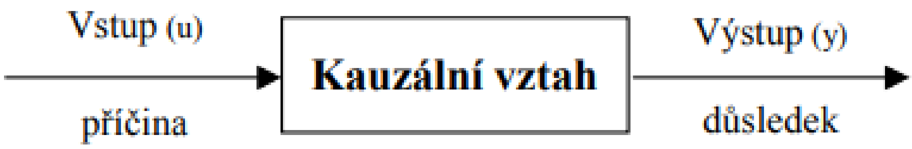
1. Definujte systém, blokové schéma, popis a význam veličin, rozdělení systémů. Druhy řízení, uveďte příklad, základní principy řízení a regulace.

Řízením stroje, technologického zařízení nebo procesu – zkrátka objektu – rozumíme dále jakýkoli cílevědomý způsob přinucení jej k činnosti od něj požadované – za pomoci zvlášť k tomu uzpůsobených technických prostředků. Pojem řízení také však úzce souvisí s pochopením kauzálních – příčinných vztahů, jimiž se činnost dotyčného objektu řídí. Jde tedy o seznámení se s principy pomocí nichž se řídí řešení problémů řízení obecně. Nevyhnutelným východiskem pro skutečně správné řešení úlohy řízení daného objektu je pochopení jeho činnosti jako vztahu mezi působícími příčinami a jejich důsledky, jež jsou výsledky příslušné činnosti. Tyto vztahy nazýváme jako kauzální (orientovaná) relace. Schématicky můžeme tento vztah zapsat: příčiny → důsledek, kde šipkou je vyznačen neměnný "směr" závislosti, které proto říkáme také orientovaná. Graficky znázorňujeme kauzální relaci jako blok, viz obrázek 2.1, tedy v podstatě jako operaci, jíž se k zadaným hodnotám veličin reprezentujícím příčiny určují hodnoty veličin představujících důsledky. Zadané příčiny označujeme jak vstupy a vyplývající důsledky jako výstupy tohoto bloku.

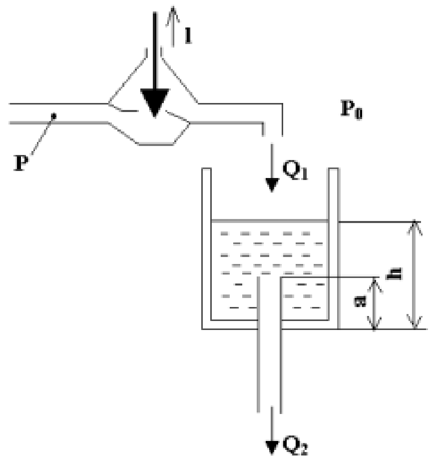


Obrázek 2.1 - Grafické znázornění kauzálního vztahu

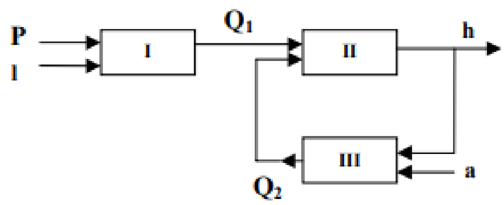
Pro řízení je příznačné, že se uskutečňuje jako součinnost dvou nebo více objektů (např. řízeného a řídicího), takže jejich kauzální relace se odpovídajícím způsobem kombinují. Spojením vzniká složený objekt, obecně zvaný **systém**. Za systém považujeme jakékoli účelové uspořádání jednodušších objektů ve složitější celek vyznačující se interakcí těchto objektů a výslednými vlastnostmi, jež tento celek charakterizují.

Při spojování dílčích objektů ve funkční celek – systém dílčí kauzální relace na sebe charakteristickým způsobem navazují a vytvářejí určité uspořádání zvané struktura systému. 70 Strukturu nejlépe znázorňujeme orientovaným grafem – nejčastěji tzv. **blokovým schématem**. V blokovém schématu je každá z dílčích relací reprezentována svým blokem podle obrázku 2.3 a orientovanými spojnicemi mezi bloky je vyjádřena vstupní, resp. výstupní úloha jednotlivých veličin v těchto blocích – relacích. Orientované spojnice u blokových schémat regulačních obvodů představují směr šířeného signálu. Jestliže se signál rozdvojuje do více bloků, označí se rozdvojovaní místo tečkou. Jestliže se naopak několik signálů algebraicky sčítá v jeden signál, označí se součtovým členem, při odečítání se příslušná část vyplní.

Vlastnosti bloků jsou nejčastěji popsány jejich přenosy G(s). Může však také jít o popis diferenciální rovnicí, funkční závislostí, přechodovou funkcí nebo charakteristikou apod.



Obrázek 2.2 - Nádrž s volným odtokem



Obrázek 2.3 - Blokové schéma nádrže s volným odtokem

Blokové schéma struktury systému, vytvořené na základě vzájemné návaznosti relací I, II, a III je znázorněno na obrázku 2.3.

Mějme nádobu k zadržení určitého množství protékající kapaliny danou výškou hladiny h – obrázku 2.2. Přítok Q1 je závislý na otevření ventilu l a na tlaku před ním P. Odtok Q2 závisí na výšce hladiny h a na poloze odtokového otvoru a. Označme závislost přítoku Q1 římskou číslicí I, závislost přítoku Q2 II a závislost změny výšky hladiny III.

Přenos se na blokových schématech označuje vepsáním funkční závislosti do příslušného bloku. Do bloku se taky může zakreslit přechodová charakteristika. Přenosem lze však popsat i větší části regulačních obvodů případně celé obvody. K tomu musíme ovšem znát metodiku, jak určit přenos celku, známe-li přenosy jednotlivých členů, z nichž se skládá. [Zítek, P. 1993]

Třídění systému

Vždy je třeba určit hledisko, podle kterého chceme systémy třídit. Systémy lze dělit

dle:

1) matematického modelu

• lineární (všechny rovnice, které popisují chování systému musí být lineární)

• nelineární (stačí aby 1 rovnice byla nelineární a celý systém bude nelineární)

2) typu signálu

• spojitý (všechny signály jsou spojité)

• diskrétní (všechny signály jsou diskrétní)

• hybridní (oba typy signálů, v praxi – PLC, čipy)

3) počtu signálu

• jednorozměrné SISO (jeden vstup a vystup)

• mnohorozměrné MIMO (více vstupů a výstupů)

4) změn vlastností v čase

• stacionární (funkce popsaná rovnicemi s konstantními koeficienty)

• nestacionární (rovnice jsou s proměnnými koeficienty)

5) změny stavu v čase

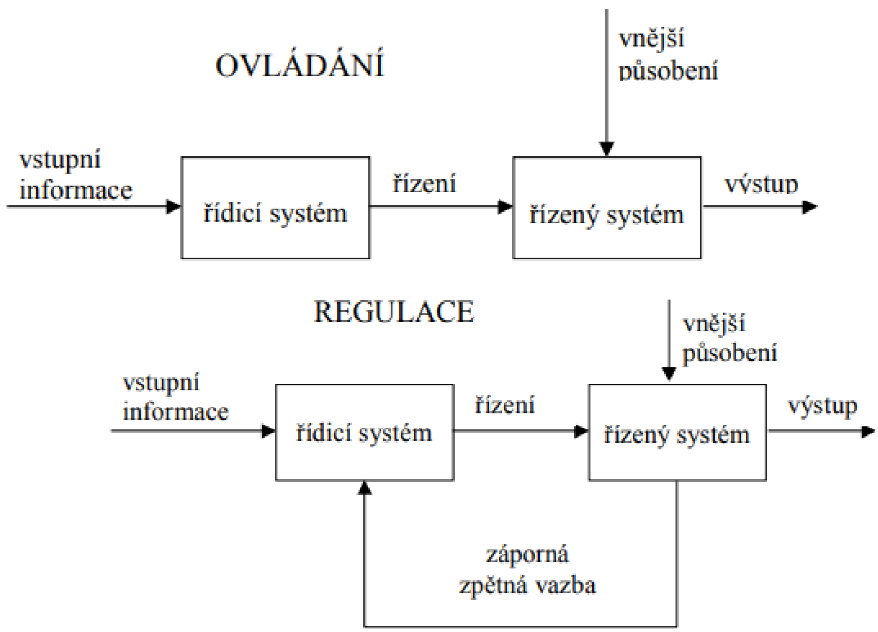
• statický (hodnota výstupu závisí pouze na okamžité hodnotě vstupů, chování systému lze popsat pomocí algebraických rovnic)

• dynamický (hodnota výstupu závisí na okamžité hodnotě vstupů ale i na historii hodnot vstupů a výstupů, chování systému lze popsat pomocí diferenciálních rovnic)

Řízení je definováno jako cílevědomá činnost, při níž se hodnotí a zpracovávají informace o řízeném procesu nebo objektu i informace o dějích vně tohoto procesu a podle 74 nich se ovládají příslušná zařízení tak, aby se dosáhlo určitého cíle řízení. V zásadě může být ruční (např. řízení automobilu) nebo automatické (které bude dále blíže popsáno).

Základní principy řízení – ovládání, regulace.

Řízení dělíme na **ovládání** a **regulaci**. Ovládání je řízení bez zpětné vazby. Regulace je udržování zvolené fyzikální veličiny na předem určené hodnotě. Během regulace se zjišťují hodnoty této veličiny a srovnávají se s hodnotou, kterou má mít. Podle zjištěných regulačních odchylek, které jsou mírou přesnosti regulace, se zasahuje do regulačního procesu v tom směru, aby tyto odchylky byly minimální. Charakteristickým rysem regulace je záporná zpětná vazba, která zajišťuje stabilizaci regulačního obvodu (RO). Rozdíl mezi oběma druhy řízení je ještě jednou ukázán na obrázku 2.7.



Obrázek 2.7 - Blokové schéma ovládání a regulačního obvodu

2. Vysvětlete pojmy na blokovém schématu s regulovanou soustavou a regulátorem. Popište chovaní regulace na konstantní hodnotu, programovou regulaci a vlečnou regulaci (servomechanismy).

Úkolem automatické regulace je samočinně udržovat hodnotu určité veličiny na požadované velikosti. Regulátor zasahuje do regulované soustavy na základě porovnání skutečné a požadované hodnoty řízené veličiny. Regulace umožňuje vyloučit nepříznivé působení vnějších vlivů na regulovanou soustavu.

Příklad:

Potřebujeme udržovat konstantní teplotu v plynem vytápěné peci. Při poklesu teploty v peci v důsledku změny okolní teploty regulátor zvýší průtok plynu tak, aby teplota v peci opět dosáhla požadované hodnoty.

Regulovaná soustava je zařízení, na kterém se provádí regulace (pec, motor, nádrž, turbína apod.).

Regulátor je zařízení, které provádí regulaci.

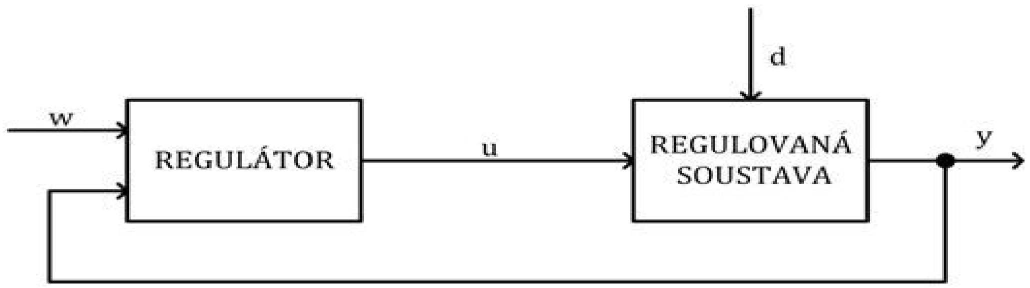
Regulovaná veličina[y] je veličina, která je upravována podle stanovených podmínek (např. teplota, tlak, otáčky, napětí, výška hladiny, průtok atd.).

Akční veličina [u] je veličina, jejímž prostřednictvím regulátor ovlivňuje regulovanou veličinu (výstupní veličina regulátoru). V uvedeném příkladu je akční veličinou průtok plynu.

Řídící veličina [w] nastavuje žádanou hodnotu regulované veličiny.

Regulační odchylka [e] je rozdíl mezi žádanou a skutečnou hodnotou regulované veličiny e = w - y. Porovnání se provádí v regulátoru.

Poruchové veličiny (poruchy) [d] jsou vnější vlivy, které působí nepříznivě na regulovanou soustavu.



Pokud se signály v regulačním obvodu mění plynule, jde o spojitou regulaci (např. regulace napětí generátoru). Jestliže se signály mění skokem, je regulace nespojitá (např. regulace teploty žehličky). K nespojité regulaci patří i číslicová regulace.

O regulaci na konstantní hodnotu hovoříme, pokud požadujeme, aby regulovaná veličina byla udržována **na konstantní hodnotě**. **Programová regulace** umožňuje měnit hodnotu regulované veličiny podle předem stanovené závislosti na čase, **vlečná regulace** umožňuje řídit regulovanou veličinu podle jiné fyzikální veličiny, než je čas.

Příklady:

regulace výšky hladiny vody v nádrži – regulace na konstantní hodnotu

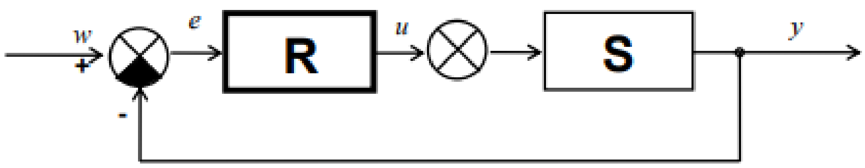
regulace teploty pece pro sušení a vypalování keramiky – programová regulace

regulace teploty v místnosti v závislosti na vlhkosti vzduchu – vlečná regulace.

3. Vysvětlete pojmy: Direktní (přímé) a indirektní (nepřímé) regulátory. Lineární a nelineární regulátory. Spojité a nespojité regulátory. Uveďte příklady.

Regulátor je zařízení, které uskutečňuje automatickou regulaci, kdy prostřednictvím akční veličiny působí na regulovanou soustavu, tak aby se regulovaná hodnota udržovala na předepsané hodnotě a regulační odchylka byla nulová (nebo minimální). Regulátor tedy porovnává regulovanou veličinu s její žádanou hodnotu, určuje časový průběh regulační odchylky a vytváří matematickými funkcemi časový průběh akční veličiny.

Regulátory lze rozdělit podle různých hledisek.



Obr. 1. Základní zapojení regulátoru do regulačního obvodu

Podle nutnosti pomocné energie:

- přímý regulátor (někdy hovorově označován jako přímočinný) pro svou funkci nepotřebuje vnější přívod energie. Potřebnou energii dodává přímo snímač, který ji odebírá zpravidla regulované veličině. Např. Wattův odstředivý regulátor u parních strojů, redukční ventily pro redukci tlaku plynů, regulace hladiny v nádržce splachovače, termostat v žehličce apod.

- nepřímý regulátor pro svou funkci potřebuje přívod vnější energie. Příkladem jsou regulátory elektrické, pneumatické, hydraulické.

Podle charakteru výstupního signálu:

- spojité - jejich výstupní veličiny jsou spojitou funkcí vstupních veličin.

- nespojité - jejich výstupní veličiny nezávisí spojitě na vstupních veličinách.

- regulátor polohový - jeho výstupní veličina nabývá dvou nebo více definovaných hodnot (např. dvojpolohový, třípolohový regulátor atd.)

- regulátor impulsní – je dalším typem nespojitého regulátoru a jehož výstupním signálem je řada impulsů s různým typem modulace.

Podle charakteru statické charakteristiky:

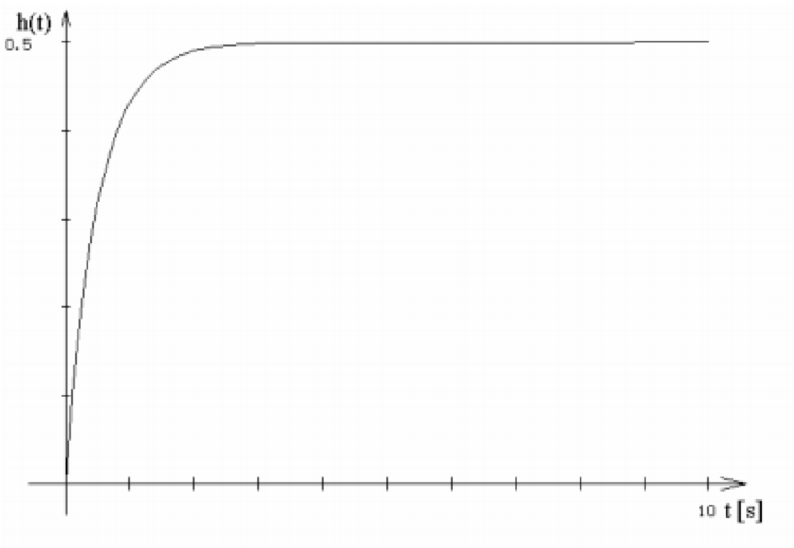
- lineární - regulátory realizující lineární přenosové funkce

• nelineární - regulátory realizující nelineární přenosové funkce.

4. Popis systému a regulace pomocí přechodové komplexní funkce. Jak z komplexní funkce odvodíme přechodovou charakteristiku (funkci), fázovou charakteristiku (funkci), frekvenční charakteristiku (funkci) regulátoru. Jak je případně změříme v praktickém systému.

Přechodová funkce systému je jeho odezva na vstup ve tvaru Heavisideova jednotkového skoku. Značí se h(t) a její časová závislost se nazývá přechodová charakteristika. Přechodovou funkci můžeme určit analyticky z diferenciální rovnice nebo z obrazového přenosu systému G(s).

$$h(t) = L^{-1}\{H(s)\} = L^{-1}\left\{\frac{1}{s}G(s)\right\} \tag{2.7}$$



Obrázek 2.14 - Příklad přechodové charakteristiky

Podmínky fyzikální realizovatelnosti:

$$h(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ \mathrm{h(t)} & t > 0 \end{cases} \quad \text{slabá fyzikální realizovatelnost,} \tag{2.8}$$

$$h(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ \mathrm{h(t)} & t \geq 0 \end{cases} \quad \text{silná fyzikální realizovatelnost.} \tag{2.9}$$

Měření přechodové charakteristiky plyne z její definice, tedy na vstup soustavy přivedeme vstupní signál ve formě jednotkového skoku. Při této metodě určování přechodové charakteristiky musí být před zavedením změny vstupního signálu soustava v ustáleném stavu a vstupují-li do soustavy další signály je třeba je udržovat v průběhu měření na konstantní hodnotě. Účelné je měření několikrát opakovat (pro snížení vlivu náhodných poruch). Výslednou přechodovou charakteristiku lze potom stanovit podle následujícího vzorce:

$$f_i = \frac{\sum_{k=1}^{N} \mathrm{sign}(\Delta u_k) y_{ik}}{\sum_{k=1}^{N} |\Delta u_k|}$$

kde je N - počet opakovaných měření přechodové charakteristiky při obecně nestejně velkých skokových změnách vstupní veličiny soustavy, Δu_k – přírůstek řídicí veličiny při k-tém měření přechodové charakteristiky, f_i - pořadnice vyhodnocené přechodové charakteristiky v čase $t = i^*\Delta t$, kde Δt je interval vzorkování, y_{ik} - hodnota odezvy vstupní veličiny soustavy v i-tém intervalu vzorkování při k-tém měření, i - pořadí vzorkovaných bodů přechodové charakteristiky $i = 0$ až m.

Impulsní (někdy též váhová) funkce $g(t)$ je odezva systému na vstup ve tvaru Diracova impulsu. Diracův nebo též jednotkový impuls $\delta(t)$ se nedá fyzikálně realizovat. Při jeho přibližné realizaci se udává, že musí mít co největší amplitudu a co nejkratší dobu trvání. Matematicky je $\delta(t) = 0$ pro $t \neq 0$ přičemž $\delta(t)$ není definováno pro $t = 0$, ale platí

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1. \tag{2.10}$$

Časová závislost impulsní funkce se nazývá impulsní charakteristika. Impulsní funkce lze analyticky určit dle vztahu

$$g(t) = \mathrm{L}^{-1}\{G(s)\}. \tag{2.11}$$

Kmitočtový přenos popisuje vlastnosti systému v kmitočtové oblasti a je popsán vztahem

$$G(j\omega) = G(s)\Big|_{s=j\omega} = \frac{b_m(j\omega)^m + \cdots b_1(j\omega) + b_0}{a_n(j\omega)^n + \cdots a_1(j\omega) + a_0} = \frac{M(j\omega)}{N(j\omega)}, \qquad (2.16)$$

kde ω je reálný kmitočet [s^{-1}], tzn. v intervalu $(0,\infty)$.
Podmínky fyzikální realizovatelnosti:

$m = n$ slabá fyzikální realizovatelnost,

$m < n$ silná fyzikální realizovatelnost.

Kmitočtový přenos $G(j\omega)$ je funkce komplexní proměnné, takže jej můžeme vyjádřit ve všech základních tvarech:

- algebraický tvar:

  $$G(j\omega) = Re\{G(j\omega)\} + j\,Im\{G(j\omega)\} = P(\omega) + jQ(\omega), \qquad (2.17)$$

  kde je $P(\omega)$ – reálná část kmitočtového přenosu, $Q(\omega)$ – imaginární část kmitočtového přenosu, j – imaginární jednotka, $j = \sqrt{-1}$,

- exponenciální tvar:

  $$G(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}, \qquad (2.18)$$

  $A(\omega)$ – modul kmitočtového přenosu, $A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)}$, $\varphi(\omega)$ – fáze

Měření kmitočtové charakteristiky. Měřením se určuje odezva soustavy na harmonicky proměnlivý vstupní signál konstantní amplitudy – budící kmity. Jenž lze popsat harmonickou funkcí

$$\Delta u(t) = \Delta u_A \cos \omega t$$

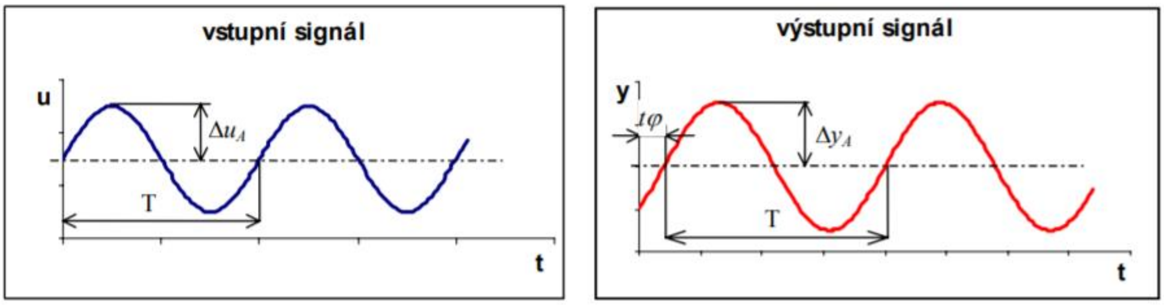
Měření se opakuje s různými kruhovými frekvencemi u vstupního signálu. Je nutno je volit tak, abychom pokryli celé kmitočtové pásmo harmonických kmitů, které zkoumaná soustava přenáší. U lineárních systémů lze výstupní signál soustavy – vynucené kmity, po odeznění přechodového děje, který jej zkresluje taktéž popsat harmonickou funkcí

$$\Delta y(t) = \Delta y_A \cos(\omega t + \varphi)$$

Výstupní signál – vynucené kmity má tedy stejnou frekvencí jako vstupní signál – budící kmity, avšak s různou amplitudou a oproti vstupnímu signálu je fázově posunut viz. obr. 2.21. Fázové posunutí lze popsat vztahem

$$\varphi = \omega \cdot t_{\varphi},$$

kde t_{φ} představuje časové posunutí úhlu.



Obrázek 2.21 - Tvar a vzájemný vztah vstupního a výstupního signálu

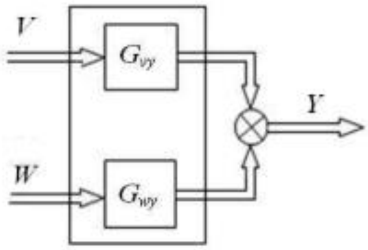
5. Vícerozměrové regulační soustavy. Mnoharozměrový regulační obvod. Maticová rovnice regulátoru.

V reálných regulačních úlohách, se v praxi nejčastěji objevují obvody s více regulovanými veličinami, nejčastěji pak obvody s dvěma regulovanými veličinami. Regulované soustavy v těchto obvodech, tedy soustavy se dvěma regulovanými parametry (výstupy), se vyskytují tak často, že mnohé fyzikální veličiny jsou vzájemně vázány z fyzikální podstaty do vzájemně se ovlivňujících dvojic, např. tlak a průtok, dodávaný elektrický výkon a frekvence, teplota a vlhkost, výška hladiny a výtok z nádoby. Také realizace regulace dvou veličin je obvykle zvládnutelná a technicky proveditelná včetně doplňujících opatření zajišťující vzájemnou nezávislost regulačních obvodů nebo jejich nezávislost vůči působení poruch.

Jedny z nejznámějších konkrétních příkladů jsou regulace frekvence a napětí u turbosoustrojí pracujícím v ostrovním režimu nebo frekvence a předávaného výkonu při napojení na síť. Současná regulace vlhkosti a teploty vzduchu v klimatizační jednotce nebo regulace průtočného množství a teploty ve směšovacím procesu jsou rovněž často uváděné příklady.

Regulace na kotli jak ve spalovací části, tak na straně tvorby páry (např. regulace vodní hladiny, tlaku a teploty páry, přísunu paliva, vzduchu přetlaku ve spalovací komoře atd.) nebo regulace destilační kolony zahrnují vzájemně se ovlivňující obvody, které se část řeší z hlediska zlepšení vzájemně součinnosti *a)* <u>Cíl regulace ve tvaru</u>:

$$\boldsymbol{y}(t) \rightarrow \boldsymbol{w}(t) \mathrel{\hat{=}} \boldsymbol{Y} \rightarrow \boldsymbol{W} \tag{2.15}$$



Obr. 5 Mnohorozměrný regulační obvod popsaný přenosovou maticí řízení a poruchy.

Na základě obr. 5 můžeme psát vztah pro regulovanou veličinu:

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{G}_{vy}\boldsymbol{V} + \boldsymbol{G}_{wy}\boldsymbol{W} \tag{2.16}$$

kde:

$$\boldsymbol{G}_{wy} = (\boldsymbol{I} + \boldsymbol{G}_S\boldsymbol{G}_R)^{-1}\boldsymbol{G}_S\boldsymbol{G}_R \tag{2.17}$$

je přenosová matice řízení (viz obr. 4) a

6. Popis systému a regulace ve stavovém prostoru. Stavová rovnice spojitého systému. Řešení stability ve stavovém prostoru.

Stabilita je jedním ze základních požadavků, které klademe na regulační obvod. Regulační obvod je stabilní, jestliže pro vychýlení regulačního obvodu z rovnovážného stavu a odeznění vnějších sil, které tuto odchylku způsobily, se regulační obvod během času znovu vrátí do původního rovnovážného stavu. Jinak řečeno je stabilita vlastnost regulačního obvodu udržet se v okolí rovnovážného stavu nebo se do něj vrátit po odeznění vnějších **působících sil.** Matematicky lze stabilitu definovat

$$\lim_{t \to \infty} y(t) = 0. \tag{2.33}$$

Mějme deterministický systém, který je v okamžiku t_0 v rovnovážném stavu (v klidu) a nechť od tohoto okamžiku působí na systém vstup $\mathbf{y}$. Výstup systému $\mathbf{v}$ v každém okamžiku $t \geqq t_0$ závisí na vstupu $\mathbf{y}$ působícím na polouzavřeném intervalu času $\langle t_0, t)$. To znamená, že pro všechna $\mathbf{y}$ v Y a všechna t a t_0 platí:

(2.2) $$\mathbf{v}(t) = F_1(\mathbf{y}_{\langle t_0, t)}) .$$

Definovali jsme tak *výstup systému s přímo pozorovatelným chováním*, jehož výstupní veličiny jsou měřitelné fyzikální veličiny.

Nemá-li však systém přímo pozorovatelný výstup, můžeme za jinak stejných podmínek vyjádřit stav systému v okamžiku t a výstup systému jako funkci tohoto stavu

(2.3) $$\mathbf{x}(t) = F_2(\mathbf{y}_{\langle t_0, t)}),$$

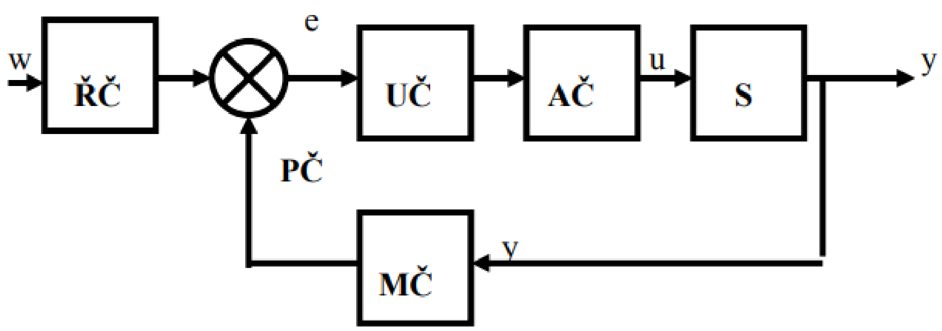
(2.4) $$\mathbf{v}(t) = F_3(\mathbf{x}(t)).$$

Jestliže opustíme předpoklad, že systém byl v rovnovážném stavu v okamžiku t_0, změní se rovnice (2.3) na tvar

(2.5) $$\mathbf{x}(t) = F_4(\mathbf{x}(t_0), \mathbf{y}_{\langle t_0, t)}).$$

Rovnice (2.4) a (2.5) se označují jako *stavové rovnice systému*. Tyto rovnice plně popisují deterministický systém. Při tom rozměr vektoru $\mathbf{x}$ vyjadřuje *řád* systému.

7. Regulátory – Vysvětlete na blokovém schématu regulátoru tyto pojmy: Měřící člen, ústřední člen, akční člen, porovnávací člen.



ŘČ – řídící člen – nastavení žádané hodnoty
UČ – ústřední člen – zpracovává regulační odchylku e
AČ – akční člen - výkonný člen regulátoru
S – regulovaná soustava – zařízení, na kterém se provádí regulace (nádrž, pec, motor, apod.)
MČ – měřící člen – určení skutečné hodnoty regulované veličiny
PČ – porovnávací člen – porovnává skutečnou a žádanou hodnotu regulované veličiny

u - akční veličina – výstupní veličina regulátoru a současně vstupní veličina regulované soustavy
x - regulovaná veličina – veličina, jejíž hodnota se regulací upravuje podle daných podmínek (hladina vody, teplota v peci)
y - skutečná hodnota – naměřená hodnota na výstupu soustavy
w - řídící veličina – veličina, která nastavuje žádanou hodnotu regulované veličiny
d - poruchová veličina – jsou to poruchy, které působí na soustavu (změna teploty okolí)
e - regulační odchylka – je rozdíl mezi žádanou a skutečnou hodnotou regulované veličiny e = w – y

8. Regulátory – dynamické vlastnosti ústředního členu regulátoru. Při označení vstupní odchylky e(t) a u(t) akční veličiny, kde t je čas. Napište rovnice pro P (proporcionální), I (integrační), D (derivační) a PID spojitý regulátor v časové oblasti. Jak to budou tyto vztahy vypadat v Laplaceových obrazech.

P-reg - v uzavřeném obvodu pracuje s trvalou regulační odchylkou. Má dobrou stabilitu. Používá se velmi často např. na stabilizaci pevných bodů, stabilizaci napětí, proudu. Nezáleží na kvalitě.

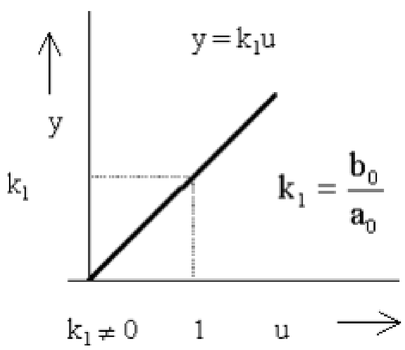
I-reg - v uzavřeném obvodu pracuje pouze s přechodovou regulační odchylkou. Regulační pochod se ustálí tehdy, kdy regulační odchylka $e(t)=0$. Nevyhoví podmínkám stability regulačního obvodu, když by měl regulovat astatickou regulovanou soustavu.

D-člen - není schopen samostatné funkce, jako regulátor připojený k regulované soustavě, protože vstupním signálem je derivace regulační odchylky a neví tedy nic o velikosti (hodnotě) odchylky $e(t)$. Připustí libovolně velkou ustálenou regulační odchylku. V kombinovaném regulátoru zlepšuje stabilitu regulačního obvodu. Natáčí fázi amplitudové fázové charakteristiky v komplexní rovině o +90°. Informuje regulátor o změně regulační odchylky a tedy regulátor může v "předstihu" na tuto změnu reagovat. Rozpojí regulační obvod

Typ diskrétního regulátoru	**Přenos regulátoru**
P	$G_R(z)=k_p$

Typ spojitého regulátoru	Přenos regulátoru
P	$G_R(s)=k_p$
I	$G_R(s)=\frac{1}{T_I s}$
PD	$G_R(s)=k_p(T_D s+1)$
PI	$G_R(s)=k_p\left(1+\frac{1}{T_I s}\right)$
PID	$G_R(s)=k_p\left(1+\frac{1}{T_I s}+T_D s\right)$

Proporcionální systémy
Statická charakteristika - existuje a je nenulová.



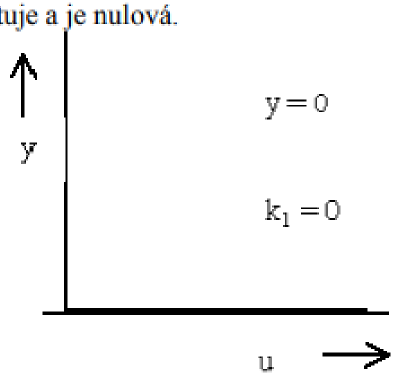
Obrázek 2.39 - Statická charakteristika.

Obrazový přenos – nelze vytknout proměnnou s.

$$G(s) = \frac{b_m s^m + \ldots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \ldots + a_1 s + a_0}.$$

- **Derivační systémy**

Statická charakteristika – existuje a je nulová.



Obrázek 2.42 - Statická charakteristika.

Obrazový přenos – lze vytknout s v čitateli.

$$G(s) = \frac{s^r (b_m s^m + \ldots + b_1 s + b_0)}{a_n s^n + \ldots + a_1 s + a_0}.$$

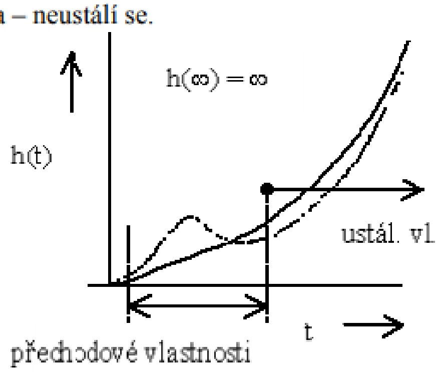
- **Integrační systémy**

Statická charakteristika – NEEXISTUJE.
$k_1 = \infty$

Obrazový přenos – proměnnou s lze vytknout ve jmenovateli; q je stupeň astatismu (mocnina vytknutého s).

$$G(s) = \frac{b_m s^m + \ldots + b_1 s + b_0}{s^q (a_n s^n + \ldots + a_1 s + a_0)}.$$

Přechodová charakteristika – neustálí se.



Obrázek 2.45 - Přechodová charakteristika.

9. Stabilita regulačního obvodu. Kritéria stability a jejich použití. Např. Hurwitzovo kritérium, Routh-Scurovo kritérium, Michajlov-Leondhardovo kritérium, Nyquistovo kritérium apod.

Hurwitzovo kriterium stability

Vycházíme z charakteristické rovnice (3.8) a platí zde tzv. Stodolova nutná podmínka stability, která zní: „Všechny koeficienty charakteristické rovnice a_i musí existovat a musí mít stejné znaménko“. Je-li charakteristický mnohočlen řádu $n \leq 2$, Stodolova podmínka přechází v nutnou a postačující podmínku stability. Jinak je nutno sestrojit z koeficientů charakteristické rovnice Hurwitzův determinant n-tého stupně ve tvaru

$$H_{n-1} = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \cdots & 0 \\ a_{n-1} & a_{n-2} & a_{n-4} & \cdots & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_0 \end{vmatrix} \tag{2.37}$$

Hlavní rohové subdeterminanty jsou

$$H_1 = a_{n-1}; H_2 = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} \\ a_n & a_{n-2} \end{vmatrix}; H_3 = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} \end{vmatrix}; \ \ldots; H_n = a_0 H_{n-1} \,. \tag{2.38}$$

Podle Hurwitzova kriteria je RO stabilní právě tehdy, když hlavní subdeterminanty (7.6) jsou kladné,

$$H_i > 0 \quad pro \quad i = 2, \ldots, n-1 \,. \tag{2.39}$$

Routhovo-Schurovo kriterium stability

Vycházíme opět z charakteristické rovnice ve tvaru (3.8). Podle daného algoritmu provádíme postupnou redukci charakteristické rovnice na rovnici nižšího stupně, až se dostaneme ke kvadratické rovnici. Podle Routhova-Schurova kriteria je **RO stabilní právě tehdy, když při redukci se neobjeví záporné koeficienty a poslední tři koeficienty výsledné rovnice jsou kladné**. Koeficienty napíšeme v řadě od nejvyšších nebo nejnižších mocnin a podtrhneme sudé koeficienty v pořadí. Každý sudý koeficient v pořadí násobíme podílem prvních dvou a napíšeme pod předcházející řadu posunutý o člen vlevo. Tuto výslednou řadu, která má členy vždy ob jeden předcházející řady, od ní odečteme. Výsledná řada koeficientů je pak o první člen kratší (stupeň předchozí rovnice se snížil o jednotku). Stejným postupem pokračujeme dále, až zbudou koeficienty rovnice druhého stupně – tři koeficienty.
Výpočet lze znázornit schématem

$$
\begin{array}{lllllll|l}
a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & a_{n-3} & a_{n-4} & a_{n-5} & \ldots\ldots\ldots & \left(\dfrac{a_n}{a_{n-1}}\right) \\
\dfrac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-1} & & \dfrac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-3} & & \dfrac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-5} & & & \\
\hline
0 & a_{n-1} & a_{n-2} - \dfrac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-3} & a_{n-3} & a_{n-4} - \dfrac{a_n}{a_{n-1}} a_{n-5} & a_{n-5} & \ldots\ldots\ldots &
\end{array}
\qquad (2.39)
$$

❑ Nyquistovo kriterium stability

Je to kmitočtové kriterium, které rozhoduje o stabilitě RO na základě průběhu kmitočtové charakteristiky otevřeného regulačního obvodu. Tuto charakteristiku lze určit analyticky nebo experimentálně. Skutečnost, že při vyšetřování stability pomocí Nyquistova kritéria lze vycházet z experimentálně získaných hodnot, zvýhodňuje toto kritérium v porovnání s ostatními kritérii stability. Další výhodou je, že ho lze použít i pro RO s dopravním zpožděním.

Charakteristická rovnice uzavřeného RO je dána vztahem

$$
N(s) = 1 + G_o(s) = \frac{N_o(s) + M_o(s)}{N_o(s)} = 0 . \qquad (2.40)
$$

10.Kvalita regulace v časové, kmitočtové, komplexní rovině (rozložení kořenů) a ve stavovém prostoru.

Průběh regulované veličiny $y(t)$, zobrazený na obr. 4.1 podle [3], je odezvou na jednotkový skok žádané hodnoty $w(t)$. Obdobným způsobem lze zobrazit skok poruchové veličiny $v(t)$. Kvalita regulace se určuje podle průběhu regulované veličiny $y(t)$. V časové oblasti je zavedeno několik důležitých pojmů, podle [3] a [7].

Relativní překmit κ, je veličina určená vztahem:

$$
\kappa = \frac{y_m - y_\infty}{y_\infty} , \qquad (4.1)
$$

kde y_m je velikost překmitu a y_∞ je hodnota ustálené regulované veličina.

Doba regulace t_r je čas potřebný k tomu, aby se charakteristika ustálila. Za ustálení se považuje situace, kdy se charakteristika liší od hodnoty y_∞ o malou zvolenou hodnotu (např.: 1%, 5%) a poté již tuto hodnotu nepřekročí. Je snahou dosáhnout co nejnižší doby regulace, s výjimkou některých přesných zařízení, kde je kladen důraz na co nejmenší odchylku.

Pro původní regulační obvod (obr. 2.1) byly uvedeny vztahy pro přenos řízení a přenos poruchy (3.1 a 3.2), jejich vyjádření v kmitočtové oblasti je:

$$G_w(j\omega)=\frac{G_R(j\omega)G_S(j\omega)}{1+G_R(j\omega)G_S(j\omega)} \tag{4.6}$$

$$G_v(j\omega)=\frac{G_s(s)}{1+G_R(j\omega)G_S(j\omega)}=1-G_w(j\omega) \tag{4.7}$$

Následující postup byl odvozen z [1]. Z kmitočtového přenosu řízení G_w lze získat amplitudu (modul) regulačního obvodu

$$A_w(\omega)=|G_w(j\omega)| \quad , \tag{4.8}$$

Podle polohy kořenů přenosu řízení $G_w(s)$ v záporné komplexní polorovině určíme tlumení a kmitání. V obr. 4.6, podle [2], se zavádí ukazatele kvality regulace.

Stupeň stability α vyjadřuje vzdálenost dvojice pólů od imaginární osy. Čím je větší, tím je kratší doba regulace.

$$\alpha=(3-5)\frac{1}{t_r} \tag{4.12}$$

Relativní tlumení ξ_0 se určuje z relativního překmitu κ (4.1), odpovídají mu dvě polopřímky svírající se zápornou poloosou úhel φ.

$$\kappa\le 0{,}25\Rightarrow\xi_0\le 0{,}404 \tag{4.13}$$

Tyto veličiny mají vzájemný vztah:

$$\alpha=\xi_0\omega_0 \quad . \tag{4.14}$$

Z relativního tlumení ξ_0 se určí úhel

$$\varphi=\arccos(\xi_0),\ \ \xi\le 0{,}404\Rightarrow\varphi\le 66^\circ \tag{4.15}$$

a určí přípustná oblast, ve které mají ležet kořeny.

11.Seřízení regulátorů. Lineární a kvadratická regulační plocha, kritérium optimálního modulu. Ziegler-Nicholsova metoda. Seřízení podle přechodové charakteristiky.

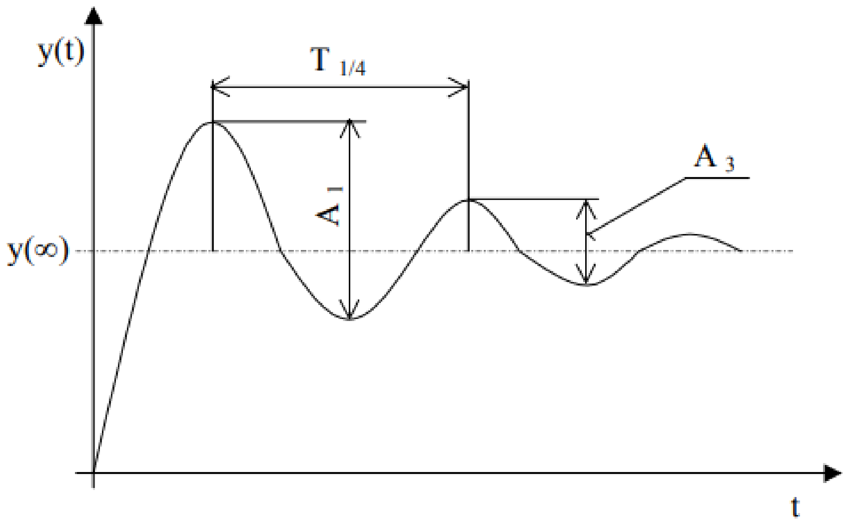
Ziegler-Nicholsova metoda čtvrtinového tlumení

Tato metoda je použitelná pro lineární spojité i diskrétní regulační obvody. Řeší pouze experimentálně, analyticky by se dala jen stěží využít. Používá se v případě, že nelze použít rozkmitání na kmitavou mez stability. Opět odstraníme integrační i derivační složky regulátoru $(T_D\to 0, T_I\to\infty)$ a hodnotu k_p zvyšujeme tak dlouho, až průběh výstupní (regulované) veličiny bude ve tvaru

$$\frac{A_3}{A_1} = \frac{1}{4}, \tag{2.62}$$

kde A_1, A_3 -amplituda,

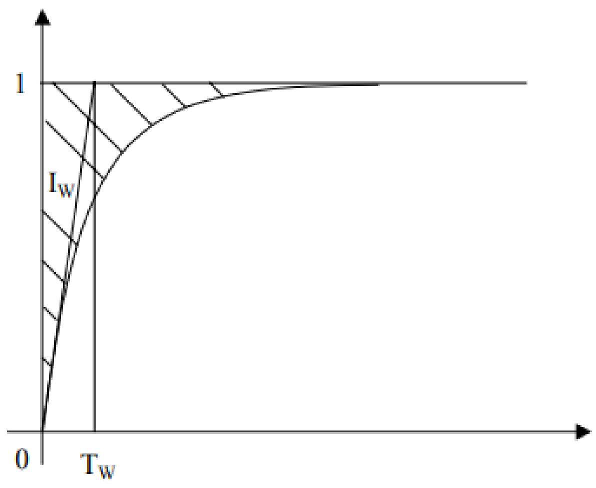
čili dojde ke čtvrtinovému tlumení, tzn. dvě po sobě jdoucí amplitudy v poměru 1:4.



Obrázek 2.96 - Určení periody tlumených kmitů $T_{1/4}$

Metoda požadovaného modelu

Tato metoda je použitelná pro lineární spojité i diskrétní regulační obvody, umožňuje snadné a rychlé seřízení standardních typů analogových i číslových regulátorů pro základní typy regulovaných soustav i s dopravním zpožděním. Typ regulátoru je doporučen z hlediska vlastností regulované soustavy a požadavku na nulovou trvalou regulační odchylku



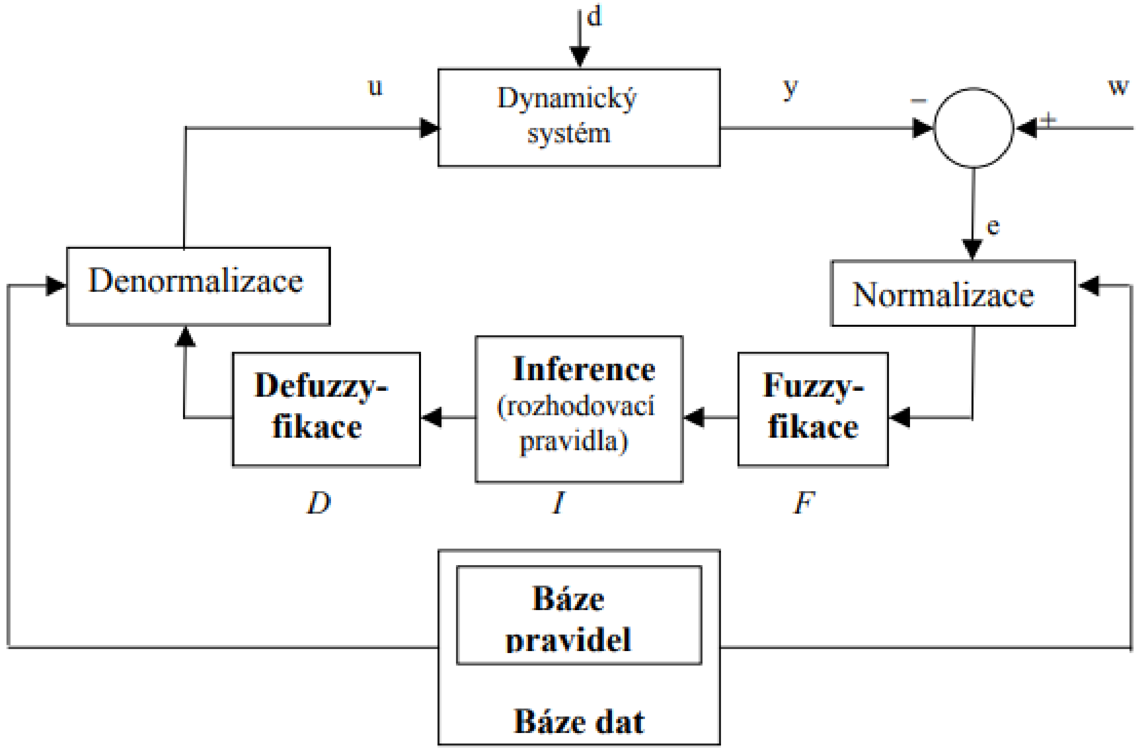
Obrázek 2.97 - Předpokládaný průběh přechodové charakteristiky RO pro regulované soustavy bez dopravního zpoždění

12. Fuzzy regulátory. Základní princip. Podoba P, PI, PD a PID regulátorů.

Charakteristickým znakem fuzzy řízení je možnost bezprostředního použití empirických znalostí člověka - operátora o řízeném procesu, které označujeme jako **bázi znalostí**. Bázi znalostí tvoří

a) informace o stacionární stavech, intervalech, ve kterých se pohybují hodnoty vstupních a výstupních veličin, jejich mezní hodnoty, atd. Rozšíříme-li tato data o funkce příslušnosti všech vstupních a výstupních fuzzy množin (jak bude vysvětleno později), pak všechny tyto informace o procesu se v bázi znalostí označují jako **báze dat**.
b) kvantitativně formulované zkušenosti včetně slovně definované strategie řízení, pomocí kterých je možno realizovat řízení, to jest generovat akční veličinu. Takto zkušeností získané strategie řízení označujeme jako **bázi pravidel**.

Struktura fuzzy regulátoru je na obr.14 a jeho ústřední člen tvoří tři základní bloky: ***fuzzyfikace F***, ***inference I*** a blok ***defuzzyfikace D***. V bloku ***fuzzyfikace*** se převádí



Obr.14 *Struktura fuzzy regulátoru*

Výstup číslicového PI regulátoru v přírůstkovém tvaru, který zajišťuje nulovou regulační odchylku, je

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k); \Delta u(k) = q_0 e(k) + q_1 e(k-1).$$

Výstup číslicového PD regulátoru, který ovšem nezajišťuje nulovou regulační odchylku, je ve tvaru

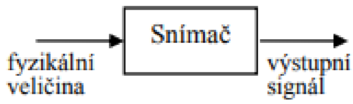
$$u(k) = K_p e(k) + K_D \Delta e(k).$$

Hovoříme-li o jednoduchém fuzzy regulátoru a chceme-li ho porovnávat s PI regulátorem nebo s PD regulátorem, pak vstupem těchto regulátorů je $e(k)$ a $\Delta e(k)$. Výstup je pak nelineární funkcí, která závisí na fuzzyfikaci, inferenci a defuzzyfikaci. Takže pro fuzzy regulátor typu PI bude platit

$$\Delta u(k) = F_{PI}(e(k), \Delta e(k)); \; u(k) = u(k-1) + \Delta u(k).$$

13. Senzory, jejich vlastnosti z pohledu řízení. Smart senzory.

V regulačním obvodu plní snímače funkci členů pro získávání informace o velikosti regulovaných a poruchových veličin. Obecně jsou snímače systémy, na jejichž vstupu je fyzikální veličina a na výstupu měronosný signál, nejčastěji elektrický, ale také tlakový nebo poloha.



Obrázek 3.32 – Snímač jako dynamický systém

Statické vlastnosti senzoru popisují jeho chování v časově ustáleném stavu (při kvazistacionárních změnách). Nejdůležitější charakteristikou je **statická přenosová charakteristika** (kalibrační křivka), která udává vztah mezi měřenou veličinou x a výstupní veličinou y. Vztah je popsán funkcí:

$$y = f(x)$$

Limit detekce senzoru (práh citlivosti, dolní hranice měřícího rozsahu) je nejnižší hodnota měřené veličiny, která může být senzorem detekována. Na výstupu senzoru je signál odpovídající střední kvadratické odchylce šumu senzoru.

Plný rozsah senzoru (horní hranice měřicího rozsahu) je nejvyšší hodnota měřené veličiny, která může být senzorem detekována.

Dynamický rozsah je ohraničen dolní a horní hranicí měřícího rozsahu a udává interval přípustných hodnot měřené veličiny.

Linearita je přesnost reálné kalibrační křivky s ideální statickou přenosovou charakteristikou (přímkou). Je vyjádřena v procentech horní hranice měřícího rozsahu a udává maximální odchylku kteréhokoliv kalibračního bodu od odpovídajícího bodu na ideální charakteristice. Chyba linearity (nelinearita) senzoru je definována vztahem :

$$L_e = \frac{\Delta y_{max}}{Plný\ rozsah}$$

Opakovatelnost měření (reprodukovatelnost) je dána odchylkou naměřených hodnot za stálé (neměnné) velikosti vstupní veličiny a rušivých vlivů okolí při krátkodobém časovém sledu měření.

Druhá generace senzorů - využívá elektronické jevy v tuhých látkách (např. piezoelektrický jev, magnetostrikční jev, fotoelektrický jev apod.) a v plynech (např. nárazová ionizace). Významnou skupinu této generace tvoří po1ovodičové senzory a z nich pak zejména mikroelektronické senzory, které jsou mnohdy slučitelné s integrovanými obvody. Vývoj v této oblasti je zaměřen na jednočipové inteligentní senzory, označované též jako SMART převodníky, respektive SMART senzory.

14.Akční členy. Porovnejte technické realizace řízení s ohledem na použité členy – elektrické, pneumatické a hydraulické.

Akční členy nebo též aktuátory jsou technické prvky, které přímo reagují na výstupy řídicího systému. V následujících odstavcích bude popsána alespoň malá skupina používaných aktuátorů se zaměřením na ty nejvýznamnější.

Jedním z nejvíce používaných druhů v automatizaci (především řízené) jsou elektrické motory - pohony. Můžeme je rozdělit na lineární a rotační. V dnešní době jsou tato zařízení charakteristická možností vyššího typu komunikace, např. analogovým výstupem, sériovými linkami (RS-232C, RS-485), které mohou být použity pro řízení rychlosti otáčení, polohy atd.

Přestavná síla pneumatických pohonů je mezi 0,5 kN a 90 kN. Tyto pohony jsou pouze jednočinné, což znamená, že síla působí proti pružině, která zajišťuje návrat. Popsaná konstrukce zajišťuje schopnost používat tyto akční prvky také jako nouzové pohony. Pokud dojde ke ztrátě tlaku řízeného média, jsou schopny posunout uzávěr do požadované polohy. Podle konstrukce pružin je pak lze rozdělit na pohony s:

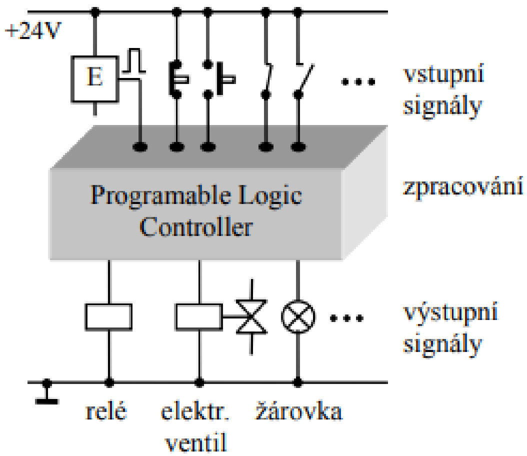
- Přímou funkcí (NO – normal open) – typ pohonu - bez tlaku otevřeno;
- Nepřímou funkcí (NC – normal closed) – typ pohonu - bez tlaku zavřeno.

Hydraulické aktuátory jsou vhodné zejména pro aplikace s velkou přestavnou silou. Produkovaná síla je 25 krát větší než pneumatických válců o stejné velikosti. Také mají vysoký poměr výkonu k hmotnosti, a to o 1 až 2 koňské síly/lb, větší než u pneumatických motorů. Důležitou vlastností je, že dokáže udržet sílu a točivý moment konstantní bez běžícího čerpadla, které by dodávalo více hydraulického tlaku v důsledku nestlačitelnosti tekutin. Tyto typy pohonů mohou mít své zdroje tlaku (čerpadla a motory) ve značné vzdálenosti s minimální ztrátou výkonu. Ovšem mají i své nedostatky, jako unikání kapaliny. Stejně jako u pneumatických aktuátorů vede ztráta kapaliny ke snížení účinnosti. Hydraulické aktuátory vyžadují mnoho dodatečných částí včetně akumulátoru tekutiny, motorů, pump, ventilů, výměníků tepla a zařízení na odhlučnění.

15. PLC řízení, části a vlastnosti. Blokové schéma PLC. Nastavení v řízeném systému.

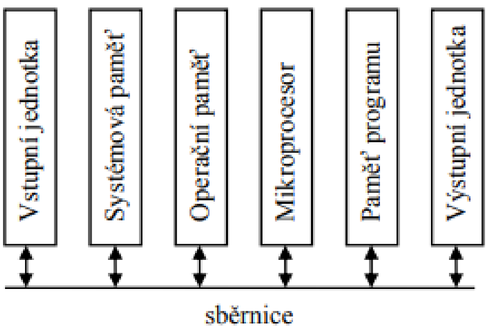
Schématicky je připojení PLC na řízený systém nebo technologický proces znázorněno na obrázku 1.35. Vstupy tohoto řídicího systému představují kontakty, tlačítka a také elektrické dvouhodnotové impulsní nebo statické signály. Připojení spínačů a tlačítek k napájecímu napětí symbolizuje přivedení signálu o logické hodnotě jednička. Výstupní funkcí PLC je spojovat akční prvky jako jsou relé, stykače, elektrické ventily nebo jen signalizační osvětlení nebo zvukové signály na napájecí napětí a tímto způsobem je spustit.

Napojení vnějších elektrických signálů vyžaduje jejich galvanické oddělení. Je nevýhodné, aby slaboproudé elektrické obvody PLC byly přímo propojeny se silovými obvody, které napájí například výkonné pohony. Důvodem je ochrana před jejich poruchami.



Obrázek 1.35 – Vazba PLC na řízený proces

PLC představuje mikropočítač se sběrnicovou strukturou, která je znázorněna na obrázku 1.38. Na společnou sběrnici jsou připojeny následující jednotky:



Obrázek 1.38 – Vnitřní struktura PLC

- Vstupní jednotka na kterou jsou připojeny vstupní signály číslicové a analogové
- Systémová paměť pro vstupy a výstupy, mezivýsledky, meze pro časovače a meze pro čítače
- Operační paměť s aktuální verzi programu, tvoří ji rychlá paměť typu RAM

Vlastnosti PLC se charakterizují především počty různých druhů vstupů a výstupů

- Binárních vstupů – DI (Digital Input), počet je násobkem 16, např. 16 DI
- Binárních výstupů – DO (Digital Output) , počet je shodný s počtem DI, např. 16 DO
- Analogových vstupů – AI (Analog Input), počet je obvykle 8 AI, zřídka 16 AI
- Analogových výstupů – AO (Analog Output), počet je obvykle jeden nebo dva, 1 AO nebo 2 AO.

16. Booleovské řízení. Jeho výhody a nasazení.

Logické řízení je založeno na dvou stavech ovládaného prvku. Praktické označení těchto stavů je následující:

zapnuto / vypnuto, otevřeno / zavřeno, vede proud / nevede proud. atd.

Mezi těmito dvěma stavy není žádný mezistupeň. I když lze u některých prvků třeba připustit otevření napůl, funkce logického řízení to nepředpokládá, může tedy nastat jen jedna ze dvou zmíněných alternativ. Jedním z prvků, který tuto funkci plní je elektrický kontakt (spínač). Ten je buď zapnut nebo vypnut. Při kreslení schémat platí pravidlo, že se kreslí jejich poloha v klidovém stavu (pokud není uvedeno jinak), viz obrázek 1.1. Mezi kontakty řadíme také tlačítka spínací nebo rozpínací.

Logické řízení má svoji matematickou teorii, která se nazývá Booleova algebra (George Boole, 1815-1864, irský matematik, hlavní dílo Analysis of Logic). Vzorce nepotřebují reálná čísla, ale jen proměnné (veličiny), , které nabývají dvou hodnot:

ano / ne, pravda / nepravda, true / false (anglicky), logická 1 / logická 0.

Nejběžněji používané hodnoty jsou 1 a 0. Vzorce představují matematickou funkci. Nezávislé proměnné této funkce jsou například pojmenovány: a, b, c, ...atd. Proměnná, která je nazvána např. a může tedy nabýt jedné ze dvou možných hodnot: 1 nebo 0. Pro název proměnné lze použít několika písmen, omezením je jen náš vkus, ve jménu proměnné může být obsažen její technický význam. Základní vlastností funkcí v matematice je jednoznačnost přiřazení závislé proměnné, např. y, určité kombinaci hodnot nezávisle proměnných. Obecná funkce se označuje

$$y = f(a,b,c,...) \tag{1.1}$$

17. Unifikace řídicích systémů, unifikované signály, sběrnice, akční členy.

Systém řízení:

- dnes se používají stavebnicové systémy řízení – jednotlivé přístroje se kontrolují samostatně avšak tak, aby se mohly univerzálně použít, lze z nich pak sestavovat jak jednoduché, tak i složité řídící obvody.

- jejich výhodou je, že většina přístrojů, ze kterých jsou sestaveny, můžou být stejné ať se jedná pro řízení jakékoliv veličiny.

- mění se pouze přístroje obsahující díly (členy) pro získání informace, kdežto ostatní přístroje pracují již s unifikovaným signálem nezávisle na druhu snímané veličiny.

- tyto systémy byly vyvíjeny od 30. let – nejprve to byli pneumatické a hydraulické, teprve později byly vyvinuty systémy elektronické

Elektronické systémy se podle použitých elektronických součástek vyvíjeli a jsou označovány jako:

- první generace - elektronky

- druhá generace - tranzistory

- třetí generace - integrované obvody

Unifikace = sjednocení (signálu)

- jednou z podmínek úspěšného zavedení stavebnicových řídících systémů je unifikace signálů uskutečňujících přenos informace mezi jednotlivými funkčními částmi stavebnicového systému

Jedná se o :

stejnosměrné proudové signály

0 – 5 mA

0 – 20 mA

4 – 20 mA

stejnosměrné napěťové signály

0 – 10 V

- 10 až + 10 V

Proudové signály - jsou určeny pro dálkový přenos mezi částí pro získání informací a částí pro zpracování a mezi touto částí a částí pro využití informací - (přenos na desítky až stovky metrů)

Napěťové signály – jsou určeny pro přenos informace uvnitř části pro jejich zpracování

U pneumatických systémů je již plná celosvětová unifikace

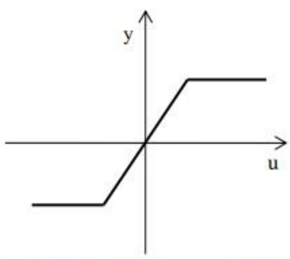
signálu (20 – 100 kPa)

18. Základní typy nelinearit, jejich vliv na regulační proces a co je může způsobit

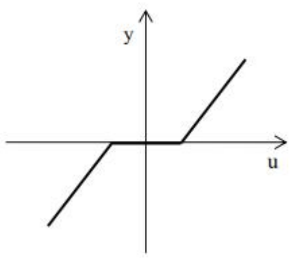
Typickou nelinearitou je výkonové omezení akční veličiny jinak lineárního regulátoru. U regulátoru typu P nebo PD nemá toto omezení vliv na dynamické chování regulátoru a může ovlivnit pouze dynamiku celého regulačního obvodu. Jinak je tomu u regulátorů s integračním kanálem (PI, PID, I).

Základní typy nelinearit jsou:

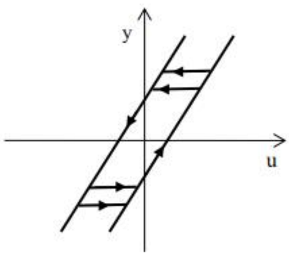
- Nasycení – nelinearita má oblast, kde se při změně vstupního signálu, výstupní signál téměř nemění (obr. 4). Příkladem jsou zesilovače, servomotory, členy s mechanickým dorazem.
- Pásmo necitlivosti – nelinearita má oblast, kde není citlivá na změny vstupního signálu (obr.5). Příkladem je vůle v mechanických členech, tření u servomotorů.
- Vůle v převodech – má charakter hystereze a šikmé větve odpovídají přímému záběru, vodorovné úseky znázorňují přechod vůlí (obr. 6). Příkladem jsou převody ozubených kol, pákové převody.
- Relé – nelinearita, kde výstupní veličina se mění nespojitě – skokem, při spojité změně vstupní veličiny (obr. 7).
- Hystereze – nelinearita je dána dvojznačně. Výstup je dán velikostí vstupní veličiny a smyslem její změny (obr. 8). Příkladem je přítah a odpad kotvy relé.
- Ostatní typy jsou dány kombinací jednotlivých základních typů – např. relé s hysterezí a s pásmem necitlivosti (obr. 9), relé s pásmem necitlivosti (obr. 10), nasycení a pásmem necitlivosti (obr. 11).



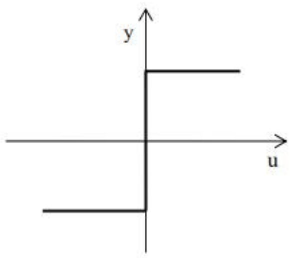
Obr. 4 Charakteristika nasycení (idealizovaná)



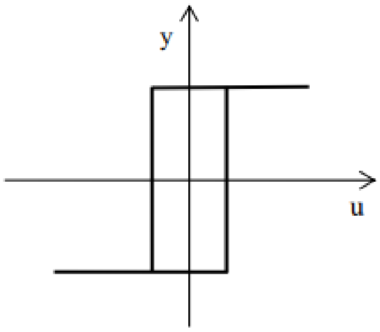
Obr. 5 Charakteristika pásma necitlivosti



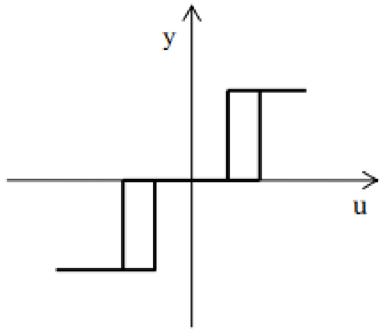
Obr. 6 Charakteristika vůle v převodech



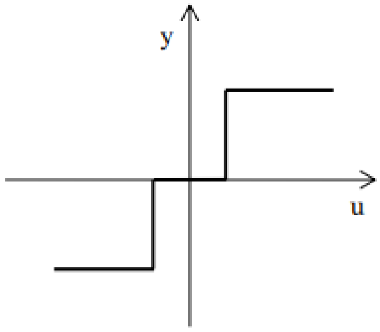
Obr. 7 Charakteristika relé



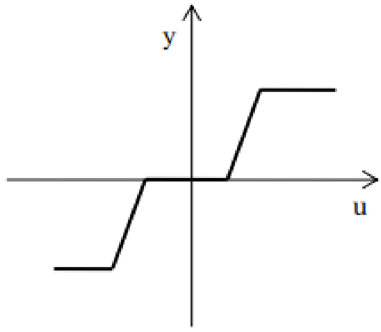
Obr. 8 Charakteristika relé s hysterezí



Obr. 9 Charakteristika relé s hysterezí a pásmem necitlivosti



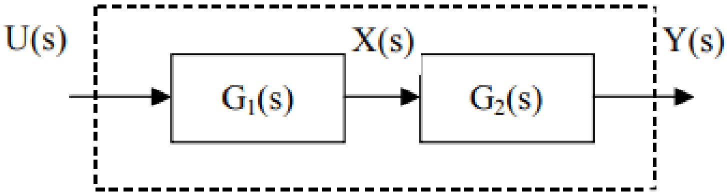
Obr. 10 Charakteristika relé s pásmem necitlivosti



Obr. 11 Charakteristika nasycení s pásmem necitlivosti

19. Algebra blokových schémat. Sériové, paralelní, zpětnovazební, antiparalelní zapojení. Uveďte přenos.

- **Sériové zapojení**



Obrázek 2.75 - Blokové schéma sériového zapojení

Pro jednotlivé členy platí vztahy:

$$X(s) = G_1(s)U(s)\,;\, Y(s) = G_2(s)X(s)\,.$$

Vztah pro výstupní veličinu odvodíme eliminací proměnné *X(s)*

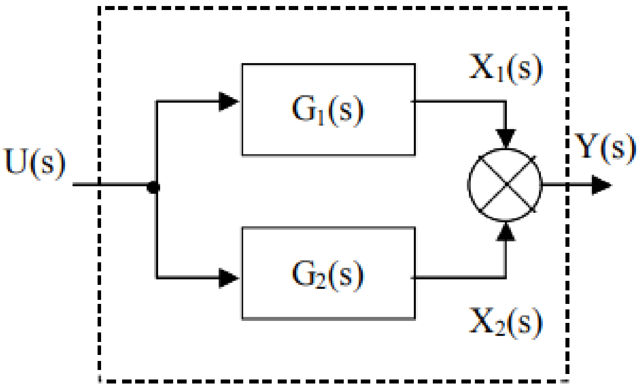
$$Y(s) = G_2(s)\; X(s) = G_1(s)G_2(s)U(s)\,.$$

Je tedy možno sériově zapojené členy nahradit jedním členem s přenosem

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = G_1(s).G_2(s) \qquad (2.22)$$

Při zapojení členů za sebou je výsledný přenos dán součinem přenosů jednotlivých členů.

- **Paralelní zapojení**



Obrázek 2.76 - Blokové schéma paralelního zapojení

Pro jednotlivé členy a pro součtový uzel platí vztahy:

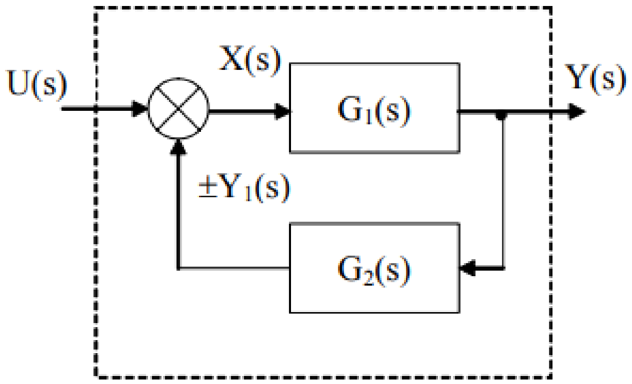
$$X_1(s) = G_1(s)U(s)\,,\, X_2(s) = G_2(s)U(s)\,,.\, Y(s) = X_1(s) + X_2(s)$$

Eliminací $X_1(s)$, $X_2(s)$ vypočítáme výstupní veličinu *Y(s)*

$$Y(s) \;=\; G_1(s)\; U(s) \;+\; G_2(s)\; U(s) = \;\left[G_1(s) \;+\; G_2(s)\right] U(s)\,.$$

Při paralelním zapojení členů je možné je nahradit jedním členem s přenosem

- **Zpětnovazební zapojení (antiparalelní)**



Obrázek 2.77 - Blokové schéma zpětnovazebního zapojení

Pro jednotlivé členy a rozdílový uzel platí následující vztahy:

$$Y(s) = G_1(s)X(s)\,, Y_1(s) = G_2(s)Y(s)\,,\ X(s) \ = \ U(s) \ \pm Y_1(s)\,.$$

Eliminací *X(s)* a $Y_1(s)$ obdržíme vztah pro výstupní veličinu *Y(s)*

$$Y(s) \ = \ G_1(s)\,X(s) \ = \ \left[U(s) \ \pm Y_1(s)\right]G_1(s) = [U(s) \pm G_2(s)Y(s)]G_1(s),$$

$$Y(s) \ \mp \ G_1(s)G_2(s)Y(s) = \ G_1(s)U(s)\,.$$

Při zpětnovazebním zapojení je možno takto zapojené členy nahradit jedním členem s přenosem

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G_1(s)}{1 \mp G_1(s)G_2(s)}\,. \tag{2.24}$$

Při zpětnovazebním zapojení je výsledný přenos dán zlomkem, kdy v čitateli je tzv. přenos přímé větve a ve jmenovateli $1 \mp$ součin přenosů přímé větve a zpětné vazby:

$$\text{celkový přenos} = \frac{\text{přenos přímé větve}}{1 \mp (\text{přenos přímé větve}).(\text{přenos zpětné vazby})}$$

20. IOT, příklady nasazení výhody a rizika spojená s IOT, inteligentní domy, samořiditelná auta.

IoT je zjednodušeně řečeno cokoliv, co je připojeno k síti (včetně internetu), nebo k jiným strojům a pracuje samostatně bez nutnosti lidského zásahu. Všechny ostatní termíny jen popisují věci, které jsou prostřednictvím internetu věcí možné. Takže připojený dům, auto atd. prostě znamená, že jsou nějakým způsobem připojeny k síti. Totéž platí pro průmysl. Toto propojení, umožněné řadou moderních komponent a převážně bezdrátových komunikačních systémů a protokolů. Jednoduše umožňuje návrhářům, aby vytvářeli "inteligentní" (sofistikovanější) vybavení a stroje tak, aby svou činnost samy měřily, zaznamenávaly, zobrazovaly, sledovaly a podle tohoto se automaticky nastavovaly.

- **Věci** = zařízení pro kabelové nebo bezdrátové připojení do širší sítě.
- **Síť** = komunikační prostředek v podobě komunikační sítě nebo brány spojující několik věcí do cloudu.
- **Cloud** = vzdálené servery v datových centrech bezpečně konsolidující a ukládající získaná / přenesená data.

Inteligentní dům (nebo **Chytrý dům**) je takový dům, který zajišťuje optimální vnitřní prostředí pro komfort osob prostřednictvím stavební konstrukce, techniky prostředí, řídicích systémů, služeb a managementu. Je efektivní ekonomicky, energeticky i z hlediska působení na vnější prostředí [1] a umožňuje víceúčelové použití a rekonfigurace. Inteligentní dům reaguje na potřeby obyvatel s cílem zvýšit jejich pohodlí, zpříjemnit jim zábavu, zaručit co nejvyšší bezpečí a snížit náklady na provoz. Často se také používají termíny jako "digitální domácnost", "digitální dům" nebo "chytrý dům".

Autonomní vozidlo (též například **samořídící** nebo **samořízené motorové vozidlo**) je motorové vozidlo, které ke svému provozu nepotřebuje řidiče a orientuje se zcela za pomoci počítačových systémů, které detekují okolí vozidla a určují jeho trasu. Detekce okolí může probíhat různě systémy jako radar, lidar, GPS a počítačové vidění.