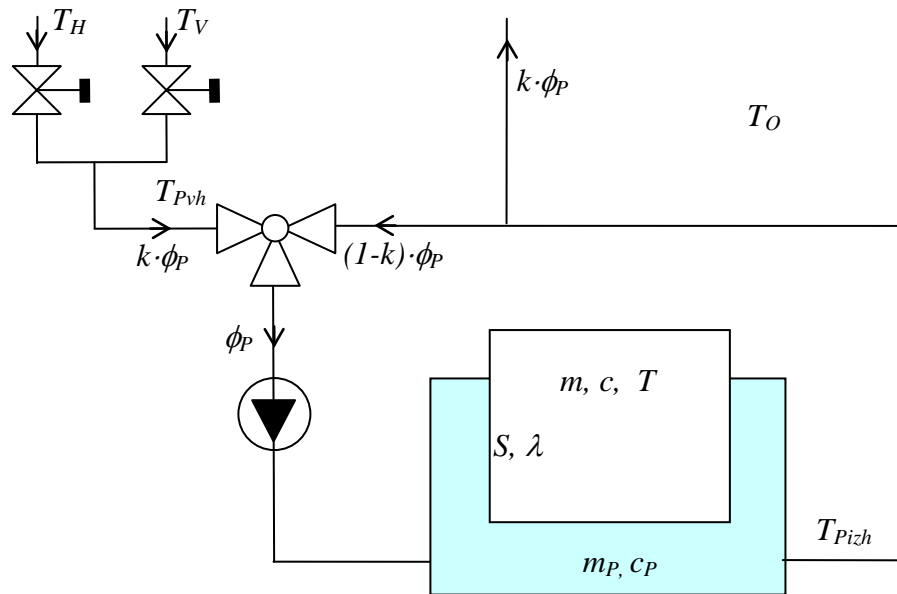


## 6. laboratorijska vaja

### Vodenje temperature v jedru reaktorja z upoštevanjem omejitev

#### Matematično modeliranje šaržnega procesa

Šaržni reaktor, ki ga bomo obravnavali, prikazuje slika 1. Njegovo delovanje bomo opisali s pomočjo matematičnega modela.



Slika 1. Shematičen prikaz šaržnega reaktorja

V reaktorju se mešajo sestavine, ki se segrevajo po določenem temperaturnem profilu, podanim z referenčnim receptom, in reagirajo v končni produkt. Reaktor ogrevamo oziroma hladimo preko plašča, po katerem se pretaka voda, ki je ali hladna ( $T_H$ ) ali vroča ( $T_V$ ). Na temperaturo vode na vhodu plašča lahko vplivamo z dvema on/off ventiloma za dotok hladne oziroma vroče vode in preko mešalnega ventila, ki meša vhodno vodo in povratno vodo iz plašča (refluka).

Namen vodenja je, da temperatura snovi v reaktorju sledi željeni temperaturi podani z receptom. To zagotovimo z algoritmom vodenja, ki vpliva na naslednje izvršne člene procesa: on/off ventila za dotok hladne oziroma tople vode in mešalni ventil. Pri tem moramo zagotoviti, da temperatura plašča  $T_{Pizh}$  ne preseže določene zgornje meje ( $T_{Pmax}$ ).

Matematični model dobimo iz fizikalnih zakonitosti procesa. Glede na zakon o ohranitvi energije v plašču lahko zapišemo

$$m_P c_P \frac{dT_{Pizh}}{dt} = k \phi_P c_P T_{Pvh} + (1-k) \phi_P c_P T_{Pizh} - \phi_P c_P T_{Pizh} - \lambda S (T_{Pizh} - T) - \lambda_O S_O (T_{Pizh} - T_O)$$

za kotel pa velja

$$mc \frac{dT}{dt} = \lambda S (T_{Pizh} - T)$$

kjer uporabljeni simboli predstavljajo:

- $m_P$  masa snovi v plašču,
- $m$  masa snovi v kotlu,
- $c_P$  specifična toplota snovi v plašču,
- $c$  specifična toplota snovi v kotlu,
- $T_{Pizh}$  izhodna temperatura plašča,
- $T$  temperatura snovi v kotlu,
- $k$  faktor odprtja mešalnega ventila (od 0 do 1),
- $\phi_P$  masni pretok tekočine skozi plašč,
- $T_{Pvh}$  temperatura vhodne tekočine v mešalni ventil, ki je lahko  $T_H$  ali  $T_V$ ,
- $T_H$  temperatura hladne vode,
- $T_V$  temperatura vroče vode,
- $\lambda$  toplotna prevodnost spoja med plaščem in kotlom,
- $S$  skupna površina spoja med plaščem in kotlom,
- $\lambda_O$  toplotna prevodnost spoja med plaščem in okolico,
- $S_O$  skupna površina spoja med plaščem in okolico,
- $T_O$  temperatura okolice.

Gornji matematični model smo realizirali v okolju Matlab-Simulink.

V primeru 600-litrskega kotla ima obravnavani model naslednje parametre:

$$m = 600 \text{ kg}, m_P = 40 \text{ kg}, S = S_O = 2 \text{ m}^2, \lambda = 420 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}, \lambda_O = 84 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

$$\phi_P = 1.6 \text{ kg/s}, c = c_P = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}, T_H = 12^\circ \text{C}, T_V = 75^\circ \text{C}, T_O = 17^\circ \text{C}$$

pri maksimalni in minimalni temperaturi plašča, ki sta enaki

$$T_{P \max} = 60^\circ \text{C}$$

$$T_{P \min} = 10^\circ \text{C}$$

**Zahteve pri vodenju** so naslednje:

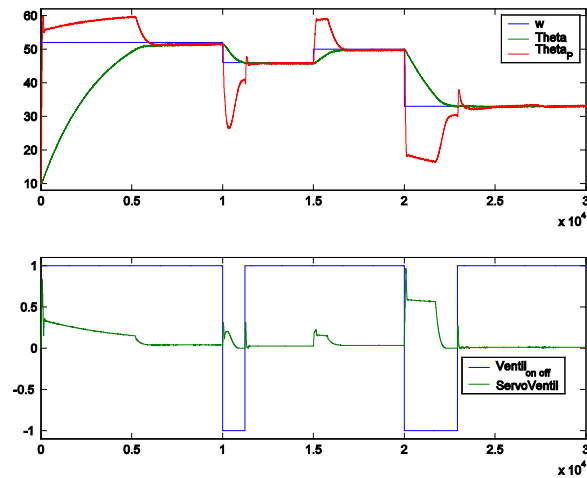
**hitri nastavitveni časi (izregulacija regulacijskega pogreška),**

**majhni prenehaji temperature,**

**omejitev temperature plašča reaktorja,**

**majhno število preklopov ventilov za hladno in toplo vodo.**

Primer simulacije zaprtozančnega vodenja temperature vidimo na sliki 2.



Slika 2. Primer vodenja šaržnega procesa

Na sliki 2 prvi graf prikazuje potek temperature v kotlu, v plašču ter referenčno temperaturo, drugi graf pa stanje on/off ventila in položaj mešalnega ventila.

**Naloga:**

1. Realizirajte model reaktorja v Simulinku.
2. Realizirajte shemo vodenja, ki upošteva omejitve temperature plašča in ostale zahteve vodenja. Vodenje realizirajte s kaskadno shemo. Začetni vrednosti temperatur plašča in kotla naj bosta enaki temperaturi okolice. Referenčna temperatura naj bo nekaj časa  $35^{\circ}\text{C}$ , potem pa naj skoči na  $45^{\circ}\text{C}$ .