Studijní materiály VŠB – automatizace.