

# Regulácia výšky hladiny

Cvičenie č. 10

Spojité procesy

Filip Lobpreis  
Matúš Machata  
6. apríla 2023

# Obsah

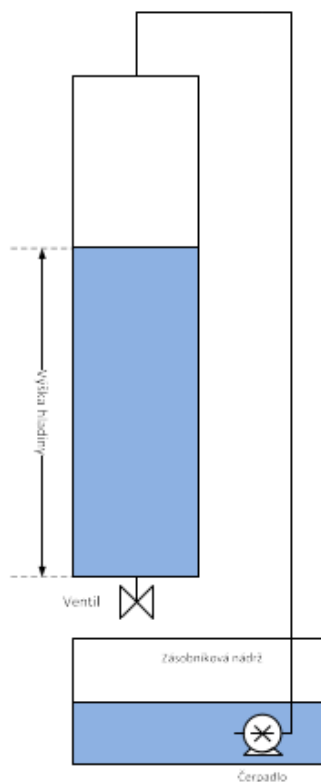
<b>1</b>	<b>Zadanie</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Pomôcky</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Merania</b>	<b>3</b>
3.1	Meranie 1 . . . . .	3
3.2	Meranie 2 . . . . .	6
3.3	Meranie 3 . . . . .	7
3.4	Meranie 4 . . . . .	8
3.5	Meranie 5 . . . . .	9
3.6	Meranie 6 . . . . .	10
3.7	Meranie 7 . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Zhrnutie</b>	<b>12</b>

# 1 Zadanie

*Cieľom zadania je osvojiť si postup návrhu regulácie výšky hladiny na laboratórnom modeli a experimentálne overiť navrhnuté riešenie.*

Uvažujeme laboratórny model hydraulického systému podľa obr. 1, ktorý sa skladá z valcovej nádrže, manuálneho ventilu, tlakového snímača výšky hladiny, čerpadla a zásobníkovej nádrže. Čerpadlo vytláča vodu do valcovej nádrže. Odtiaľ tečie voda cez manuálny ventil do zásobníkovej nádrže.

**Regulovanou veličinou je výška hladiny vo valcovej nádrži, akčnou veličinou je prietok čerpadla.** Prietok čerpadla je ovládaný pomocou riadiaceho napätia zosilňovacím členom v rozsahu 0-12V. Snímač tlaku má výstup 0-10V a hodnota tlaku je prepočítavaná na výšku hladiny.



Obr. 1. Laboratórny model hydraulického systému

Obr. 1: Prvá časť zadania z cvičenia č. 9 z predmetu spojené procesy

Na riadenie systému je použitý PID regulátor. Obmedzenie výstupu regulátora je zabezpečené anti wind up systémom, kde pri dosiahnutí hranice obmedzenia je vypnutá integračná zložka. Bez takejto úpravy by regulátor mohol zvyšovať výstup integračnej zložky za obmedzenia. Po zmene regulačnej odchýlky by integračná zložka mohla pôsobiť proti ostatným zložkám a znemožnila by tak zmenu výstupu regulátora, tzv. wind up efekt.

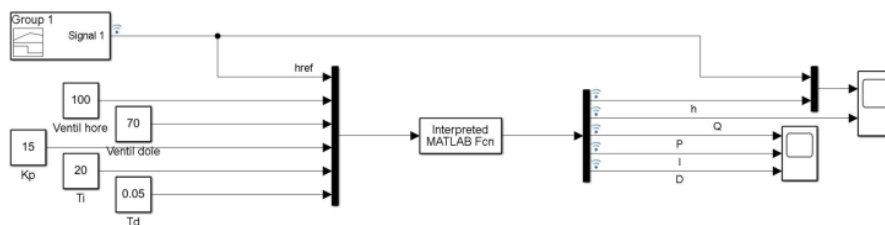
*Úlohy:*

1. Navrhnete PID regulátor výšky hladiny a experimentálne ho overte na laboratórnom modeli.
2. Vykonajte aspoň 6 experimentov s rôznym nastavením parametrov PID regulátora. Analyzujte vplyv jednotlivých zložiek regulátora ( $K_p$ ,  $T_i$  a  $T_d$ ) na výslednú kvalitu regulácie. Pokúste sa dosiahnuť čo najlepšiu kvalitu regulácie.
3. Urobte písomné zhrnutie a diskusiu dosiahnutých výsledkov.
4. Vypracovaný dokument pre laboratórne cvičenie uložte vo formáte pdf pod názvom *cv10\_Priezvisko1\_Priezvisko2* do miesta odovzdania v AIS.

Obr. 2: Druhá časť zadania z cvičenia č. 9 z predmetu spojité procesy

## 2 Pomôcky

V tomto zadaní je našou úlohou experimentálne overiť návrh regulácie výšky hladiny na laboratórnom modeli hydraulického systému a overiť navrhované riešenie. Pri tomto zadaní sme použili už preddefinovanú schému v programe *Simulink* (Obr. 3).



Obr. 3: Schéma modelu z cvičenia č. 9 z predmetu spojité procesy

V tomto zapojení vidíme viacero vstupných signálov, tie sú už preddefinované. **href** referenčná respektíve žiadaná hodnota výšky hladiny. **Ventil hore** reprezentuje hodnotu vstupného prietoku do nádrže, jeho hodnoty sú zadávané v percentách. **Ventil dole**, tato hodnota reprezentuje prietok výstupného prietoku nádrže. Rovnako ako vstupný prietok je zadávaný v percentách. Hodnoty, ktoré sa budú meniť v priebehu meraní sú parametre *PID* regulátora.

$$G_R(s) = K_P \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

Proporcionálna zložka **P** regulátora je rovná zložke  $K_P$ , Integračná zložka **I** je počítaná vzt'ahom  $\frac{K_P}{T_i}$ , posledná derivačná zložka **D** regulátora je rovná  $K_P T_d$ . Vyššie spomenutý vzťah môžeme teda prepísať do tvaru:

$$G_R(s) = P + \frac{1}{s} I + D s$$

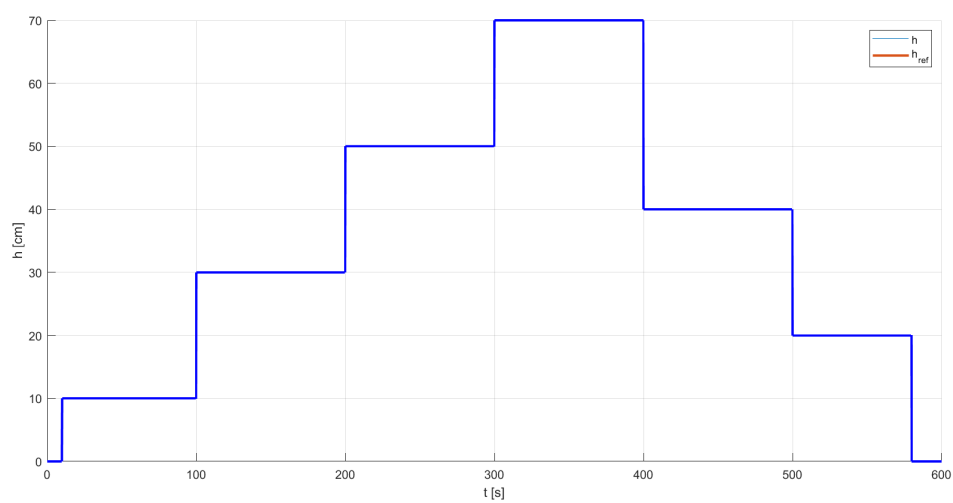
## 3 Merania

### 3.1 Meranie 1

V prvom zadaní sme zvolili hodnoty parametrov regulátora nasledovne:

$K_p$	15
$T_i$	20
$T_d$	0,05

Výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch



Obr. 4: Pribeh referenčnej teploty v priebehu 1800 sekúnd.

1.

### 3.2 Meranie 2

V druhom meraní sme si zvolili hodnoty  $Kp$  30,  $Ti$  20  $Td$  0,1. výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch .



### 3.3 Meranie 3

V treťom meraní sme si zvolili hodnoty  $Kp$  50,  $Ti$  20  $Td$  0,5. výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch .

### 3.4 Meranie 4

V štvrtom meraní sme si zvolili hodnoty  $Kp$  30,  $Ti$  10  $Td$  0,1. výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch .

### 3.5 Meranie 5

V piatom meraní sme si zvolili hodnoty  $Kp$  50,  $Ti$  20  $Td$  0,1. výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch .

### 3.6 Meranie 6

V šiestom meraní sme si zmenili hodnotu uzatvorenia výpustného ventilu zo 70% na 50 %, hodnoty  $Kp$ ,  $Ti$  a  $Td$  sme ponechali rovnaké. Výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch.

### 3.7 Meranie 7

V siedmom meraní sme si zmenili hodnotu uzatvorenia výpustného ventilu z 50% na 80 %, hodnoty  $Kp$ ,  $Ti$  a  $Td$  sme ponechali rovnaké. Výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch.

## 4 Zhrnutie