

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



ZÁKLADY AUTOMATIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ V TEORII

Regulační obvody

Ing. Romana Garzinová, Ph.D.
prof. Ing. Zora Jančíková, CSc.
Ing. Ondřej Zimný, Ph.D.

Ostrava 2013

© Ing. Romana Garzinová, Ph.D., prof. Ing. Zora Jančíková, CSc., Ing. Ondřej Zimný, Ph.D.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3044-5



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	REGULAČNÍ OBVODY	3
1.1	Regulační obvody	4
1.2	Požadavky na regulační obvod	4
1.2.1	Stabilita.....	5
1.2.2	Přesnost regulace.....	5
1.2.3	Kvalita regulačního děje	6
1.3	Seřizování regulačních obvodů.....	7
1.4	Složitější regulační obvody.....	8
2	PŘEDNÁŠKOVÝ TEXT SE VZTAHUJE K TĚMTO OTÁZKÁM	10
3	POUŽITÁ LITERATURA	11



1 REGULAČNÍ OBVODY



STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Regulační obvody.
Požadavky na regulační obvod.
Seřizování regulačních obvodů.
Složitější regulační obvody.



MOTIVACE:

Chování regulačních obvodů je určeno jednak vlastnostmi soustav a jednak vlastnostmi zvoleného regulátoru. Proto je nutno definovat jisté parametry a kritéria chování regulačních obvodů, tzn. přesnost regulace, stabilitu regulačního obvodu a kvalitu regulace. A správným nastavením regulátoru pak zajistit, aby tato kritéria byla vyhovující zvoleným cílům řízení.



CÍL:

Určení kritérií a parametrů regulace pro správnou funkci regulačního obvodu.

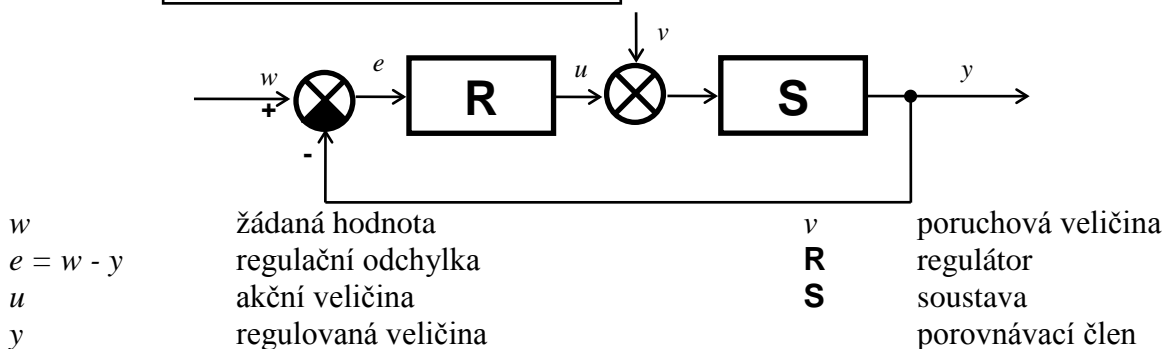
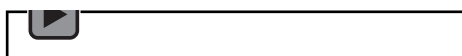


1.1 REGULAČNÍ OBVODY

Regulační obvod - je obvod, ve kterém probíhá samočinná regulace. Jednoduchý regulační obvod se skládá z regulované soustavy a regulátoru. Jeho součástmi jsou pouze technická zařízení a spojovací cesty, člověk však není ani jeho součástí ani spojovacím článkem.



Audio 1.1



Obr. 1. Regulační obvod

Regulační obvod (obr. 1.) lze rozdělit na dvě části - vlastní objekt regulace, tj. regulovanou soustavu, a zařízení zajišťující automatickou regulaci, kterou souhrnně označujeme pojmem regulátor. Ten působí na soustavu akční veličinou u a o stavu regulované soustavy je informován měřením regulované veličiny y . Do regulované soustavy mohou vstupovat poruchové veličiny v .

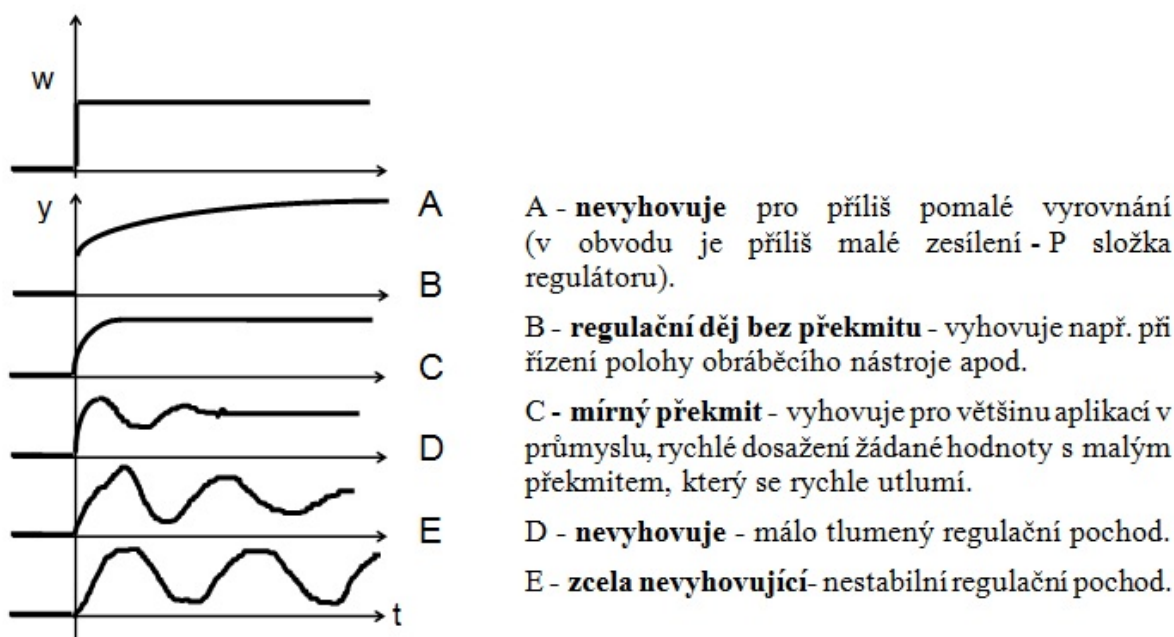
Regulační obvod musí plnit dvě hlavní úlohy:

1. Zajišťuje, aby regulovaná veličina sledovala řídicí veličinu (žádanou hodnotu) - úloha signálového sdílení.
2. Vylučuje nebo zmenšuje vliv poruch na regulovanou veličinu - úloha regulační.

1.2 POŽADAVKY NA REGULAČNÍ OBVOD

Projev regulačního obvodu jako celku musí splňovat podmínky stability, přesnosti regulace a kvality regulačního děje. Některé zásadní chování si blíže vysvětlíme v této kapitole. Na obr. 2 je nakresleno několik průběhů regulačního pochodu jako odezev regulačního obvodu na skok řízení - skokovou změnu žádané hodnoty.





Obr. 2. Časové průběhy různých regulačních pochodů

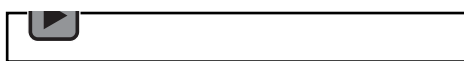
1.2.1 Stabilita

Nejdůležitější podmínkou správné činnosti regulačních obvodů je jejich stabilita. Vlivem nesprávného nastavení regulátoru, nevhodných vlastností regulované soustavy i nevhodnou skladbou regulačního obvodu může dojít po uzavření smyčky zpětné vazby k rozkmitání regulačního obvodu buď kmity s ustálenou amplitudou a frekvencí, nebo kmity s rostoucí amplitudou. Tento stav je nežádoucí, může způsobit těžké provozní havárie, prakticky znemožňuje funkci regulačního obvodu.

Regulační obvod je stabilní, jestliže se při libovolné změně vstupní veličiny po odeznění přechodového děje výstupní veličina ustálí na nové hodnotě. Po ustálení vstupní poruchy se ustálí i regulovaná veličina. Nový rovnovážný stav nemusí být s původním rovnovážným stavem totožný. Stabilita regulačního obvodu závisí výhradně na přenosových vlastnostech jeho členů (zvláště v obvodu uzavřené zpětnovazební smyčky). K vyšetřování stability slouží tzv. kritéria stability (jejich znalost, v rámci náplně předmětu Základy automatizace TP, není nutná).



Audio 1.2

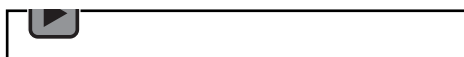


1.2.2 Přesnost regulace

Přesnost regulace (trvalá regulační odchylka) se zjišťuje v ustáleném stavu, po ustálení všech přechodových dějů. Jedná se o statickou přesnost regulace. Přesnost se udává v absolutní hodnotě nebo jako relativní hodnota trvalé odchylky v procentech, přičemž ji vztahujeme k žádané hodnotě regulované veličiny.



Audio 1.3



Přesnost sledování regulačního děje (dynamická přesnost) - hodnotí, jak přesně a rychle sleduje regulovaná veličina změny žádané hodnoty, a zda je v ustáleném stavu regulační odchylka nulová.



V dynamickém stavu se přesnosti sledování dosahuje zařazením D složky regulátoru, v ustáleném stavu pak zajišťuje dosažení nulové regulační odchylky I složka regulátoru.

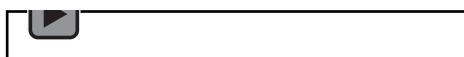
1.2.3 Kvalita regulačního děje

Pro požadovanou kvalitu regulačního děje nelze stanovit obecně platná jednoznačná kritéria. Kvalita (neboli jakost) regulačního děje je současně určena dvěma vlastnostmi. Přesností (byla vysvětlena výše) a rychlostí regulace, u které nás zajímají dvě hodnoty:

- překmit regulované veličiny y_{\max} ,
- doba regulace t_r .



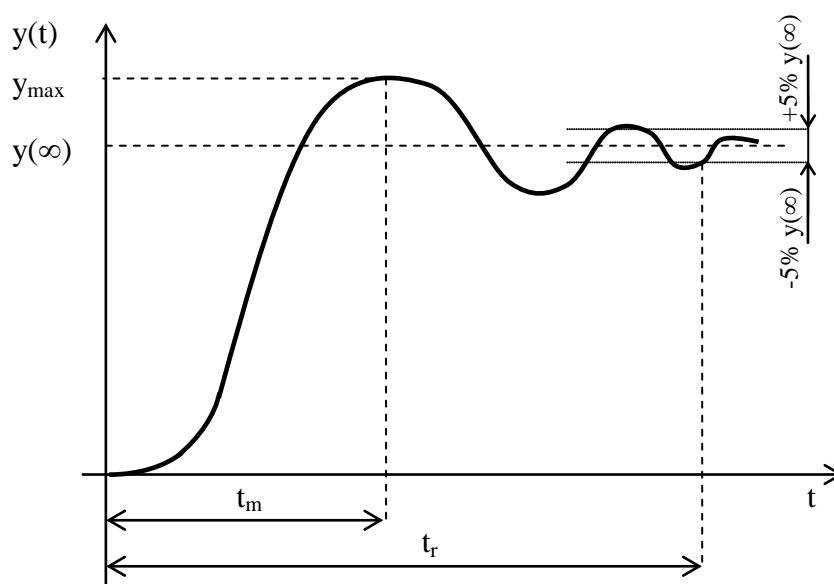
Audio 1.4



Překmit je dán maximální hodnotou regulované veličiny a časem, kdy tato hodnota byla dosažena. Pokud se jedná o nekmitavý (aperiodický) děj regulačního pochodu, pak je překmit nulový a kvalitu určuje pouze doba regulace, která má být minimální.

Doba regulace je určena dobou, za kterou trvale klesne odchylka regulované veličiny pod 5 % její ustálené hodnoty.

Vše je dobře pochopitelné z přechodové charakteristiky regulačního pochodu na obr. 3.

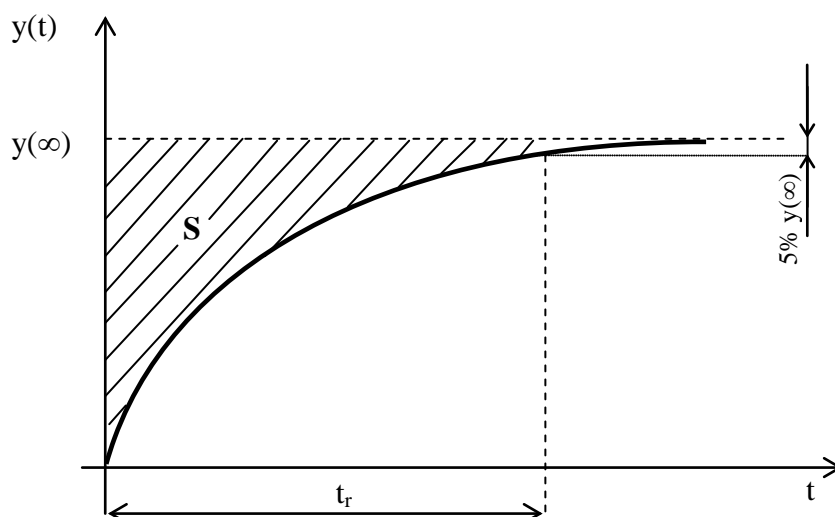


Obr. 3. Přechodová charakteristika kmitavého regulačního pochodu

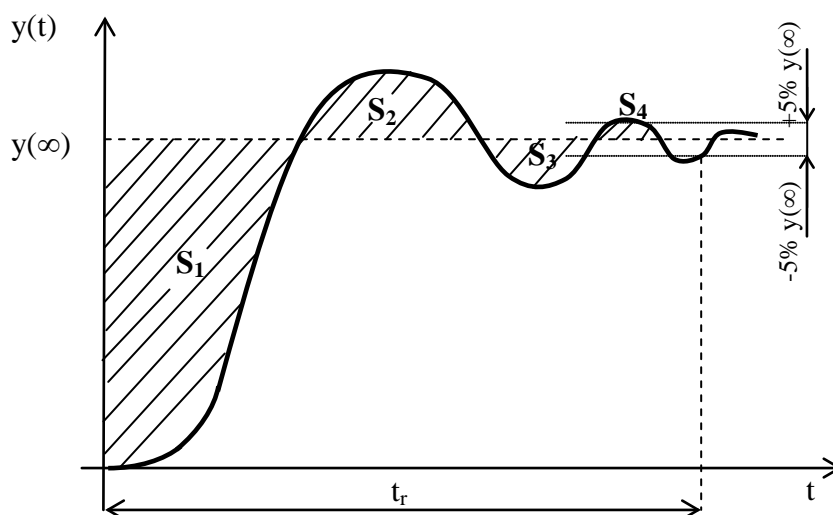
Z hlediska efektivity řízení je jasné, že snahou je docílit žádané hodnoty co nejrychleji s minimálním překmitem. Tyto dva požadavky mají protichůdný charakter, protože čím bude větší zesílení regulátoru, tím bude kratší doba regulace, ale následně nastane větší překmit regulačního děje. Hledáme tedy jisté optimum mezi protichůdnými požadavky a to pak charakterizuje minimum regulační plochy. Regulační plocha (vyšrafovaná plocha) v podstatě vyjadřuje přebytek (překmit) či nedostatek (podkmit) energie, která se do soustavy dostane.

Proto kvalitu regulačního pochodu nejčastěji určujeme pomocí integrálních kritérií. Pro regulační pochody bez překmitu (aperiodické) používáme jednoduché integrální kritérium (obr. 4) a pro kmitavé regulační děje např. kvadratické integrální kritérium (obr. 5).





Obr. 4. Určení kvality regulace integrálním kritériem



Obr. 5. Určení kvality regulace kvadratickým integrálním kritériem

Odolnost proti poruchám zaručuje, že regulační obvod musí v maximální míře potlačit vliv poruch na průběh regulované veličiny, skokové změny poruchových veličin nesmí mít nežádoucí vliv na stabilitu obvodu i kvalitu regulačního děje.

1.3 SEŘIZOVÁNÍ REGULAČNÍCH OBVDŮ

Pro seřizování regulačních obvodů byla navržena řada metod, které jsou různě náročné na provedení experimentálních měření, matematický popis regulačního obvodu atd. Při provozních seřizováních je často používán postup navržený Zieglerem a Nicholsem - uvedeme pro regulátor PID:

1. Kontrola a seřízení rozsahů a nulových poloh všech přístrojů včetně servomotorů.
2. Při vypojeném I a D přenosu regulátoru zvětšujeme zesílení P tak, až se regulační obvod rozkmitá. Přitom určíme kritické zesílení r_{ok} a kritickou periodu kmitů T_k .



Doporučené hodnoty nastavení PID regulátoru jsou: $r_0 = 0,6 r_{0k}$, $T_I = 0,5 T_k$, $T_D = 0,12 T_k$.

3. Tyto hodnoty postupně nastavíme na regulátoru a kontrolujeme kvalitu požadovaného regulačního děje při úmyslně vyvolané změně žádané hodnoty - podle typu technologického procesu by to měl být některý z vyhovujících průběhů podle obr. 2. (B, C).
4. Zkontrolujeme, zda seřízení vyhovuje pro různá zatížení regulovaného obvodu (malé příkony, velké příkony), případně seřízení opravíme.

Při seřizování používáme pro zápis důležitých veličin zapisovačů s dosti rychlým posuvem. Na závěr seřizování provedeme dlouhodobé pozorování chování regulačního obvodu především při méně běžných provozních stavech.

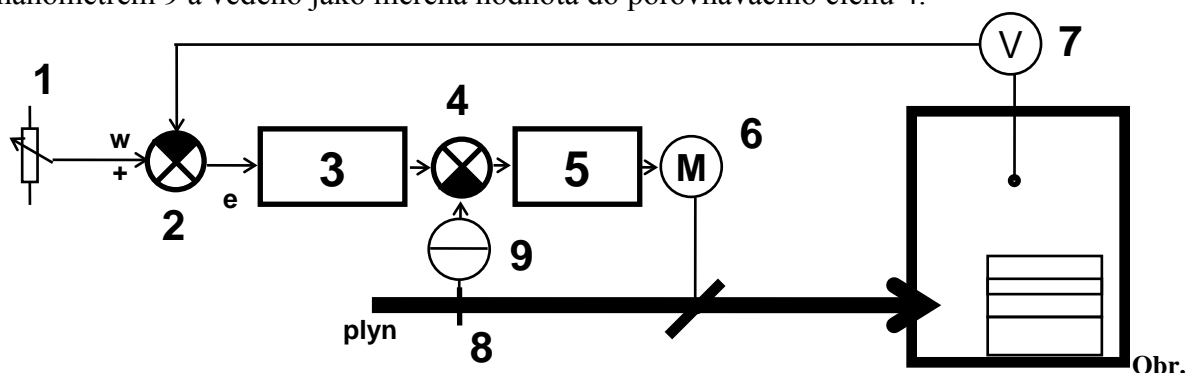
Seřízení je nutno občas zkontrolovat. Nové nastavení je nutno provést zejména po opravách a rekonstrukcích zařízení.

1.4 SLOŽITĚJŠÍ REGULAČNÍ OBVODY

Jednoduchý regulační obvod např. podle obr. 1. nezajišťuje ve všech případech požadovanou kvalitu regulace a odolnosti proti poruchám. Regulovaná soustava teploty v peci má poměrně dlouhé časové konstanty a tím se rychlé změny v průtoku plynu způsobené poruchovými veličinami např. změnou tlaku plynu, projeví až po delší době, kdy dojde jejich vlivem ke změně teploty v peci a zasáhne regulátor.

Pro dosažení vyšší přesnosti a kvality regulace teploty musíme použít složitější regulační obvody.

Tyto problémy může řešit tzv. **obvod s malou regulační smyčkou**, která odstraňuje vliv poruchové veličiny dané rychlými změnami množství plynu a která je též pro tento účel patřičně seřizena. Na obr. 6. je takový obvod rozkreslen. Žádaná teplota v peci je zadávána ze zdroje žádané hodnoty 1 a vstupuje na porovnávací člen 2. hlavního regulátoru 3. Výstupem hlavního regulátoru je žádaná hodnota množství plynu, která postupuje na porovnávací obvod 4 pomocného regulátoru množství plynu 5, jehož výstupní signál ovládá přes servopohon 6 regulační klapku množství plynu do pece. Množství plynu je měřeno clonou 8 a diferenčním manometrem 9 a vedeno jako měřená hodnota do porovnávacího členu 4.



6. Regulační obvod s malou regulační smyčkou

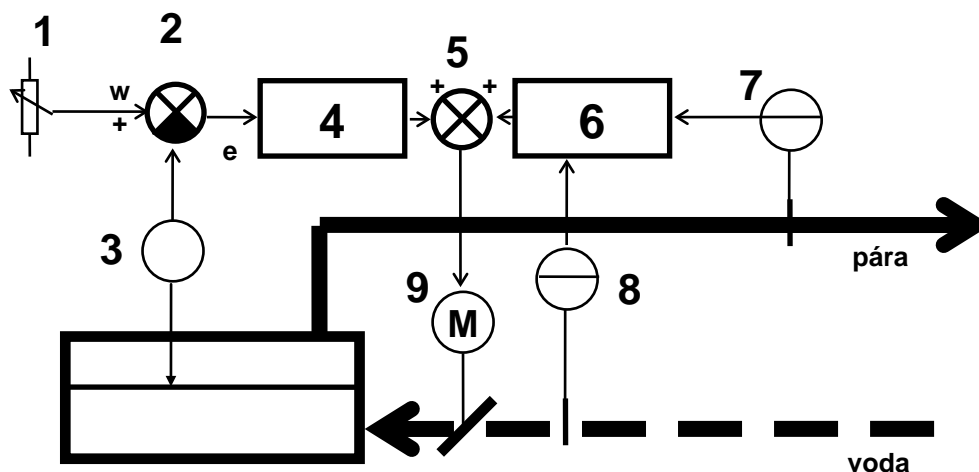
Malá regulační smyčka - regulace množství plynu - umožňuje podstatně kvalitnější odstranění poměrně rychlých poruch v množství plynu. Teplota je řízena hlavním regulačním obvodem, který pak může být seřizen podle odpovídajících časových konstant podstatně "pomalejší"



soustavy. Dosahuje se tak podstatně kvalitnějšího regulačního pochodu a odstranění poruch působených změnou tlaku plynu.

Další možností odstranění vlivu poruchových veličin na regulovanou veličinu je zavádět měřenou poruchovou veličinu do samostatného regulačního obvodu. Tento pomocný obvod přiřazuje poruchové veličině akční veličinu tak, že vliv poruchové veličiny je jeho působením odstraněn podstatně dříve, než kdyby byla soustava vybavena pouze hlavním regulačním obvodem.

Tento obvod se nazývá regulační obvod s měřenou poruchovou veličinou a jako příklad si uvedeme regulaci hladiny v parním kotli (obr. 7.).



Obr. 7. Regulační obvod s měřenou poruchovou veličinou

Žádaná hodnota výšky hladiny vody v kotli se zadává ze zdroje 1 a je ve sčítacím členu 2 porovnávána s hodnotou skutečnou, měřenou hladinoměrem 3. Regulační odchylka vstupuje do hlavního regulátoru 4 a jeho výstupní signál po zpracování pak do sčítacího členu 5, kde se sčítá s výstupem z pomocného regulátoru 6. Do pomocného regulátoru 6 vstupuje informace o množství odebrané páry 7 a tento regulátor je seřízen tak, aby jeho výstupní signál působil přes sčítací člen 5 na akční orgán množství vody 9 v tom smyslu, že se vyrovná množství páry odváděné z kotle s množstvím vody do kotle přiváděným a měřeným prostřednictvím měřicí clony diferenčním manometrem 8.

Pomocný regulační obvod by mohl sám zajistit, že hladina v kotli nebude při odběru páry kolísat, neboť při změně odběru páry se okamžitě přizpůsobí i přívod vody. Ve skutečnosti se ale nedá regulátor přesně seřídit tak, aby byla obě množství stejná (nepřesnost měřicích přístrojů). Proto je nutno instalovat i hlavní regulační obvod s regulátorem 4. Tento obvod mívá zpravidla regulátor I nebo PI a tím, že měří regulovanou veličinu, zajišťuje, aby bylo vždy dosaženo správné úrovně hladiny i při nepřesném seřízení pomocného regulačního obvodu. Poruchy v odběru páry se podstatně dříve vyrovnávají působením pomocného regulačního obvodu, než by tomu bylo v případě, že by pro regulaci bylo použito pouze obvodu hlavního, kde se zvýšený odběr páry může projevit až na snížení hladiny vody v kotli.

2 PŘEDNÁŠKOVÝ TEXT SE VZTAHUJE K TĚMTO OTÁZKÁM

- Úlohy regulačního obvodu.
- Stabilita regulačního obvodu.
- Přesnost regulace.
- Kvalita regulačního děje.
- Nastavení regulátorů metodou Ziegler-Nichols.
- Příklady složitějších regulačních obvodů.



3 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BALÁTĚ, J. *Automatické řízení*. 2. přeprac. vyd., Praha: BEN, 2004. ISBN 80-7300-148-9.
- [2] DRÁBEK, O., TAUFER, I. *Automatizované systémy řízení technologických procesů*. 2.vyd , Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1990. ISBN 80-85113-16-3.
- [3] FRANKLIN, Gene F., POWELL, J. David aj. *Feedback control of dynamic systems*. Prentice Hall, PEARSON. 2009, ISBN-13: 978-0-13-601969-5, ISBN-10:0-13-601969-2.
- [4] OPLATEK, F. *Automatizace a automatizační technika*. 4, Automatické systémy. 1. vyd.,Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-249-1.
- [5] ŠVARC, I. *Automatizace: automatické řízení*. 2. dopl.vyd., Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2943-7.
- [6] TOMIS, L. a kol.: *Automatizované systémy řízení technologických procesů v hutnictví*. 2. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská, 1984.
- [7] TOMIS, L., HEGER, M., BALCOVÁ, J., KADLČÍK, I. *ASŘ TP v hutích - výpočetní a laboratorní cvičení*. 1. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991. ISBN 80-7078-079-7.
- [8] VÍTEČKOVÁ, M., VÍTEČEK, A. *Základy automatické regulace*. 1. vyd., Ostrava:Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1068-9.
- [9] VORÁČEK, R. *Automatizace a automatizační technika*. 2, Automatické řízení. 1. vyd., Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0796-5.

