

Nastavení PID

Abstrakt

Aplikační poznámka se zabývá nastavením parametrů PID regulátorů v řídicích systémech firmy AMiT. Zároveň jsou zde uvedeny doporučené výchozí hodnoty pro nastavení PID regulátoru ve vybraných technologiích.

Autor: Zbyněk Říha
Dokument: ap0042_cz_01.pdf

Příloha

Obsah souboru: -

| | |
|---|------|
| - | Není |
| | |
| | |

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Historie revizí | 3 |
| Související dokumentace | 3 |
| 1. PID regulátor..... | 4 |
| 1.1. Vliv parametrů PID na regulaci | 4 |
| 1.1.1 Proporcionální konstanta (K)..... | 4 |
| 1.1.2 Integrovní konstanta (Ti) | 5 |
| 1.1.3 Derivační konstanta (Td)..... | 6 |
| 2. Postup při návrhu regulátoru..... | 7 |
| 2.1. Určení parametrů soustavy | 7 |
| 2.2. Určení parametrů regulátoru | 7 |
| 3. Doporučené výchozí hodnoty PI regulátoru..... | 10 |
| 3.1. Vzduchotechnika | 10 |
| 3.1.1 Teplovodní ohřívač vzduchu | 10 |
| 3.2. Vytápění | 10 |
| 3.2.1 Regulovaná topná větev | 10 |
| 3.2.2 Kaskáda kotlů | 10 |
| 3.2.3 Parní výměník | 10 |
| 4. Technická podpora | 11 |
| 5. Upozornění | 12 |

Historie revizí

| Verze | Datum | Změny |
|-------|------------|---------------|
| 001 | 4. 8. 2010 | Nový dokument |
| | | |

Související dokumentace

- 1) Návod k návrhovému prostředí DetStudio
soubor: DetStudioHelp.chm
- 2) Zdrojový kód typového řešení TP_Px – předávací stanice parní
soubor: tp_px_xxx_dso.zip
- 3) Zdrojový kód typového řešení TV_x_x – vzduchotechnika
soubor: tv_x_x_xxx_dso.zip
- 4) Zdrojový kód typového řešení TM_1_x – regulace místností
soubor: tm_1_x_xxx_dso.zip
- 5) Aplikační poznámka AP0034 – řízení kaskády kotlů
soubor: ap0034_cz_xxx.pdf
- 6) Aplikační poznámka AP0036 – Použití funkčních bloků pro DM-FCx
soubor: ap0005_cz_xx.pdf

1. PID regulátor

PID regulátor obsahuje proporcionální, integrační a derivační složku, které prostřednictvím akční veličiny působí na regulovanou soustavu tak, aby se regulovaná veličina udržovala na předepsané hodnotě a regulační odchylka byla nulová nebo co nejmenší. Při požadavku na optimální nastavení PID regulátoru pak může být (a je) kladeno více cílů, často i protichůdných. Mezi takovéto cíle může patřit např. sledování žádané hodnoty, potlačení působení poruch, necitlivost na šum, stabilita odezvy, atd. Nastavení PID regulátoru tedy může být určitým kompromisem mezi jednotlivými požadavky. Často se setkáváme např. s nastavením, které musí řešit požadavek rychlé reakce PID regulátoru na změny v regulačním obvodu při dodržení minimálního přeregulování s dobrou stabilitou odezev. Ve většině případů plně postačí využít regulátor typu PI (derivační složka je deaktivována). Typickým příkladem je regulace teploty. Následující tabulka uvádí vliv jednotlivých parametrů PID regulátoru na regulační činnost. Z této tabulky je vidět protichůdnost v nastavení při požadavku na rychlé a stabilní odezvy.

Vliv zvětšování hodnot konstant na rychlost a stabilitu odezvy:

| Konstanta | Rychlost odezvy | Stabilita odezvy |
|--------------------|-----------------|------------------|
| Proporcionální (K) | Zvyšuje | Snižuje |
| Integrační (Ti) | Snižuje | Zvyšuje |
| Derivační (Td) | Zvyšuje | Snižuje |

1.1. Vliv parametrů PID na regulaci

Na základě Proporcionální, Integrační a Derivační konstanty PID regulátoru se počítá výsledná akční veličina (akční zásah). Konstanty tak společně ovlivňují průběh regulačního pochodu. V řídicích systémech firmy AMIT je akční veličina PID regulátoru počítána dle následujícího vzorce:

$$y = K \cdot \left(x + \frac{1}{T_i} \int_0^t x \cdot dt + T_d \cdot \frac{dx}{dy} \right)$$

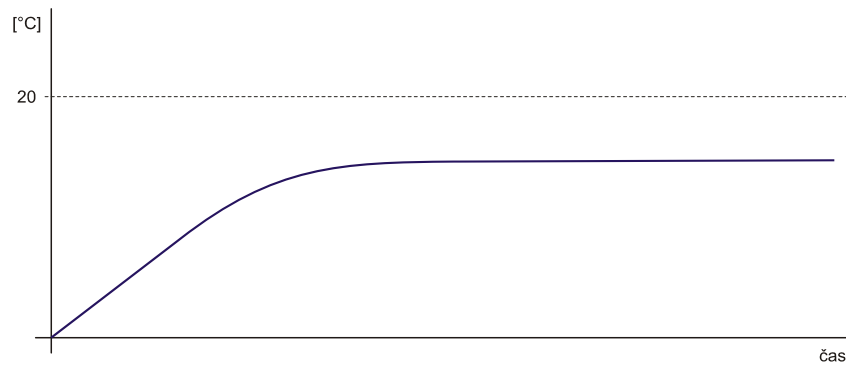
Pro jednoduché vysvětlení PID regulátoru lze demonstrovat jeho funkčnost na následujícím příkladu.

Regulátor má za úkol regulovat teplotu mikropáječky. Bude tedy dodávat výkon. Aby věděl, jak velký výkon má dodávat, bude také měřit teplotu. Teplota, na jakou má páječku roztopit bude teplota žádaná.

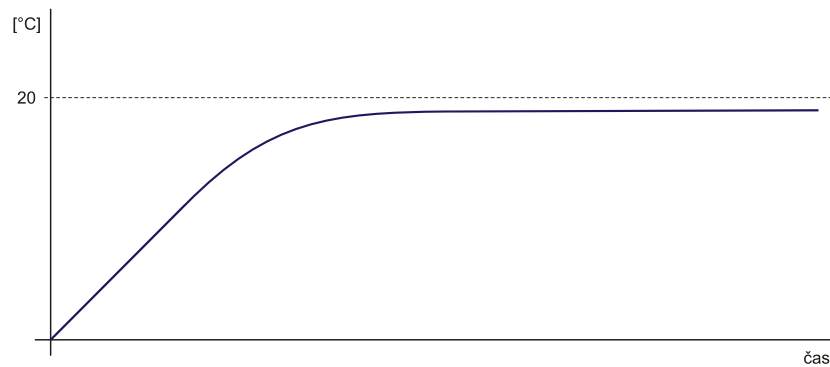
1.1.1 Proporcionální konstanta (K)

Regulátor odečte hodnotu měřené teploty od hodnoty teploty žádané a rozdíl (regulační odchylku) vynásobí konstantou (proporcionální konstanta K). Výsledek je výkon, jakým bude páječka topit (např. v procentech). Pokud tedy bude měřená teplota o hodně nižší než teplota žádaná, bude výkon velký. Čím víc se bude měřená teplota blížit k teplotě žádané, tím bude výkon nižší. Pokud bude měřená teplota stejná jako teplota žádaná, výkon bude nulový. Ze vzorce pro PID regulátor, uvedeného výše, je zřejmé, že PID regulátor odchylku vynásobí proporcionální konstantou K. Pokud bude mít tato konstanta hodnotu nula, nebude PID regulátor fungovat. Výkon bude stále nulový, nezávisle na velikosti odchylky. Nastavíme-li konstantu na hodnotu 1, bude, např. při rozdílu teplot 10 °C, výkon 10 %.

Použití samotného proporcionálního regulátoru vede ve většině případů ke vzniku trvalé regulační odchylky.

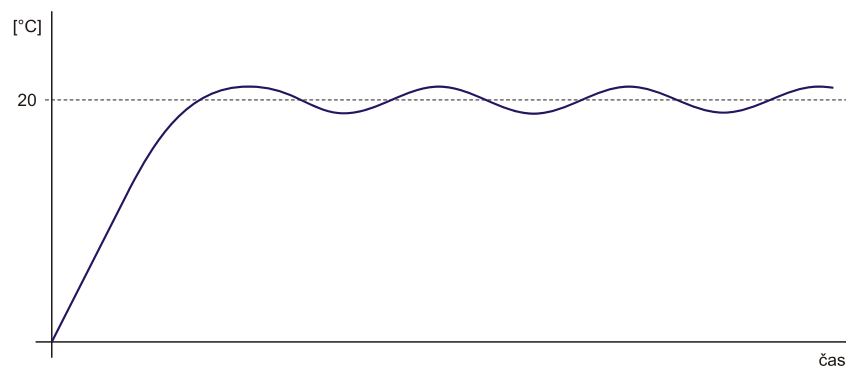


Obr. 1 - P regulátor s malou konstantou K



Obr. 2 - P regulátor s přijatelně nastavenou konstantou K

Zvětšováním konstanty K lze trvalou regulační odchylku zmenšit. Vzniká však nebezpečí, že dojde k nestabilitě regulačního obvodu, tj. stavu, kdy regulovaná veličina kmitavě nebo i nekmitavě neomezeně narůstá až k dorazu nebo poškození zařízení.



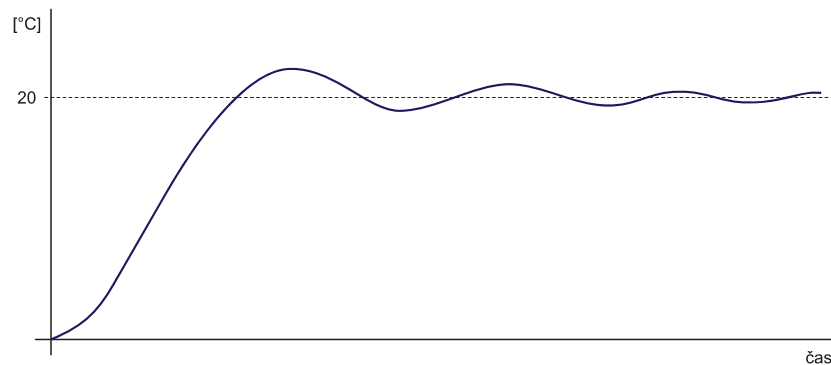
Obr. 3 - P regulátor s velkou konstantou K

K odstranění trvalé regulační odchylky se do činnosti regulátorů obvykle přidává integrační složka chování (pokud sama regulovaná soustava nemá integrační charakter).

1.1.2 Integrační konstanta (T_i)

Integrační část PID regulátoru vynásobí regulační odchylku konstantou a přičte si ji ke své hodnotě. Znamená to, že pokud bude měřená teplota nižší než požadovaná, integrační složka se bude zvyšovat. Pokud bude měřená teplota vyšší než požadovaná, bude se integrační složka snižovat. Čím bude regulační odchylka vyšší, tím rychleji se integrační složka bude měnit. Pokud

bude regulátor pouze integrační, bude páječka topit nejdříve málo a výkon se bude postupně zvyšovat. Jakmile požadovanou teplotu překročí, bude se výkon snižovat. Po ustálení teploty na požadované hodnotě bude integrační složka nastavena na výkon, který je třeba pro udržení ustálené teploty (dodáváme stejný výkon, jakým se páječka ochlazuje).



Obr. 4 - Vliv integrační konstanty v PI regulátoru (konstanta T_i je příliš malá)

Pokud budeme u PID regulátoru podíl integrační složky zmenšovat (zvětšováním konstanty T_i), budeme tlumit kmitavost regulačního obvodu. Pokud budeme podíl integrační složky zvětšovat (zmenšováním konstanty T_i), bude kmitavost regulačního obvodu narůstat. Do jisté míry ji lze zmírnit přidáním derivační složky.

1.1.3 Derivační konstanta (T_d)

Derivační část PID regulátoru vynásobí rychlost změny odchylky konstantou T_d . Pokud tedy měřená teplota klesá, derivační složka zvyšuje výkon. Čím rychleji pak měřená teplota klesá, tím vyšším výkonem bude derivační část PID regulátoru topit. Pokud bude měřená teplota stoupat, bude derivační část PID regulátoru výkon snižovat. To se projeví velmi dobře právě v okamžiku, kdy se začneme s rozehřátou páječkou pájet. Teplota se začne snižovat a derivační složka na to může okamžitě reagovat zvýšením výkonu. Na druhou stranu, pokud teplota začne růst příliš rychle, bude derivační složka PID regulátoru výkon snižovat.

Pokud budeme u PID regulátoru podíl derivační složky snižovat (snižováním konstanty T_d), bude regulátor pomaleji reagovat na změny žádané hodnoty v regulačním obvodu.

Pokud budeme u PID regulátoru podíl derivační složky zvyšovat (zvětšováním konstanty T_d), bude se reakce na změnu žádané hodnoty projevovat rychleji.

2. Postup při návrhu regulátoru

2.1. Určení parametrů soustavy

Parametry je nejlepší určit z naměřené přechodové charakteristiky soustavy. Změříme 2 odezvy na skok vstupu soustavy a parametry určíme průměrem ze dvou měření:

1. skok 0 .. 50 % akčního zásahu (např. otevření ventilu)
2. skok 50 % ..100 % akčního zásahu (např. otevření ventilu)

Před měřením je nutné dbát na to, aby byl systém v klidu, tj. aby se regulovaná veličina neměnila. Na konci měření by se měla regulovaná veličina opět ustálit.

Zesílení soustavy je pak dáno vztahem:

$$K_S = \frac{\Delta y}{\Delta u}$$

Kde

Δy je rozdíl teplot na konci a na začátku měření

Δu je rozdíl hodnot vstupů na konci a na začátku měření, tj. 50 %

Časová konstanta T_S se určí jako doba, za kterou výstup dosáhne 63 % své ustálené hodnoty. Takto změřená časová konstanta je větší než skutečná časová konstanta soustavy, protože systém je pomalejší např. v důsledku vlivu regulačního ventilu. Pro určení časové konstanty regulátoru je však toto určení časové konstanty dostatečné. Regulátor bude v důsledku toho také "pomalejší", což je vhodné.

Poznámka

Měřený výstup soustavy se většinou filtruje pomocí filtru 1. řádu (modul F_{iltr1R}), aby se eliminoval šum. Časová konstanta filtru by měla být mnohem menší (alespoň o 1 řád) než je časová konstanta soustavy, aby se nenarušila regulace. "Zpoždění" měření má obecně negativní vliv na proces regulace.

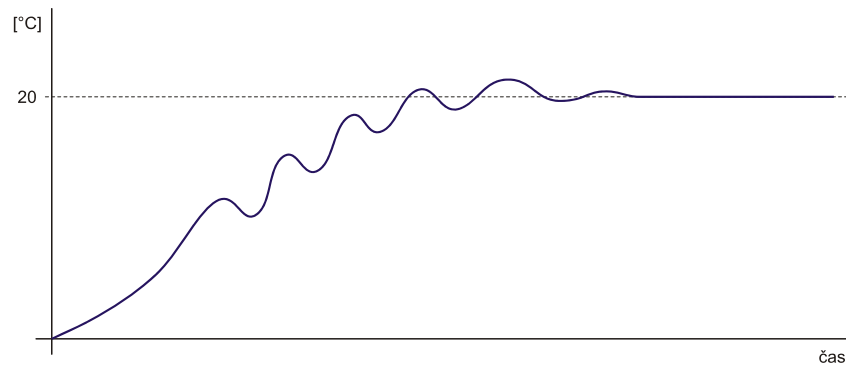
2.2. Určení parametrů regulátoru

Integrační časová konstanta T_I se zvolí stejná, jako je naměřená časová konstanta soustavy T_S .

Zesílení je dáno vztahem:

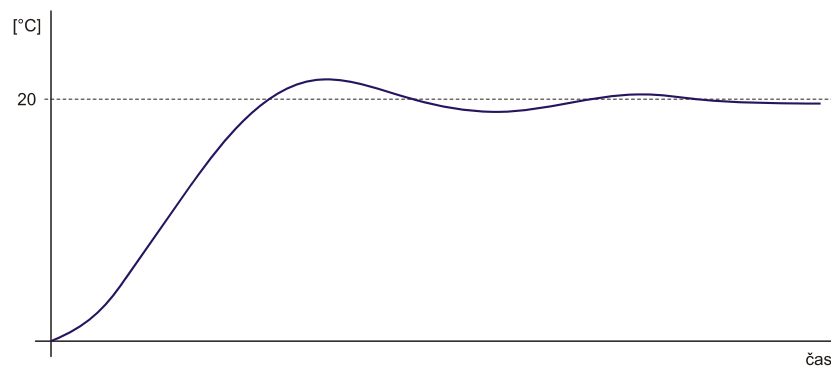
$$K_R = \frac{1}{K_S}$$

Takto stanovené parametry regulátoru by měly zajistit, že výsledný regulovaný systém bude mít mírně přetlumený charakter. To znamená, že výsledná odezva na skok žádané hodnoty bude bez překmitu. Zmenšením zesílení lze případně systém ještě více ztlumit.



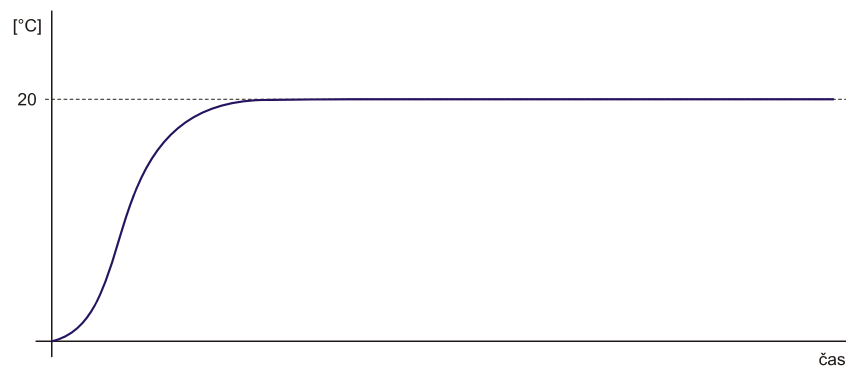
Obr. 5 - Příliš nízká konstanta K

Zvýšením zesílení se zrychlí regulační děj, ale sníží se tlumení, takže výsledná odezva může být mírně kmitavá. Výrazným zvyšováním zesílení mohou kmity narůstat až k nestabilitě systému.

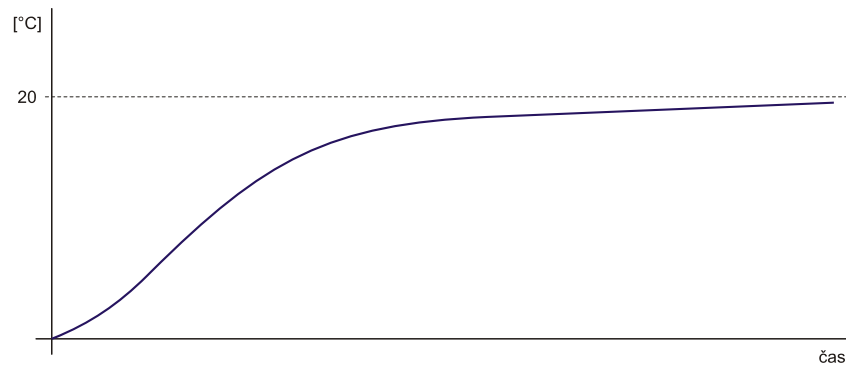


Obr. 6 - Příliš vysoká konstanta K

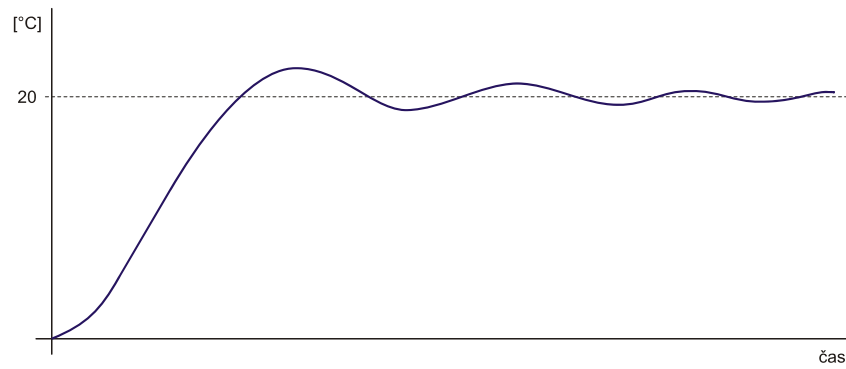
Integrační časovou konstantu obvykle není potřeba doladovat. Níže jsou proto uvedeny jen příklady odezev výsledného regulovaného systému v závislosti na velikosti zvolené integrační časové konstanty regulátoru.



Obr. 7 - Správně zvolené konstanty



Obr. 8 - Dvojnásobná integrační časová konstanta (dlouho “dotahuje”)



Obr. 9 - Poloviční integrační časová konstanta (nežádoucí překmity)

3. Doporučené výchozí hodnoty PID regulátoru

3.1. Vzduchotechnika

3.1.1 Teplovodní ohřivač vzduchu

$K = 4,0$
 $T_i = 150 \text{ s}$
 $T_d = 0 \text{ s}$

Poznámka

Hodnota proporcionální konstanty je závislá na výkonu ohřivače, vzhledem k ohřivanému médiu.

3.2. Vytápění

3.2.1 Regulovaná topná větev

$K = 1,0$
 $T_i = 200 \text{ s}$
 $T_d = 0 \text{ s}$

3.2.2 Kaskáda kotlů

$K = 1,0$
 $T_i = 300 \text{ s}$
 $T_d = 0 \text{ s}$

Poznámka

Více informací lze získat v aplikační poznámce AP0036 – řízení kaskády kotlů.

3.2.3 Parní výměník

$K = 2,0$
 $T_i = 200 \text{ s}$
 $T_d = 0 \text{ s}$

Poznámka

Při regulaci parního výměníku je obvykle potřeba sledovat odběr na sekundární straně výměníku a při jeho skokových změnách (vypnutí ohřevu TUV, vypnutí vzduchotechniky) skokově zmenšit akční zásah. Příklad řešení je v typových aplikacích parních předávacích stanic TP_P1 a TP_P2.

4. Technická podpora

Veškeré informace ohledně práce s modulem PID v řídicích systémech firmy AMiT, Vám poskytne oddělení technické podpory firmy AMiT. Technickou podporu můžete kontaktovat nejlépe prostřednictvím emailu na adrese **support@amit.cz**.

5. Upozornění

AMiT, spol. s r. o. poskytuje informace v tomto dokumentu, tak jak jsou, nepřijímá žádné záruky, pokud se týče obsahu tohoto dokumentu a vyhrazuje si právo měnit obsah dokumentu bez závazku tyto změny oznámit jakékoli osobě či organizaci.

Tento dokument může být kopírován a rozšiřován za následujících podmínek:

1. Celý text musí být kopírován bez úprav a se zahrnutím všech stránek.
2. Všechny kopie musí obsahovat označení autorského práva společnosti AMiT, spol. s r. o. a veškerá další upozornění v dokumentu uvedená.
3. Tento dokument nesmí být distribuován za účelem dosažení zisku.

V publikaci použité názvy produktů, firem apod. mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.