

~~pochod nastal, je kritické pásmo proporcionality a perioda průběhu regulačního pochodu je kritická perioda.~~

~~5) Konstanty pro nastavení regulátoru vypočítáme pomocí tabulky.~~

~~b) Známe charakteristické veličiny soustavy.~~

~~Konstanty pro nastavení regulátoru se potom vypočítají pomocí vztahů uvedených v tabulce. Tato metoda dává v praxi velmi dobré výsledky. Navíc můžeme zvolit, zda regulační pochod má mít průběh periodický nebo aperiodický. Metoda respektuje způsob vyvolání regulačního pochodu. Jedinou nevýhodou je, že musíme přesně znát charakteristické veličiny regulované soustavy. Většinou tyto veličiny neumíme přesně vypočítat, a proto je zjišťujeme měřením na soustavě v provozu. Z přechodové charakteristiky určíme T_u , T_n a s_0 . Příslušné vztahy pro určení konstant regulátorů najdeme v tabulkách.~~

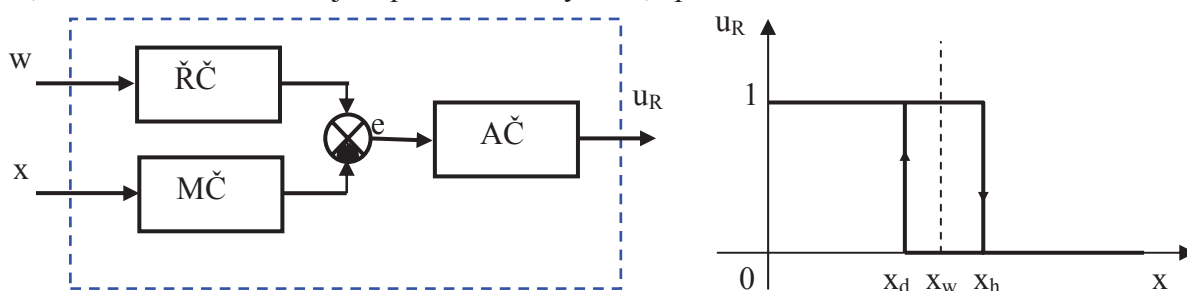
3.3.5. Regulační obvody s nespojitými regulátory.

Nespojitý regulátor je charakteristický tím, že jeho výstupní signál (akční veličina) nezávisí spojitě na vstupním signálu (regulované veličině). Akční veličina se tedy nemění spojitě, ale může nabývat pouze omezeného počtu hodnot., přičemž změna z jedné hodnoty na druhou probíhá skokem. Pro akční člen nespojitého regulátoru to znamená, že může zaujmout pouze dvě nebo více pevných poloh. Podle počtu těchto poloh rozdělujeme tyto regulátory na dvoupolohové, třípolohové a vícepolohové.

Nespojité regulátory patří pro svou jednoduchou konstrukci a cenovou dostupnost mezi nejrozšířenější regulátory.

3.3.5.1. Regulační obvody s dvoupolohovým regulátorem.

Nejjednodušším nespojitým regulátorem je dvoupolohový regulátor. Poklesne-li skutečná hodnota regulované veličiny x pod žádanou hodnotu x_w , nabude akční veličina určité pevné hodnoty $u_{\max}$ (rozsah akční veličiny). Překročí-li skutečná hodnota regulovanou žádanou hodnotu x_w , nabude akční veličina jiné pevné hodnoty $u_{\min}$, zpravidla nulové.

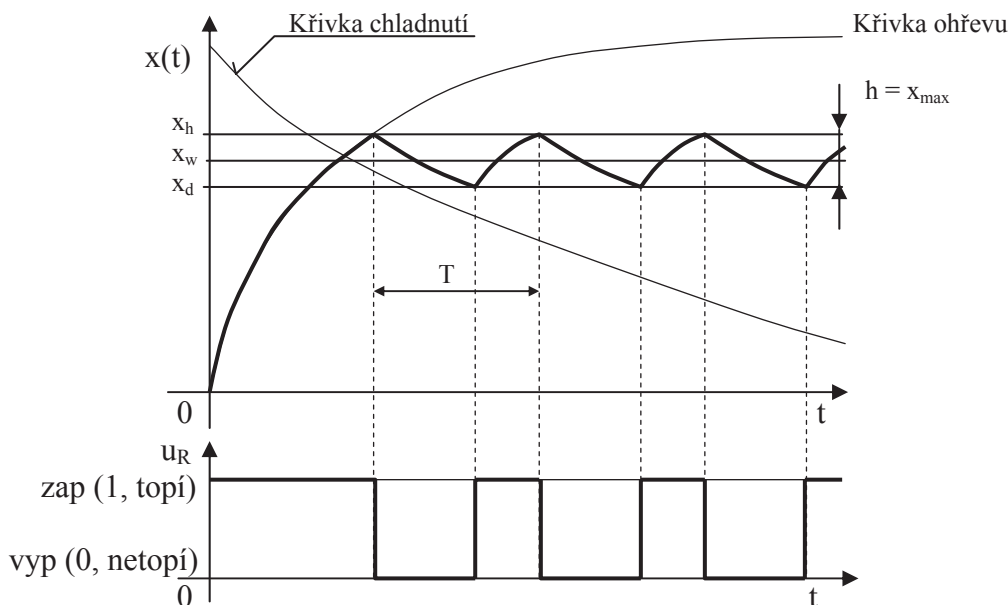


Obr.88. Blokové schéma a statická soustava dvoupolohového regulátoru.

Činnost regulátoru je názorně vidět na jeho statické charakteristice. Kromě žádané hodnoty řídicí veličiny x_w zde ještě rozlišujeme dolní a horní hranici hystereze x_d a x_h . Velikost hystereze h má vliv na přesnost regulace a na četnost spínání.

Zmenšení hystereze sice zvyšuje přesnost regulace, ale zároveň zvyšuje i frekvenci spínání a tím snižuje životnost regulátoru. Ze statické charakteristiky dále vyplývá, že hodnoty regulované veličiny x_d a x_h , při kterých dochází k sepnutí nebo rozepnutí kontaktů regulátoru, se neshodují s žádanou hodnotou x_w . Regulovaná veličina tedy kmitá v pásmu hystereze se šířkou h .

a) Regulační obvod tvořený statickou jednodukapacitní regulovanou soustavou a dvoupolohovým regulátorem.



Obr.89. Příklad regulačního obvodu a průběh regulované a akční veličiny.

Regulovaná veličina se po zapnutí začne zvětšovat podle přechodové charakteristiky statické jednodukapacitní soustavy (podle křivky ohřevu). Toto zvětšování pokračuje až do doby, kdy skutečná hodnota regulované veličiny dosáhne hodnoty x_h (horní hranice hystereze). V tom okamžiku „spadne“ (vypne) akční veličina u_R na hodnotu 0. Regulovaná veličina se od této doby začne zmenšovat a to opět podle přechodové charakteristiky (podle křivky chlazení). Jakmile se hodnota regulované veličiny zmenší na hodnotu x_d (dolní hranice hystereze) regulátor sepne ($u = u_{\max}$) a regulovaná veličina se opět začne zvětšovat. Tento cyklus se neustále opakuje a tak skutečná hodnota regulované veličiny neustále kmitá mezi hodnotami x_d a x_h . Abychom mohli posoudit kvalitu regulace zavedeme následující charakteristické veličiny regulačního pochodu.

Šířka pásma kmitání – X_k – rozsah ve kterém regulovaná veličina periodicky kmitá.

Perioda kmitů – T – doba trvání kmitů u nespojitého regulátoru.

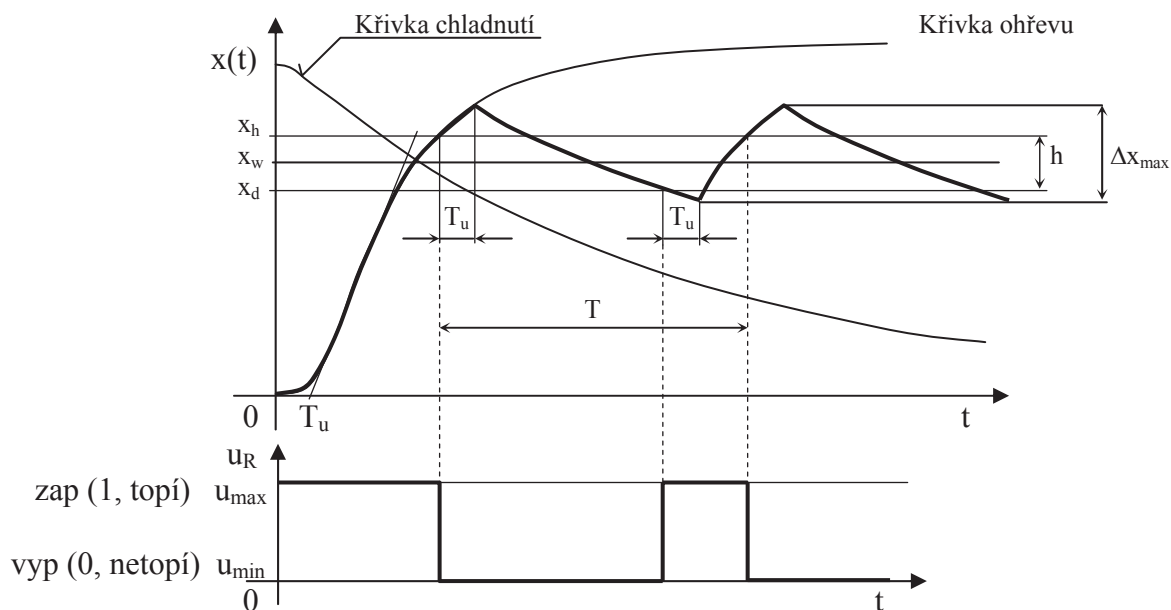
Frekvence četnosti spínání – f – počet zapnutí nebo vypnutí za jednotku času.

V našem případě regulace jednodukapacitní soustavy udržuje dvoupolohový regulátor regulovanou veličinu v mezích x_d a x_h . Šířka pásma kmitání je tedy shodná s hysteresí h a lze ji volbou hystereze regulátoru ovlivnit.

b) Regulační obvod tvořený dvoukapacitní statickou regulovanou soustavou a dvoupolohovým regulátorem.

Regulace dvoukapacitní (popřípadě vícekapacitní) regulované soustavy se liší od regulace jednodukapacitní soustavy. Regulovaná veličina nekmitá pouze v pásmu hystereze, ale pásmo kmitání bývá širší než pásmo hystereze. Znamená to tedy, že regulovaná veličina po zapnutí (popřípadě vypnutí) akční veličiny, ještě nějakou dobu klesá (popřípadě roste). Je to způsobeno zpožděním v soustavě, které je dáno velikostí doby průtahu T_u . Teprve po uplynutí této doby se změní její průběh.

Je tedy zřejmé, že na šířku pásma kmitání a tím i na kvalitu regulačního pochodu má vliv regulovaná soustava a především její doba průtahu. Hystereze regulátoru se naopak příliš neuplatní, neboť ke kmitání regulované veličiny dojde i při nulové hysterezi.



Obr.90. Průběh regulované a akční veličiny při regulaci dvoukapacitní (popř. vícekapacitní) soustavy s dvupolohovým regulátorem.

Průběhy uvedené na předchozím obrázku jsou teoretické, neboť ve skutečnosti nejsou v průběhu regulované veličiny ostré hrany a přechody jsou zaoblené. Proto je skutečná šířka pásma kmitání regulované veličiny menší, než bychom spočítali z uvedených vztahů.

Další charakteristickou veličinou regulačního pochodu je *doba rozběhu* T_r . Je to doba potřebná k tomu, aby po zapnutí regulačního obvodu skutečná hodnota regulované veličiny poprvé dosáhla žádané hodnoty. Tuto dobu lze ovlivnit volbou rozsahu akční veličiny. Čím je nadbytek výkonu větší, tím je kratší doba rozběhu, ale současně se zvětšuje šířka pásma kmitání X_k regulované veličiny.

c) Způsoby zvyšování kvality regulačního pochodu.

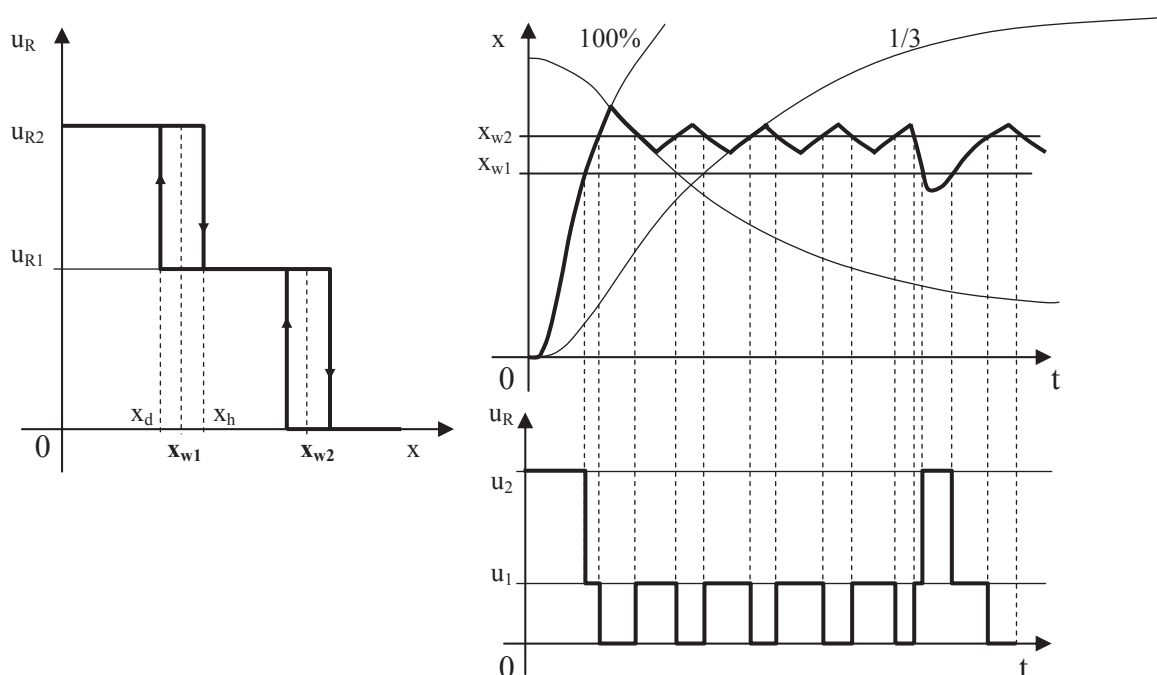
Zlepšení kvality regulačního pochodu znamená především zmenšení šířky pásma kmitání X_k . Z předchozích vztahů vyplývá, že toho můžeme dosáhnout několika způsoby.

- Zmenšení hystereze – této možnosti využíváme pouze u jednokapacitních regulovaných soustav. Je třeba si uvědomit, že zmenšením hystereze se zvyšuje frekvence spínání a životnost regulátoru se zkracuje.
- Zkrácení doby průtahu – toto opatření patří k nejvýznamnějším možnostem zmenšení šířky pásma kmitání regulované veličiny. Regulační obvod musí být navržen tak, aby přenos informace o změnách regulované veličiny na akční člen byl rychlý. Toho lze dosáhnout vhodným uspořádáním regulačního obvodu (měřicí člen by měl být umístěn co nejbližší u akčního členu, pokud tomu nebrání provozní podmínky) a použitím přístrojů s velmi dobrými dynamickými vlastnostmi.
- Prodloužení doby náběhu – má smysl pouze v těch případech, kdy se s prodloužením doby náběhu neprodlouží současně i doba průtahu. Prodloužení doby náběhu dosáhneme zvětšením kapacity regulované soustavy.
- Zmenšení rozsahu akční veličiny – je nevýhodné tím, že zmenšováním rozsahu akční veličiny se sice zmenšuje šířka pásma kmitání regulované veličiny, ale současně se prodloužuje doba rozběhu. Většinou požadujeme krátkou dobu rozběhu, což vyžaduje co největší rozsah akční veličiny. Oba tyto požadavky jsou protichůdné a nelze je splnit jednoduchým dvupolohovým regulátorem.

3.3.5.2. Regulační obvody s třípolohovými regulátory.

Ke splnění obou předchozích protichůdných požadavků je možno použít třípolohový regulátor. U něj je možno nastavit celkem tři hodnoty akční veličiny. Při vhodně zvolených hodnotách lze značně zkvalitnit regulační pochod.

Tento způsob se z výhodou využívá u elektrických pecí, kde se používá poloh trojúhelník – hvězda – vypnuto. Při spojení topných těles do trojúhelníku má pec velký topný výkon a z toho vyplývá i velmi krátká doba rozběhu. Jakmile regulovaná veličina dosáhne poprvé nastavené hodnoty x_{w1} , přepojí se topná tělesa do hvězdy, a tím se topný výkon zmenší na třetinu. Regulovaná veličina se i nadále zvětšuje, ale již mnohem pomaleji. Při dosažení nastavené hodnoty x_{w2} se topení vypne úplně. Další regulační pochod pak využívá pouze stavů hvězda – vypnuto, pokud se nevyskytnou velké poruchy.



Obr.91. Průběh veličin při regulaci dvoukapacitní soustavy třípolohovým regulátorem.

3.4.Číslicové řízení.

3.4.1 Historický vývoj číslicové techniky.

Číslicová technika je založena na využití poznatků z teorie číselných soustav, zejména dvojkové, a z dvojhodnotové logické algebry, tzv. Boolovy algebry (1847). Teoreticky byly základy číslicové techniky dobře zvládnuty již v 19.století, technické realizace se dočkaly až ve dvacátém století. Pro zapojování logických funkcí se nejprve používaly obyčejné elektrické spínače, později je nahradili elektromechanická relé. To již umožňovalo konstrukci prvních číslicových počítačů.

V roce 1934 začal Konrad Zuse v Německu vyvíjet samočinný počítač, který uvedl do chodu v roce 1938. Byl však pomalý a nespolehlivý. V roce 1941 byl vytvořen reléový počítač s pamětí pro 64 dvaatřicetibitových čísel, zobrazením v pohyblivé čarce a čtením instrukcí z děrné pásky.

V roce 1944 byl v USA dokončen reléový počítač Mark I. Byl 15 m dlouhý, 2,4 m vysoký a obsahoval 3 300 relé. Pracoval s čísly na 23 desetinných míst, vstup byl z 24 stopé děrné pásky. Sčítání trvalo 0,3 s, násobení 3-5 s. Na Harvardské univerzitě pracoval 15 let.

V roce 1946 byl uveden do provozu elektronový počítač (určený hlavně pro výpočet dělostřeleckých tabulek) označený zkratkou ENIAC (Electronical Numerical Integrator and Computer). Obsahoval 17 468 elektronek a 7 200 krystalových diod, zabíral plochu 167 m², měl příkon 174 kW a vážil pře 30 tun. Sečtení dvou čísel trvalo 0,2 ms a násobení 2,8 ms. Počítač měl magnetickou paměť s kapacitou 100 čísel a počítal přímo v desítkové soustavě.

Mezníkem ve vývoji elektroniky a tím i automatizace byl v roce 1947 vynález tranzistoru a v roce 1959 vynález integrovaného obvodu.

V 70. letech s vývojem mikroprocesorů vznikaly programovatelné automaty a spolu s nimi různé generace počítačů. Ty se staly neodmyslitelnou součástí automatizovaných systémů. Logické a analogové řízení tak začalo být nahrazováno řízením diskretním.

3.4.2. Výhody diskretního řízení.

Řízení je obecně definováno jako působení řídicího objektu na objekt řízený se snahou docílit požadovaného cílového chování. Podle tvaru signálů, kterými se přenáší informace lze řízení rozdělit na:

logické řízení – binární signály (True, False)

analogové řízení – spojitý signál v daném intervalu

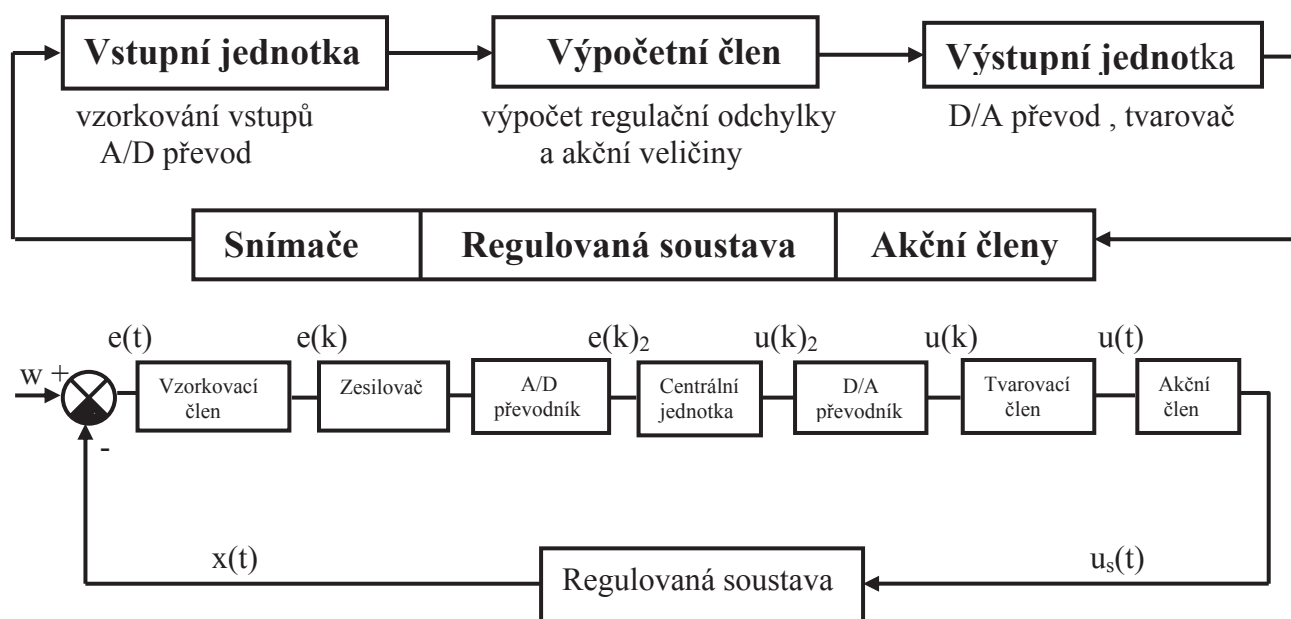
diskretní řízení – signály jsou definovány v určitých časových okamžicích daných tzv. periodou vzorkování

- základem řídicího členu je mikropočítačová výpočetní jednotka

Většina technických prostředků současné automatizační techniky pracuje na principech diskretního řízení a je tedy logické, že proti klasickému (spojitému) řízení bude mít řadu výhod:

- **Centralizace a decentralizace řídicích prostředků**
Řídicí obvod je možno rozdělit na několik vzájemně spolupracujících celků propojených průmyslovými komunikačními linkami. Vzniká tzv. *distribuovaný řídicí systém*, který je charakteristický víceúrovňovou hierarchickou strukturou.
- **Velká spolehlivost**
Spolehlivost se vyjadřuje tzv. střední dobou mezi poruchami, případně střední dobou mezi opravami. U současných řídicích systémů nabývá tento parametr hodnot řádově 10⁴ až 10⁵.
- **Snadná změna struktury regulátorů**
Počítače a programovatelné automaty umožňují požadovanou strukturu regulačního členu sestavit vhodnou kombinací počítačích bloků.
- **Programové nastavení parametrů regulátorů**
Regulátory diskretních systémů jsou často tvořeny jedinou výkonnou instrukcí (nejčastěji instrukce PID) a blokem dat obsahujícím všechny požadované parametry. Konstanty regulátoru se nastavují jejich modifikací. Některé systémy mají zabudovanou funkci automatického nastavení příp. adaptivní mechanismus.
- **Minimální drift nuly**
Základem klasických regulátorů jsou stejnosměrné zesilovače, které jsou charakteristické nestálostí výstupního napětí (drift nuly). Tento problém u mikropočítačových systémů samozřejmě odpadá.
- **Snadný přenos informace na velké vzdálenosti**
Veškeré signály jsou přenášeny ve tvaru binárně kódovaných dat, která jsou podstatně odolnější vůči elektromagnetickému rušení než data analogová.
- **Snadnější nastavení, oživení a montáž řídicích systémů, diagnostické nástroje**
Diskretní řídicí systémy obsahují řadu ladících a diagnostických nástrojů, které usnadňují uvedení do chodu a odstranění případných poruch.

3.4.3. Blokové schéma číslicového regulačního obvodu.



Obr.92. Přibližné blokové schéma číslicového regulačního obvodu.

Popis činnosti:

Vycházíme z předpokladu, že regulátor bude zpracovávat jedinou regulovanou veličinu $x(t)$. Snímač sejme informaci (spojitý signál) úměrnou regulované veličině. V porovnávacím členu je tato informace porovnávána s žádanou hodnotou řídicí veličiny a postupuje dál jako spojitá veličina jejíž velikost odpovídá regulační odchylce $e(t)$. Regulační odchylka $e(t)$ se přivádí na vstup vzorkovacího členu (vzorkovače). Vzorkovač vybírá většinou v pravidelných intervalech T (perioda vzorkování) ze signálu $e(t)$ vzorky (impulsy) $e(k)$, jejichž šířka je zanedbatelná proti délce intervalu T . Amplitudy vzorků se rovnají amplitudám regulační odchylky $e(t)$ v okamžicích vzorkování.

Signál ze vzorkovače je veden do zesilovače, který svým zesílením a posunem nul, y určuje rozsah pro daný vstup. Zesílení je často nastaveno softwarově.

Po zesílení je diskrétní signál pomocí A/D převodníku upraven do digitální podoby. Šířka datového slova určuje rozlišující schopnost převodníku a ovlivňuje přesnost celé regulační smyčky. Současné řídicí systémy pracují s datovým slovem o šířce 8 až 16 bitů.

Vstupní obvody reálných řídicích systémů zpracovávají řádově desítky až tisíce signálů a jejich zpracování samostatnými vzorkovacími obvody by bylo neúměrně drahé. Proto se zpravidla pro skupinu vstupů použije jeden analogový obvod, na který se pomocí analogového multiplexoru postupně vstupní obvody připojují.

Dále putuje signál do centrální jednotky. Centrální jednotka tvoří základ řídicího systému. Vyhodnocuje vstupní datové signály nesoucí informaci o stavu řízeného objektu, provádí výpočet akčních veličin, alarmových hlášení a pomocí výstupních obvodů zasahuje zpět do procesu.

Informace na výstupu centrální jednotky má podobu posloupnosti čísel. Ta jsou převedena D/A převodníkem na diskrétní hodnoty signálu. V tvarovači je z těchto hodnot vytvořen signál v podobě stupňovité funkce, který již působí na akční člen.