

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

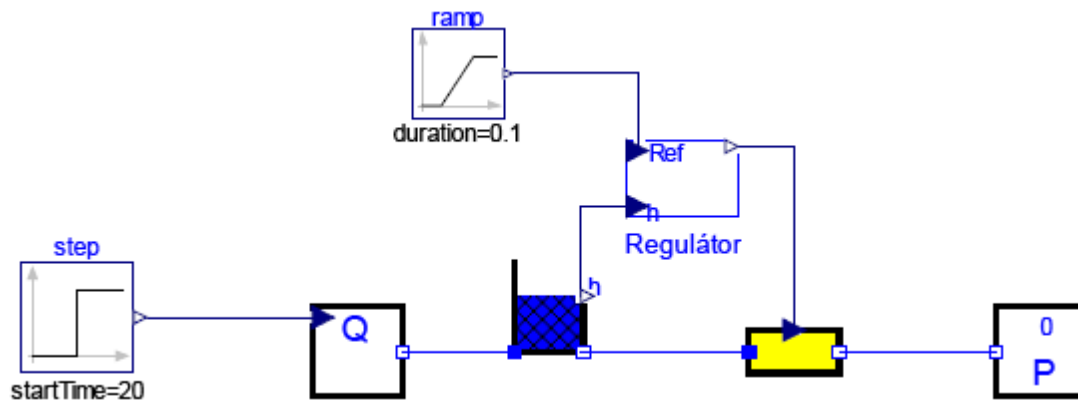
Katedra kybernetiky

Regulace výšky hladiny

Milan Poláček

Úvod

Na cvičení jsme si ukazovali základy řízení a regulace. Vaším úkolem bude implementovat PID regulátor pro regulaci výšky hladiny.



Obrázek 1: Ukázka možného vzhledu modelu

Máme zdroj toku, který nám generuje stálý definovaný tok. Za ním je zapojena nádrž, která se tímto tokem plní. Poté máme ventil, který dokáže nastavovat průtok na přesně danou vstupní hodnotu ($q = \text{vstup}$). Za tím máme zdroj tlaku 0, čili vypouštíme tok do prázdna.

Zadání

Vytvořte si pq konektor, který bude obsahovat proměnné toku a tlaku (dělali jsme v minulých úlohách).

- Vytvořte si blok zdroje tlaku (dělali jsme v minulých úlohách).
- Vytvořte si analogicky blok zdroje toku Q – ten bude podobný, jen budeme nastavovat místo tlaku tok a to externí proměnnou – podobně jako v bloku source u pružinky na kuličce.

```
model Qsrc
pq pq;
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput u;
equation
pq.q = - u;
end Qsrc;
```

- Vytvořte si blok nádrže, kde

$$\begin{aligned} \text{objem} &= \int \text{vtok z obou konektorů} \\ \text{tlak na obou konektorech} &= \rho * g * h \\ \text{objem} &= \text{výška hladiny} * \text{plocha} \end{aligned}$$

, kde $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$, plocha budiž 1. Na výstupní RealOutput konektor přivedete výšku hladiny h

- Vytvořte si blok ventilu, kde
 $v_{\text{tok}} = v_{\text{ýtok}}$
 $\text{průtok} = 0, u < 0$ a $\text{průtok} = u, u \geq 0$
 kde u je řídicí vstup.
- Vytvořte si blok regulátoru, kde
 $\text{error} = \text{aktualni hodnota} - \text{referencni hodnota}$

$$\text{vystup} = P * \text{error} + I * \int \text{error} dt + D * d\text{error} / dt$$
 , kde P , I a D jsou parametry proporčního, integračního a derivačního členu regulátoru. Hint: Integrační složku si vezměte zvlášť a postupujte jako když $\text{Integral}(\text{tok}) = \text{volume}$ Pro víc informací o PID pohleďte například http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller. Začněte nejdříve pouze se členem P (např. 10) a poté prozkoumejte chování dalších členů.
- Na začátku simulace je nádrž prázdná. Požadujeme výšku hladiny 50 cm. V 10 s snížíme požadovanou hladinu na 0,25 m, změna proběhne za 0,01 s (pozor na jednotky). (Hint: Ramp)
- Na začátku simulace pouštíme tok 0,1 m³.s⁻¹. Po 20 s zvýšíme rychlost toku na 0,2 m³.s⁻¹.
- Pozorujte a popište průběhy a schopnosti regulace.

Bonus

Integrační složka regulátoru vykazuje nežádoucí chování, které se označuje jako wind-up. Omezte tento nežádoucí vliv a demonstруйте změnu v regulaci. (+1b).
 Realizujte tento systém pouze pomocí přenosových funkcí (+1b).

Řešení

Podle zadání jsem implementoval modely, které jsme již implementovali dříve (konektor a tlak). Dále jsem vytvořil model toku podle přiloženého kódu v zadání.

Model nádrže (u mne Tank) jsem opatřil parametry konstant (ρ , plochou podstavy a gravitačním zrychlením) a implementoval rovnice dle pokynů zadání, které jsem doplnil o rovnice ze znalostí fyziky. Model ventilu jsem založil na znalostech chlopně z jiných domácích cvičení. Vytvoření PID regulátoru, vyžadovalo samostatnou rovnici pro část s I složkou, jelikož v open modelice nelze integrovat. Této „výhody“ jsem následně využil v bonusovém úkolu pro antiwind-up, kde jsem sestavil podmínku, která při záporném výstupu nulovala část s I složkou. Model PID regulátoru jsem implementoval, tak aby koeficienty P , I a D byly parametry a šlo tedy v simulaci rychle re-simulovat s novými parametry.

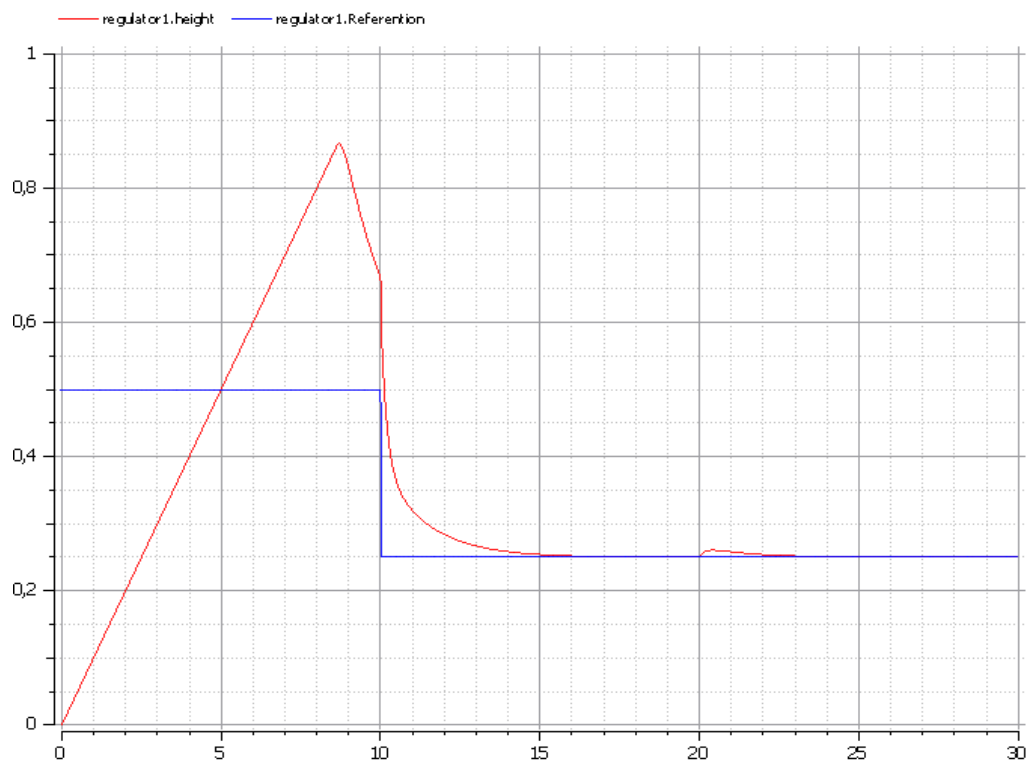
Model regulace jsem sestavil podle obrázku 1. Pro splnění zadání bylo třeba i logického uvažování a pro bloky *ramp* a *step* bylo potřeba využít i parametru offset, abychom mohli nastavit hodnoty dle zadání.

Diskuze

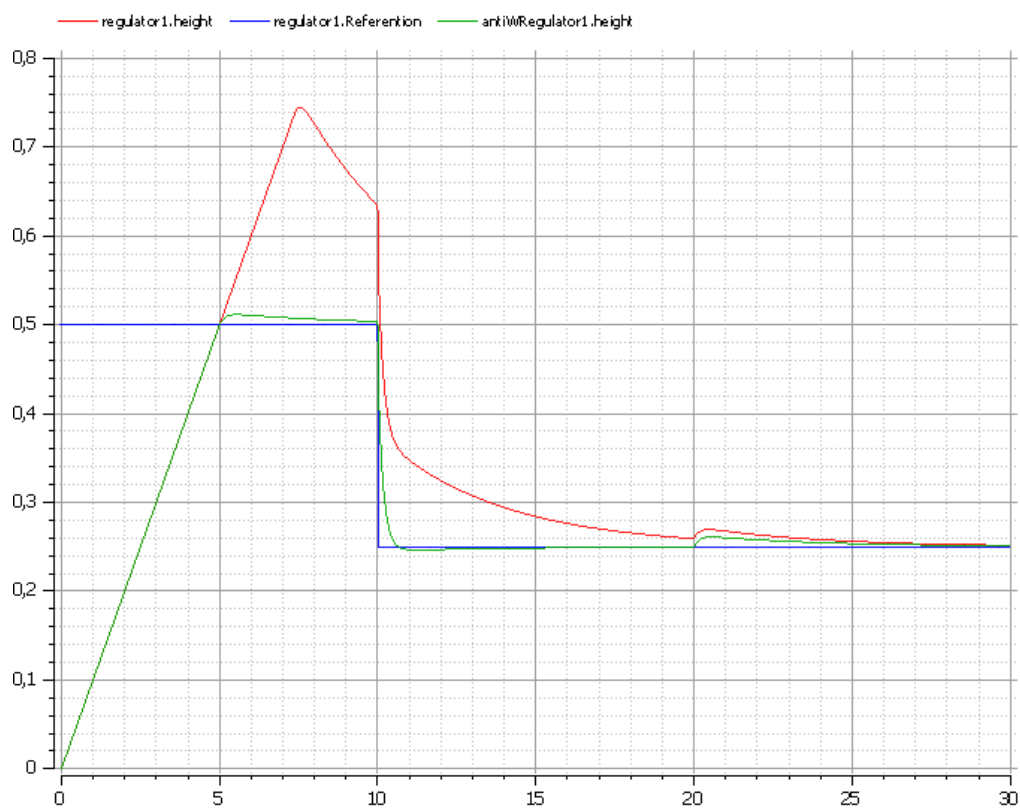
Experimentálně jsem nastavil pár hodnot a jak je vidět v grafech konkrétně u běžných PID regulátorů (červená křivka), tak za tzv. wind-up, laicky řečeno „překmit“ od požadované hodnoty způsobuje I složka.

Poměr mezi velikostmi P a I složky také určuje rychlost regulace při změně viz grafy a požadovaná změna výšky hladiny v čase 10 s. Poslední překmit je vidět ve 20 vteřině, kdy se nám změní přítok.

D složka se nám snaží „predikovat“ změny a díky ní jsou nízké překmity. V reálném světě ale „čistá“ derivace neexistuje a lze tedy předpokládat, že tento model se bude v tomto směru lišit od reality.



1. Graf referenční výšky hladiny (modře) a reálného stavu výšky hladiny (červeně) pro nastavení PID regulátoru ($P=8$, $I=5$, $D=0.3$)



2. Graf referenční výšky hladiny (modře), reálného stavu výšky hladiny pro PID regulátor (červeně) a PID regulátor s antiwind-up (zeleně) pro nastavení regulátorů ($P=8$, $I=2$, $D=0.3$)

Závěr

Na modelech je možné si prakticky ozkoušet regulaci s PID regulátorem. Jelikož, ale model vytváří téměř ideální vlastnosti (na derivaci přivedená skoková změna by měla ve výsledku být Diracovým impulsem).

Výhodou tohoto modelu je přesné nastavení PID regulátoru, jelikož v reálném světě se jeho hodnoty nastavují pomocí potenciometrů a do regulátoru přichází vždy data s nějakým šumem, a proto ho nelze tak jednoduše nastavovat jako v tomto modelu.