

# Dvojpolohová regulácia teploty tepelného systému

Cvičenie č. 9

Spojité procesy

Filip Lobpreis  
Matúš Machata  
1. apríla 2023

# Obsah

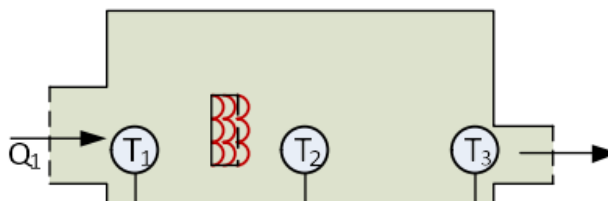
<b>1</b>	<b>Zadanie</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Pomôcky</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Merania</b>	<b>3</b>
3.1	Hysteréza s hodnotou 0,2 . . . . .	3
3.2	Hysteréza s hodnotou 0,5 . . . . .	5
3.3	Hysteréza s hodnotou 0,8 . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Zhrnutie</b>	<b>8</b>

# 1 Zadanie

*Cieľom zadania je osvojiť si postup návrhu nespojitej dvojpolohovej regulácie teploty na laboratórnom modeli tepelného systému a overiť navrhnuté riešenie.*

Uvažujeme laboratórny model tepelného systému podľa obr. 1. Objekt predstavuje tepelne izolovanú nádobu rozdelenú na dve komory, vyhrievanú tromi špirálami. Cez vstupný otvor je ventilátorom vháňaný vzduch, ktorý má teplotu okolia. Ten prúdi cez obe komory, v ktorých je ohrievaný tromi špirálami, do výstupného otvoru. Výkon ventilátora a teda aj prítok vzduchu je meniteľný v závislosti od napätia ventilátora v rozsahu od 20% do 100%. Rozsah je daný obmedzením akčného člena.

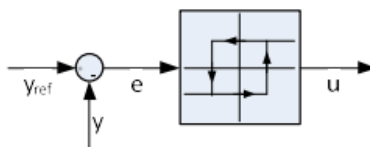
Snímané sú 3 teploty: vstupná vo vstupnej dýze ( $T_1$ ), teplota v komore ( $T_2$ ) a teplota pri výstupnom otvore ( $T_3$ ). Výkon špirál je ovládateľný v rozsahu od 0% do 100%. **Regulovanou veličinou je výstupná teplota  $T_2$ , akčnou veličinou je výkon špirál a poruchovou veličinou sú otáčky ventilátora.**



Obr. 1. Schéma tepelného systému

**Tepelný systém je riadený pomocou dvojpolohovej regulácie**, ktorej princíp je znázornený na obr. 2, ktorá reprezentuje relé s hysterezou. Princíp spočíva v prepínaní dvoch polôh akčného zásahu – minimálnej a maximálnej – na základe hodnoty regulačnej odchýlky  $e$ . Aby sa zamedzilo rýchlemu prepínaniu hodnoty akčného zásahu je regulátor vybavený hysterezou.

Regulátor nastaví minimálnu hodnotu akčného zásahu 0% ak je regulačná odchýlka menšia ako záporná hodnota hysterezy. Podobne, ak je regulačná odchýlka väčšia ako hystereza, regulátor nastaví maximálnu hodnotu akčného zásahu 100%. Hystereza spôsobí, že výstup regulátora sa v pásme definovanom veľkosťou hysterezy nebude meniť. Riadená veličina procesu, t.j. teplota  $T_2$  bude potom oscilovať okolo želanej hodnoty.

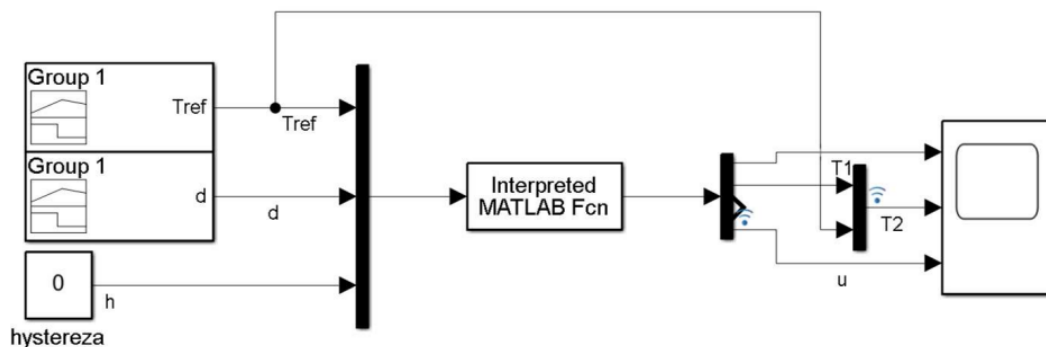


Obr. 2. Princíp dvojpolohového regulátora

Obr. 1: Zadanie z cvičenia č. 9 z predmetu spojité procesy

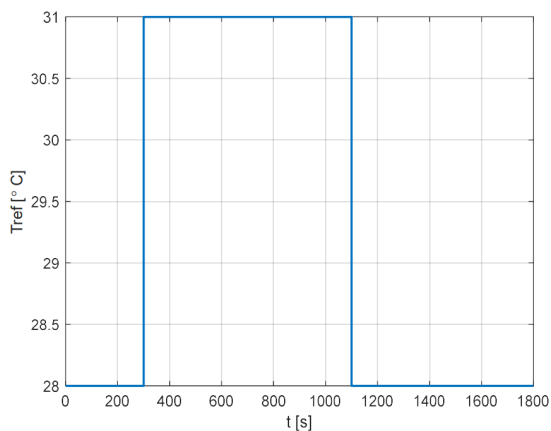
## 2 Pomôcky

V tomto zadaní je našou úlohou od simulovať návrh nespojitej dvojpohovej regulácie teploty na laboratórnom modeli tepelného systému a overiť navrhované riešenie. Pri tomto zadaní sme použili už preddefinovanú schému v programe *Simulink* (Obr. 2).

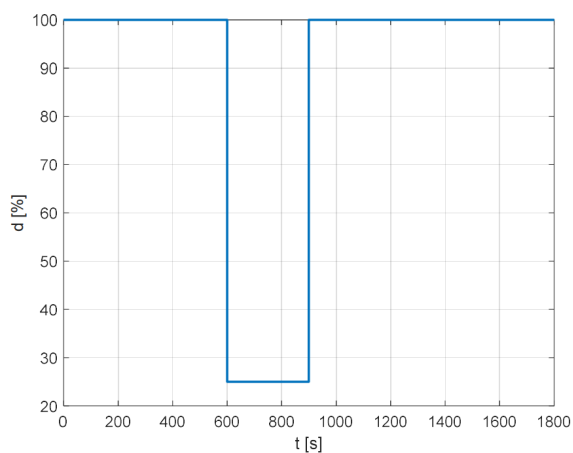


Obr. 2: Simulacna schéma reprezentujúca dvojpohovú reguláciu tepelného systému.

V tomto zapojení vidíme tri vstupné signály, tie sú už preddefinované. **Tref** (referenčná teplota) má nasledujúci priebeh (vid' Obr. 3a).



(a) Priebeh referenčnej teploty v priebehu 1800 sekúnd.



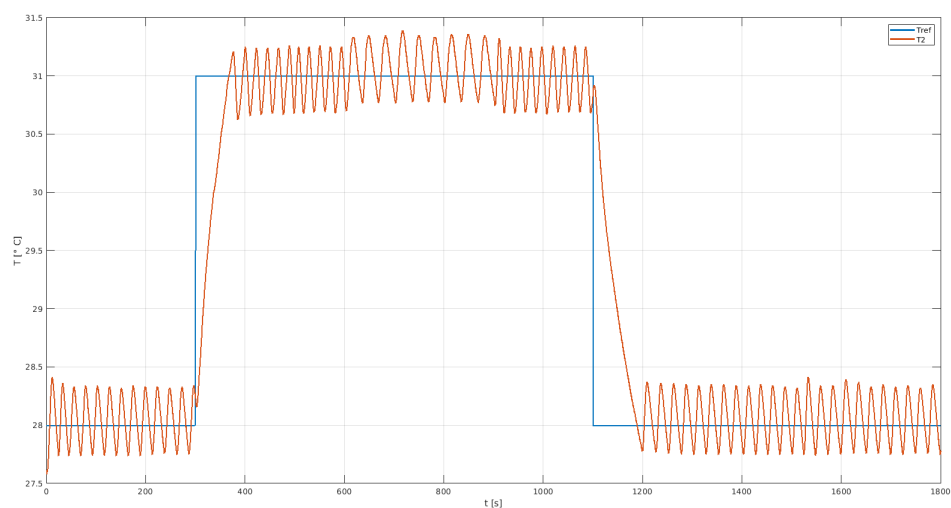
(b) Priebeh poruchy systému v priebehu 1800 sekúnd.

Signál **d** reprezentuje poruchu systému. Poruchovou veličinou sú otáčky ventilátora, ktoré sú závislé od napätia na ventilátore. Toto napätie sa pohybuje v rozsahu od 20% do 100% (Obr. 3b).

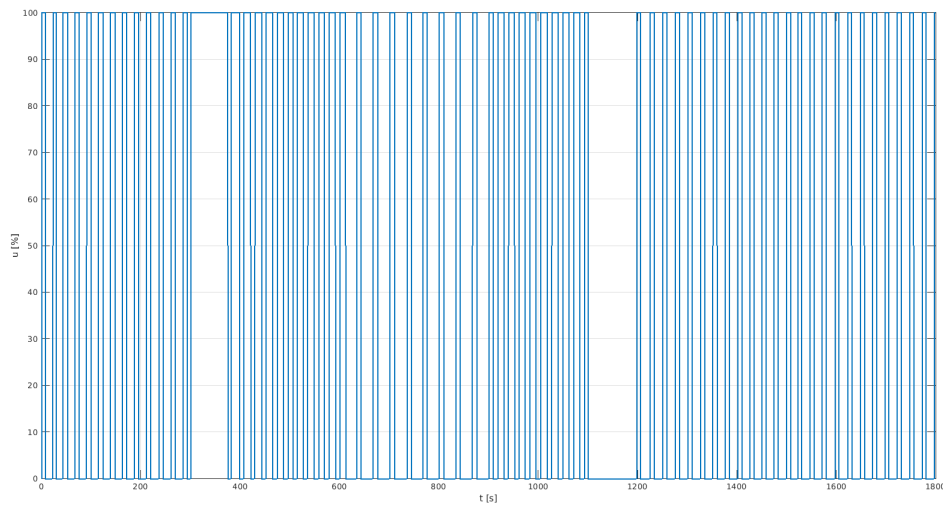
## 3 Merania

### 3.1 Hysteréza s hodnotou 0,2

V prvom zadaní sme zvolili hodnotu hysterézy 0,2. Výsledok simulácie môžeme vidieť na obrázkoch Obr. 4 a Obr. 5.



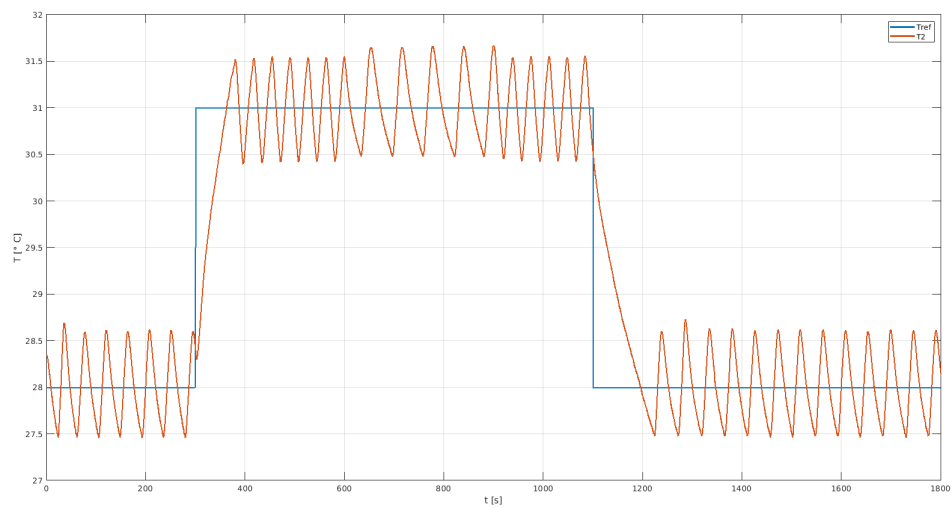
Obr. 4: Graf žiadanej a meranej hodnoty teploty na snímači T2 v prvom meraní [°C].



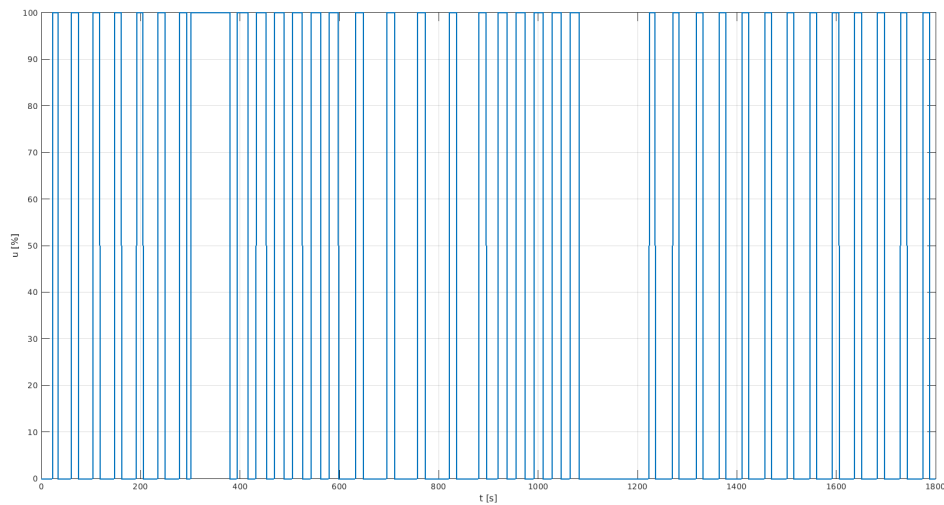
Obr. 5: Graf výkonu výhrevnej špirály v prvom meraní [%].

V prvej časti merania (od času 0s po 300s) máme žiadanú teplotu  $28^{\circ}\text{C}$  s ventilátorom zapnutým na 100%. V druhej časti merania (od času 300s po 600s) máme žiadanú teplotu  $31^{\circ}\text{C}$  s ventilátorom zapnutým na 100%. V tretej časti merania (od času 600s po 900s) máme žiadanú teplotu  $31^{\circ}\text{C}$  s ventilátorom zapnutým na 25% a v poslednej časti merania (od času 900s po 1800s) má systém vertikálne investované správanie ako prvé dve časti merania. Systém má žiadanú hodnotu teploty nastavenú na  $31^{\circ}\text{C}$  a ventilátor je zapnutý na 100% a prechádza do stavu, kde je žiadaná hodnota teploty  $28^{\circ}\text{C}$  a ventilátor zostane zapnutý na 100%. Priebeh teploty na snímači  $T_2$  vidíme na Obr. 4 a priebeh výkonu výhrevnej špirály môžeme vidieť na obrázku Obr. 5. Spôsob správania výhrevnej špirály je opísaný v zadaní. 1.

### 3.2 Hysteréza s hodnotou 0,5



Obr. 6: Graf žiadanej a meranej hodnoty teploty na snímači T2 v druhom meraní [ $^{\circ}\text{C}$ ].

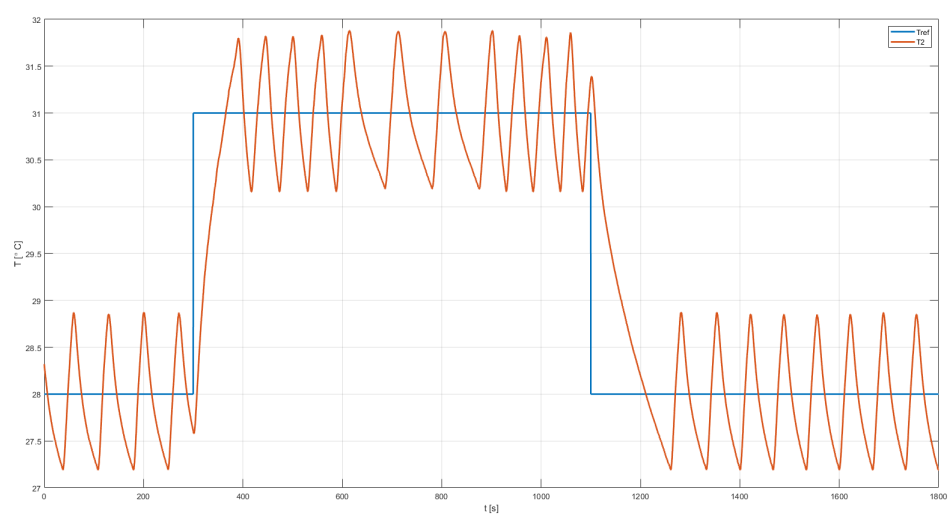


Obr. 7: Graf výkonu výhrevnej špirály v druhom meraní [%].

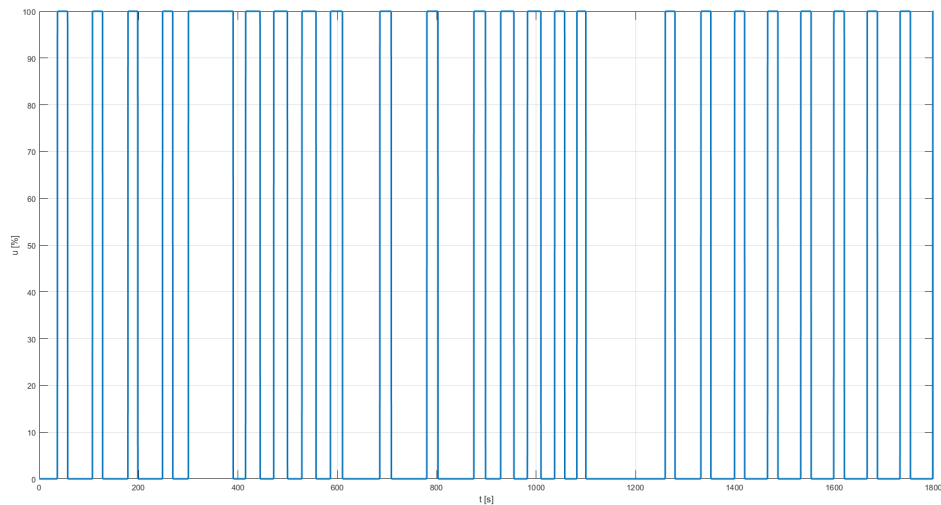
V druhom meraní máme zvolenú hodnotu hysterézy 0,5. Rozdelenie časti simulácie je rovnaké ako v prvom meraní. Rozdiel nastáva v responzívnosti systému na zmenu teploty. V druhom meraní je responzívnosť systému menšia kvôli už spomínanej vyššej hodnote hysterézy. Ako môžeme vidieť na obrázku Obr. 6, frekvencia meranej teploty na snímači T2 je menšia a zároveň aj strmosť tejto zmeny je menšia.

### 3.3 Hysteréza s hodnotou 0,8





Obr. 8: Graf žiadanej a meranej hodnoty teploty na snímači T2 v treťom meraní [°C].



Obr. 9: Graf výkonu výhrevnej špirály v treťom meraní [%].

Tak isto ako pri druhom meraní, frekvencia a strmosť zmeny teploty  $T_2$  sa zmenšili kvôli zvýšeniu hodnoty hysterézy čo môžeme vidieť na Obr. 8. Preto sa aj perióda zapínania výhrevnej špirály zmenšila ako môžeme vidieť na Obr. 9.

## 4 Zhrnutie

V tomto zadaní sme zisťovali dôsledok zmeny hodnoty hysterézy na teplotu  $T_2$ . Na obrázkoch Obr. 4, Obr. 6, Obr. 8 sme pozorovali nasledujúce správanie. Čím je hodnota hysterézy menšia, tým máme menšiu periódu zapínania, resp. vypínania ohrievacej špirály. Zároveň sme mohli vidieť zmenu strmosti zmeny teploty na snímači  $T_2$ . Túto strmosť a taktiež aj frekvenciu ovplyvňuje aj vypnutie ventilátora, čo si môžeme všimnúť v čase od 600s po 900s na každej simulácii v už spomínaných obrázkoch. Hodnota hysterézy teda ovplyvňuje dvojpólovú reguláciu výstupnej teploty. ak nám záleží na najpresnejšom udržiavaní žiadanej hodnoty, tak sa nám oplatí zvoliť si menšiu hodnotu hysterézy. Naopak ak chceme dosiahnuť čo najmešie zaťaženie ohrievacej špirály tak je vhodné zvoliť si väčšiu hodnotu hysterézy.