

## ON/OFF a PID REGULACE

Pro jednoduchost se budeme zabývat regulací na konstantní hodnotu – žádaná hodnota se v čase nemění.

### Co je to ON /OFF regulace ?

Je to základní typ regulace – zapnuto / vypnuto , též dvupolohová regulace.

Základními parametry jsou žádaná hodnota a hystereze.

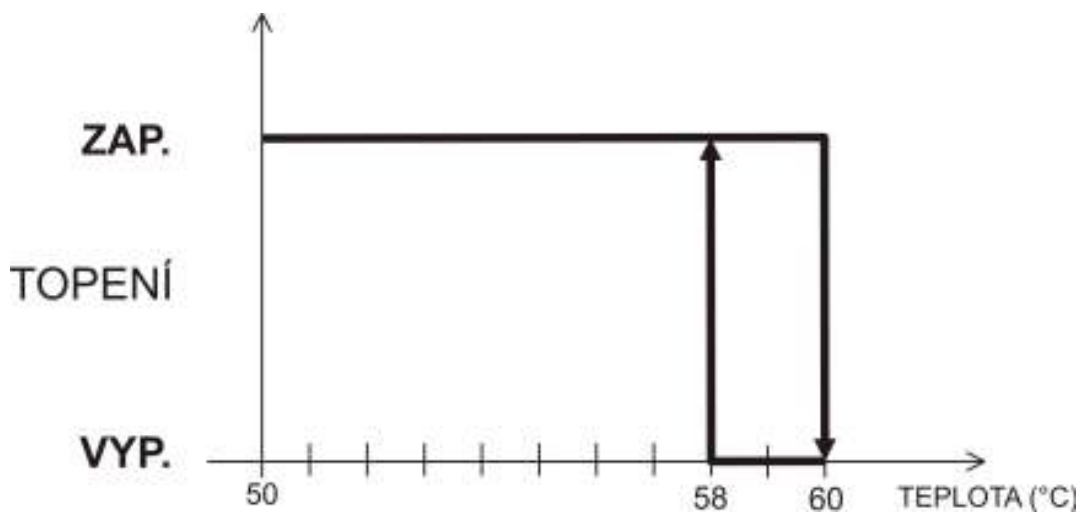
Příklad interpretace pro topení:

Žádaná hodnota:  $60^{\circ}\text{C}$ . Hystereze:  $(-) 2^{\circ}\text{C}$

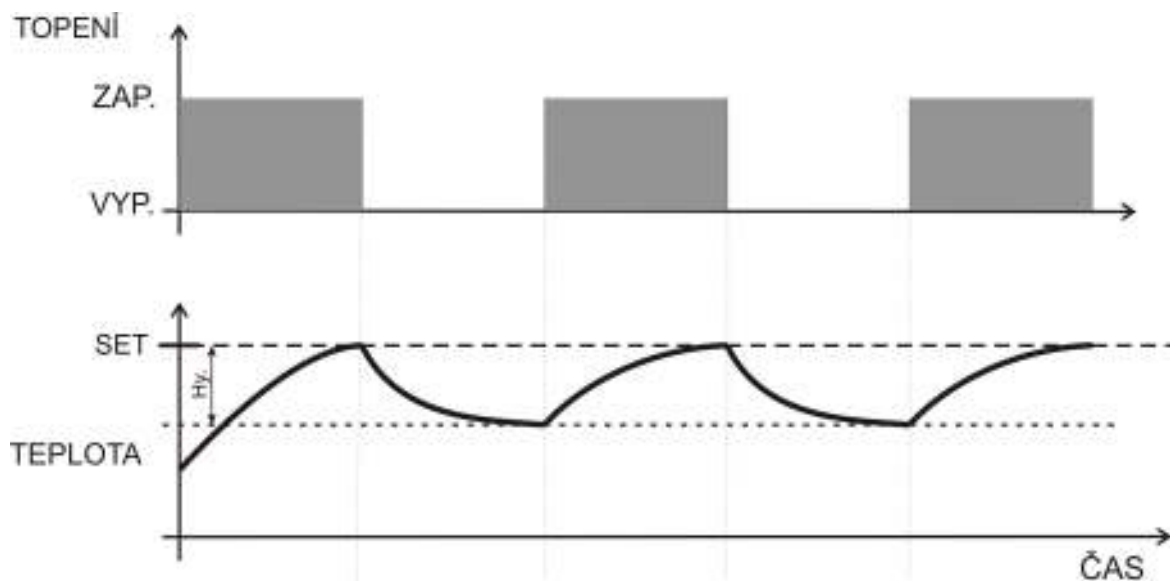
Akční člen: topné těleso boileru

Topné těleso je zapnuté, pokud je teplota nižší než  $60^{\circ}\text{C}$ . Při  $60^{\circ}\text{C}$  se topení vypne.

Hystereze je vlastně necitlivost na změnu regulované veličiny. Obvykle pro topení leží pod žádanou hodnotou (proto se někdy udává znaménko mínus). Pokud teplota po čase klesne o hysterezi, tedy na  $58^{\circ}\text{C}$ , topení se opět zapne. Obrázek ukazuje závislost spínání topení na teplotě.



Typický průběh teploty při ON /OFF regulaci ukazuje následující obrázek



## Co je PID regulace ?

PID regulace je jeden z nejpoužívanějších algoritmů pro přesné řízení regulované veličiny. Protože teoretické vysvětlení je složitější a je hojně popsáno v odborné literatuře, zaměříme se na velmi stručný popis principů a praktické dopady.

PID regulace využívá 3 principů:

**P - proporcionální** : určité změně na vstupu odpovídá určitá změna na výstupu

**I - integrační**: určité změně na vstupu odpovídá určitá rychlost na výstupu

**D - derivační**: určité rychlosti změny na vstupu odpovídá určitá poloha regulačního orgánu

Tyto 3 principy se kombinují. Nalezení jejich optimálních poměrů pro daný případ je klíčem k úspěšné aplikaci PID regulace. U regulátorů je každá složka zastoupena jedním parametrem:

**P - Pásmo proporcionality**

**I - Integrační čas**

**D - Derivační čas**

## V čem se udávají PID parametry ?

U regulátorů z naší nabídky (Tecnologic, Pixsys, Dixell) se PID parametry uvádějí vždy absolutně - ve fyzikálních jednotkách. To znamená

**Pásmo proporcionality (Pb) : v jednotkách veličiny , která se reguluje , např. °C**

**Integrační čas (It) : v sekundách**

**Derivační čas: (dEr): v sekundách**

(Alternativně někteří výrobci je uvádějí relativně - jako bezrozměrné koeficienty vztažené k nějaké referenční hodnotě)

Výhodou vyjádření ve fyzikálních jednotkách je snadná interpretace pásma proporcionality.

Příklad: ohřev na žádanou hodnotu 200°C, Pb=20 °C(pásmo proporcionality leží obvykle pod žádanou hodnotou, čas cyklu výstupu  $t_{cr1}=10$  sekund.

Do 180°C je topení trvale sepnuto. Nad 180°C se začne střídavě vypínat a zapínat. Zapnutí a vypnutí je úměrné regulační odchylce. Např. při 185°C (čtvrtina pásma proporcionality) je poměr zapnutí /vypnutí roven 3:1, což znamená, že z doby  $t_{cr1}$  (10 sekund) se výstup zapne na 7,5 sekund a 2,5 sekundy vypne (viz tabulka)

Teplota °C	Zapnuto (s)	Vypnuto (s)
180	10	0
185	7,5	2,5
190	5	5
195	2,5	7,5
200	0	10

## Jak je to se spojitostí signálů v PID regulaci ?

**Proč má PID regulátor také výstup relé , podobně jako ON/OFF regulátor a ne vždy spojitý výstup, např. 0-10V ?**

Základní matematický popis PID algoritmu pracuje se spojitými signály (tj. v čase se plynule měnícími) . Spojitá regulace se používá např. u pneumatických nebo hydraulických regulátorů. Některé mechanické příklady spojitě regulace jsou obecně známé (např. plovákový mechanismus regulace vody v nádrži je typickým příkladem spojitěho proporcionálního regulátoru )

Pro číslicové regulátory se používá matematická idealizace, kdy se vše převede na diskretní (nespojité) model. Výstupním signálem z regulátoru je pak po částech spojitý signál (jeho časový průběh jsou typické „schody“). Technická realizace je pak různá – signál může být:

a) spojitý (např. proměnné napětí 0-10V ss)

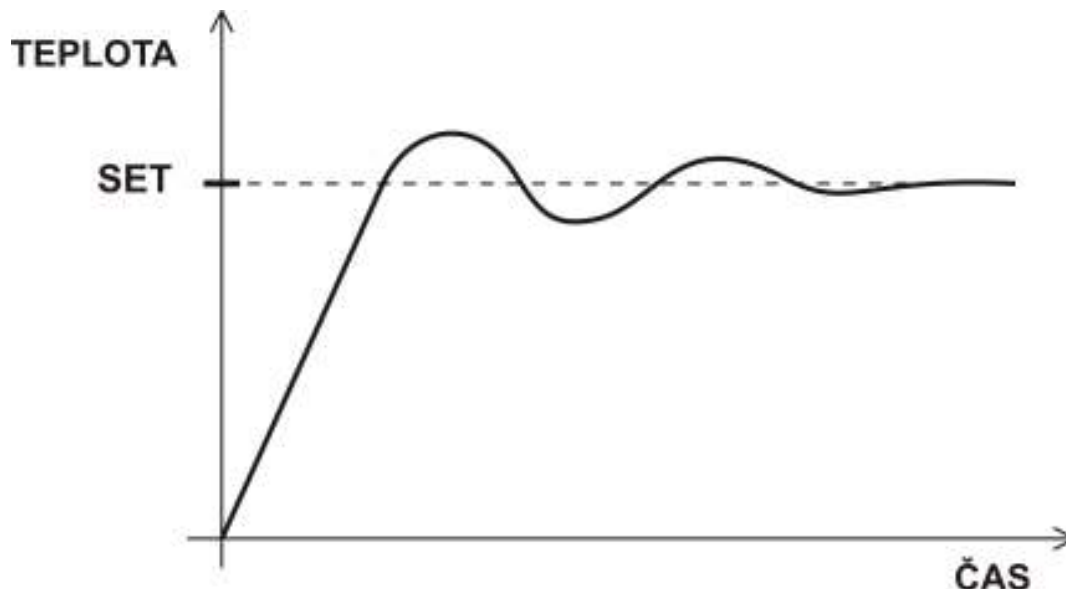
Toto lépe odpovídá představě o PID regulaci, protože základní teorie pracuje se spojitým modelem.

b) nespojitý (např. kontakt relé) Teoreticky vypočítaný signál se vhodným vzorkováním převede na pulzy. Protože zařízení produkující pulzy jsou technicky dobře realizovatelná, je to častý případ a hovoří ze také o impulzních měřicích a regulačních zařízeních.

Zatímco měřítkem velikosti signálu u spojitého výstupu PID regulátoru je jeho absolutní hodnota, u regulátorů s nespojitým signálem je to délka trvání a četnost pulzů. U regulátorů TecnoLogic se dá četnost pulzů ovlivnit též nastavením doby cyklu výstupu, kterou si regulátor rozdělí na dobu, kdy bude výstup zapnut a vypnut. Nastavení se provádí parametry  $tr1$  pro první PID výstup, případně  $tr2$  pro 2. výstup. Časy se zadávají v sekundách.

### Jak se v praxi projeví PID regulace topného tělesa, jaký je rozdíl oproti ON/OFF regulaci ?

U správně vyladěného regulačního obvodu se rozdíl ON/OFF a PID regulace projeví ve větší přesnosti PID regulace (na tom, s jakými odchylkami udržuje regulátor nastavenou teplotu). ON/OFF regulátor vypíná topení až při dosažení žádané hodnoty, nutně tedy musí dojít k překmitu teploty vlivem tepelné setrvačnosti. Velmi orientačně se dá říci, že správně vyladěný PID regulátor vypíná topení ještě před dosažením žádané hodnoty, případně postupně v časových cyklech vypíná a zapíná topení, takže překmit přes žádanou hodnotu, pokud existuje, je minimální. Pozor – nelze paušálně předem určit možné odchylky, závisí to na mimo jiné na povaze regulované soustavy (zahrnuje např. tepelnou setrvačnost), nastavení PID regulátoru a poruchách regulované soustavy. Typický průběh regulované veličiny při optimální PID regulaci ukazuje obrázek.



### Co je FUZZY řízení ?

Velmi stručně se dá říci, že fuzzy logika je nástroj k matematickému vyjádření vágně formulovaných pojmů jako „hodně“, „málo“, „trochu“ apod. Umožňuje vyjádřit tzv.

částečnou příslušnost k množině. Na základě této teorie se pak v řízení přiřazuje každé vstupní hodnotě jeden stav výstupu z množiny možných výstupních stavů. V praxi se ukázalo, že tento způsob řízení je vhodný pro řadu reálných rozhodovacích úloh. Např. v regulaci teploty se obvykle používá tento způsob jako doplňkový k PID regulaci v nejbližším okolí žádané hodnoty. U regulátorů TecnoLogic se nastavuje šířka pásma pro fuzzy řízení parametrem FuOC – obvyklá hodnota je 0,5°C.

### **Kdy použít ON/OFF a kdy PID regulaci**

Pro kvalifikované rozhodnutí je ideální znát parametry regulované soustavy, ideálně její přechodovou charakteristiku ( reakce soustavy na skokovou změnu poruchové veličiny).

Praxe je často bohužel jiná, proto na základě našich zkušeností jmenujeme některé aplikace, kde **většinou** postačí **ON/OFF regulace**:

- ohřev vody v bojleru
- nahřívání oleje u pracovních strojů
- regulace hladiny v nádrži (řízení napouštěcích a vypouštěcích ventilů a čerpadel )
- protimrazová ochrana
- chovatelské aplikace – líhně, terária, akvária apod.
- signalizace a hlášení prahových a alarmových stavů (Tam je to přímo nutnost. Není to regulace, ale pro úplnost uvádíme, používá se též ON/OFF regulátor)
- tam, kde byl doposud mechanický termostat

### **Kde naopak doporučujeme použít raději PID regulátor**

- vyhřívání forem
- řízení teploty trysek u extrudéru
- ostatní plastikářské technologie
- regulace teploty lišty na svařování fólií
- regulace teploty pecí

Na základě našich praktických zkušeností s laděním PID soustav doporučujeme PID regulaci všude tam kde je požadavek na přesné udržování teploty v řádu desetin stupňů až cca 3°C. Podpurným argumentem pro tuto volbu je skutečnost, že u regulátorů pro vyšší teploty nad 150°C není velký cenový rozdíl mezi ON/OFF a PID regulátorem. V případě potřeby se dá PID funkce vypnout a pracovat v ON/OFF režimu)

### **Kdy vždy použít PID regulaci:**

PID regulaci je nutno použít vždy pro řízení servopohonu .

Typické příklady:

- regulace teploty TUV ovládáním směšovacího ventilu
- regulace tlaku páry ovládáním směšovacího ventilu
- regulace teploty v potrubí ovládáním vzduchotechnické klapky

Je to dvojjinná PID regulace, též třípolohová – jeden výstup dává povel na otevření, druhý na uzavření ventilu nebo klapky. Třetí polohou se zde rozumí klid- ani jeden výstup není zapnutý.

U regulátorů TecnoLogic řady TLK to mj. znamená nastavit 2 výstupy pro jako regulační, ale navzájem opačné, např. O1F= 1.rEG, O2F=2.rEG, a typ regulace Cont= PiD.

## Častý problém: “Zkoušeli jsme všechno možné, ale PID regulátor optimálně nefunguje“ (následuje obvykle výčet toho, co nefunguje)

Zde doporučujeme provést podrobnou analýzu a zaměřit se především na:

### 1 ) nastavení PID parametrů

V některých studiích se uvádí, že až 70% problémů s regulací způsobuje špatné nastavení regulátorů.

Uvádíme několik tipů, jak postupovat, odkazy na parametry platí pro nejčastěji používané regulátory **Tecnologic řady TLK s impulsními ( reléovými výstupy )**.

#### a) Autotuning

Je to režim automatického ladění, kdy si regulátor sám nastaví optimální parametry. Z praxe máme ověřeno, že cca v 90% případů jsou takto nastavené parametry vyhovující.

Před spuštěním funkce musíte samozřejmě provést základní nastavení regulátoru:

- typ vstupu
- nastavení výstupů – k regulaci, pro alarm, nečinný výstup
- nastavení typu regulace (PID)

Autotuning nastavuje tyto parametry :

**"Pb"** – pásmo proporcionality

**"tcr1"** – časový cyklus výstupu 1rEG

**"Int"** – integrační čas

**"dEr"** – derivační čas

**"FuOC"** – Fuzzy řízení překmitu

a pro dvojitinné řízení PID také :

**"tcr 2"** – časový cyklus relé 2rEG

**"Prat"** – poměr výkonů 2rEG/ 1rEG

Autotuning se nastavuje parametrem Auto s výběrem těchto možností ( uvedeno pro regulaci teploty, analogicky pro ostatní veličiny):

Auto=1 Autotuning se spustí při každém zapnutí regulátoru (přivedení napájecího napětí)

Podmínka funkce: reálná teplota je nižší než 50% žádané hodnoty (pro topení) nebo vyšší než 50% žádané hodnoty (chlazení)

Auto=2 Autotuning se spustí při příštím zapnutí regulátoru

Podmínka funkce: reálná teplota je nižší než 50% žádané hodnoty (pro topení) nebo vyšší než 50% žádané hodnoty (chlazení)

Auto=3 Autotuning se spustí pouze ručně aktivací tunE v hlavní nabídce. Bez kontroly podmínek teploty, ale doporučuje se , aby regulovaná teplota byla co nevíce vzdálená od žádané.

Auto=4 Autotuning se spustí při automaticky po dokončení funkce Soft start ( mírný nájezd regulace)

Podmínka funkce: reálná teplota je nižší než 80% žádané hodnoty (pro topení) nebo vyšší než 120% žádané hodnoty (chlazení)

Možná chybová hlášení:

**ErAt** – pokud nejsou splněny podmínky pro Autotuning

**NoAt** - pokud regulátor není schopen nastavit konstanty ani po 12 hodinách ladění

Doporučujeme nastavit Auto = 3. Potom se Autotuning spouští jen na požadavek obsluhy – v základní nabídce se zvolí tunE (viz návody k obsluze).

Autotuning vychází z modifikace staré, ale osvědčené Ziegler-Nicholsovy metody. Ta spočívá v tom, že se regulovaná soustava uvede do netlumeného kmitání. Z amplitudy a periody kmitů se pak určí PID konstanty. Z toho plynou i určitá omezení, kdy nelze funkci využít:

- žádaná hodnota je blízko regulované veličiny
- kmitání regulované veličiny není z hlediska technologie přípustné (např. teplota vzroste nebo poklesne natolik, že tepelná ochrana odstaví akční člen)
- technologie neběží v reálném provozním režimu

Velmi častý případ – opravdu nemá smysl plánovat PID ladění v době odstávky technologie

### **b) Ruční nastavení**

V případě, že funkce Autotuning nepřinesla dobré výsledky nebo je neproveditelná, je nutno provést nastavení ručně, což vyžaduje jistou zkušenost a trpělivost. Doporučujeme provést jakési „základní nastavení“, které by mělo ověřit, že regulátor reaguje.

Nastavte **Pb= 15, It=50, der=10**, čas cyklu výstupu **tcr1= 5**

Doprovodné parametry pro dvojčinné řízení:

**PrAt = 1** (výkonový poměr chlazení / topení)

**tcr2 = 5** (stejný jako tcr1)

Potom postupně provádějte **změnu vždy pouze jednoho parametru** a sledujte, jak ovlivní regulaci. Mějte při tom na paměti, že:

- čím je menší **Pb**, tím je rychlejší regulace, ale v menším pásmu
- **It** prodlužuje dobu regulace, ale odstraňuje trvalou regulační odchylku
- **dEr** zrychluje regulaci, ale má tendenci k nestabilitě a kmitání

Pro většinu aplikací by měly být tyto PID parametry v poměru, který velmi zhruba osciluje kolem hodnot  $Pb : It : dEr = 1 : 4 : 1$  ( $It:dEr = 4:1$  až  $5:1$ )

#### **Pro dvojčinné PID řízení:**

Pokud je PrAt optimální, odchylky od žádané hodnoty do plusu i mínusu by měly být stejné.

Pokud je např. odchylka do plusu větší (častý případ u směšovacích ventilů na TUV), snižte PrAt na hodnotu  $< 1$  (doporučujeme krok po 0,05, začněte na 0,95 a sledujte změnu, je to velmi citlivé)

## **2) umístění vstupního čidla teploty, snímače tlaku atd...**

Toto je nejčastější příčina stížností, že je regulace „pomalá“. S rostoucí vzdáleností čidla od akčního členu (např. pohonu klapky) roste i dopravní zpoždění, příliš velké dopravní zpoždění nedává šanci regulátoru přiměřeně rychle a správně reagovat.

Pokud máte problém posoudit únosnost dopravního zpoždění, doporučujeme úplně vyřadit integrační a derivační vazbu (nastavení  $It=0$ ,  $dEr=0$ ) a sledovat chování při ryze proporcionální regulaci. Zkoušejte postupně snižovat pásmo proporcionality (zvětšujete zesílení) Nastavte Pb např. 15, 10, 8, 5 ... 1. Pokud se reakce regulátoru nezlepší, je nutno přemístit vstupní čidlo blíže k akčnímu členu.

## **3) povahu procesu, který chcete regulovat**

Jsou specifické soustavy, které je velmi obtížné regulovat. Velmi častým problémem je, že regulovaná veličina se chová diametrálně odlišně v závislosti na různých fázích technologického procesu (v praxi slyšíme, že „někdy jsou její změny rychlé, jindy pomalé“) To by znamenalo pokaždé nastavit jiné PID parametry. Ideální je věnovat se této problematice již při návrhu technologie.

Určitém ex post řešením může být použití funkce tzv. Selftuning . Jde v podstatě o adaptivní řízení, kdy se na základě aktuálního průběhu procesu průběžně mění PID parametry. Protože pro běžné aplikace je toto řízení nevhodné, doporučujeme vyzkoušet funkci Selftuning jako poslední, když jiné možnosti selhaly. Funkce Selftuning se aktivuje nastavením parametru Self= yES a následnou volbou tunE v hlavní nabídce. Podrobnější instrukce jsou v návodech k obsluze.