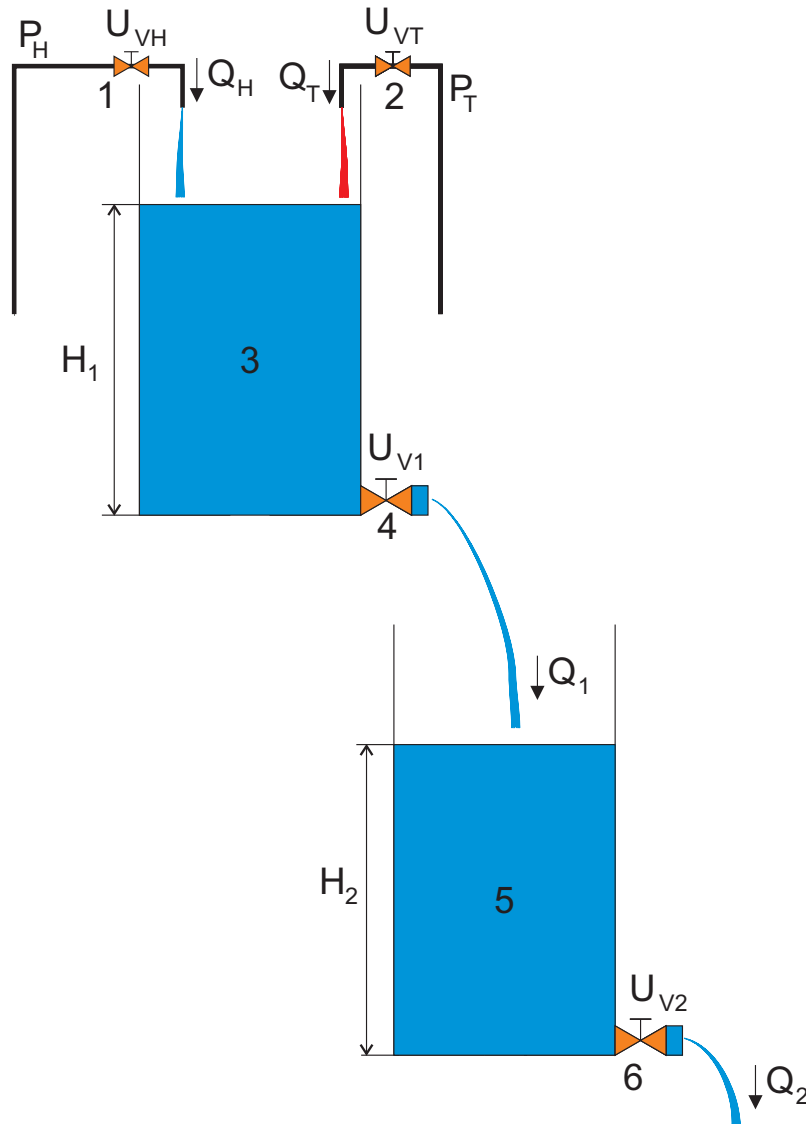


Објект се састоји из вентила у цевоводу хладне воде (1), вентила у цевоводу топле воде (2), првог проточног резервоара (3), регулационог вентила првог проточног резервоара (4), другог проточног резервоара (5) и регулационог вентила другог проточног резервоара (6).



Радни флуид је вода. У раду користити претпоставку да је радни флуид нестишљив. Физичка својства воде су: густина  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  и специфични топлотни капацитет при сталном притиску  $c_p = 4181.3 \text{ J/kg/K}$ .

Натпритисак хладне воде је константан и износи  $P_h = 3,25 \text{ bar}$ .

Натпритисак топле воде није константан и његова промена током времена није позната, али је познато да је номинална вредност притиска топле воде  $P_{tN} = 3,25 \text{ bar}$ .

Температура топле воде је  $70^\circ\text{C}$ , температура хладне воде је  $10^\circ\text{C}$ .

Вентил у цевоводу хладне воде покреће актуатор вентила према закону  $X_{vh} = K_{vh}U_{vh}$ , где је  $X_{vh}$  померање вретена вентила,  $K_{vh} = 1 \text{ mm/V}$ , константа пропорционалности, а  $U_{vh}$  је управљачки напон којим се управља померањем вретена вентила у цевоводу хладне воде. Управљачки вентил је затворен при вредности управљачког напона  $U_{vt} = 0 \text{ V}$ , а отворен је 100% при вредности управљачког напона  $U_{vh} = 10 \text{ V}$ .

Вентил у цевоводу топле воде покреће актуатор вентила према закону  $X_{vt} = K_{vt}U_{vt}$ , где је  $X_{vt}$  померање вретена вентила,  $K_{vt} = 1 \text{ mm/V}$ , константа пропорционалности, а  $U_{vt}$  је управљачки напон којим се управља померањем вретена вентила у цевоводу топле воде. Управљачки вентил је затворен при вредности управљачког напона  $U_{vt} = 0 \text{ V}$ , а отворен је 100% при вредности управљачког напона  $U_{vt} = 10 \text{ V}$ .

Регулациони вентил првог проточног резервоара покреће актуатор вентила према закону  $X_{v1} =$

$K_{v1}U_{v1}$ , где је  $X_{v1}$  померање вретена вентила,  $K_{v1} = 1,5\text{mm/V}$ , константа пропорционалности, а  $U_{v1}$  је управљачки напон којим се управља померањем вретена регулационог вентила првог проточног резервоара. Вредност напона  $U_{v1}$  је константна и износи  $3\text{V}$ .

Регулациони вентил другог проточног резервоара покреће актуатор вентила према закону  $X_{v2} = K_{v2}U_{v2}$ , где је  $X_{v2}$  померање вретена вентила,  $K_{v2} = 1,5\text{mm/V}$ , константа пропорционалности, а  $U_{v2}$  је управљачки напон којим се управља померањем вретена регулационог вентила другог проточног резервоара. Управљачки вентил је затворен при вредности управљачког напона  $U_{v2} = 0\text{V}$ , а отворен је  $100\%$  при вредности управљачког напона  $U_{v2} = 10\text{V}$ .

Запремински проток воде кроз сваки вентил се може одредити према формули за струјање нестишљивог флуида кроз мали отвор. Дати су бројчани подаци:

$C_{dh} = 0,65$  - коефицијент пражњења вентила у цевоводу хладне воде,

$\omega_h = 0,03\text{m}^2/\text{m}$  - градијент површине вентила у цевоводу хладне воде,

$C_{dt} = 0,65$  - коефицијент пражњења вентила у цевоводу топле воде,

$\omega_t = 0,03\text{m}^2/\text{m}$  - градијент површине вентила у цевоводу топле воде,

$C_{d1} = 0,65$  - коефицијент пражњења регулационог вентила првог проточног резервоара,

$\omega_1 = 0,1\text{m}^2/\text{m}$  - градијент површине регулационог вентила првог проточног резервоара,

$C_{d2} = 0,65$  - коефицијент пражњења регулационог вентила другог проточног резервоара,

$\omega_2 = 0,1\text{m}^2/\text{m}$  - градијент површине регулационог вентила другог проточног резервоара.

Први проточни резервоар је кружног попречног пресека, површине  $0,04\text{m}^2$ . Висина првог проточног резервоара је  $1,5\text{m}$ .

Други проточни резервоар је кружног попречног пресека, површине  $0,04\text{m}^2$ . Висина другог проточног резервоара је  $1,5\text{m}$ .

Захтева се да се температура у првом проточном резервоару одржава на вредности  $30^\circ\text{C}$ , а да се ниво воде у другом проточном резервоару одржава на нивоу од  $80\text{cm}$  и да се ниво воде у првом проточном резервоару одржава на нивоу од  $0,7\text{m}$ .

- а) Одредити улазне, излазне и поремећајне величине објекта.
- б) Написати нелинеарну диференцијалну једначину понашања објекта у тоталним координатама.
- в) Одредити номиналне вредности управљања.
- г) Одредити нелинеарни модел по одступањима.
- д) Одредити линеаризовани модел објекта по одступањима користећи једначине из б) или г).
- ђ) Дати упоредни приказ симулације рада неуправљаног објекта описаног линеарним диференцијалним једначинама добијеним у д) и нелинеарним диференцијалним једначинама добијеним у б) за произвољну вредност улаза, али који потврђује да линеаризовани модел добро описује нелинеарни модел у околини номиналне тачке.
- е) Написати линеарну векторску диференцијалну једначину понашања система у околини номиналне тачке на основу једначина из д).
- ж) Усвојити величине стања линеаризованог модела из е) и написати једначину стања и једначину излаза линеаризованог система.
- з) Имплементирати Калманов регулатор и показати у симулацији за произвољни вектор почетних услова  $\mathbf{x}_0 \neq \mathbf{0}_x$  да ли величине стања конвергирају ка  $\mathbf{0}_x$  када  $t \rightarrow +\infty$ .

## ДРУГИ ДЕО

**У другом делу задатка, избацити из разматрања цевовод топле воде. Излазне величине су нивои воде у оба резервоара.**

- и) Поновити рад из тачака а) - ж) за нови систем.
  - и) Извршити декупловање система тако да само једна улазна величина утиче само на једну излазну величину. Проверити да ли је декупловање добро извршено.
- Усвојити алгоритам управљања оба нивоа у облику:

$$u(t) = K_P \left( \varepsilon(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau \right)$$

и усвојити параметре  $K_P, T_I$  за оба регулатора на основу преносних функција линеаризованог система.

- ј) За произвољне вредности жељеног одступања једне или друге узлазне величине, приказати промену излазних величина у нелинеарном моделу. Дати упоредни приказ са променом излазних величина у линеаризованом моделу. Све дијаграме временске промене управљања и излазних величина приказати у тоталним координатама.
- к) Усвојити за алгоритам управљања временски дискретни, пропорционално-сумарни, регулатор са периодом одабирања између 0,001s и 0,1s. Одредити  $z$ -преносну функцију дискретног регулатора. Временски дискретни пропорционално сумарни регулатор у симулацији имплементирати и помоћу блока Discrete Transfer Function и као функцију (User Defined Function).
- л) За произвољне вредности жељеног одступања једне или друге узлазне величине, приказати промену излазних величина у нелинеарном моделу са регулатором из и) и са регулатором из к). Све дијаграме временске промене управљања и излазних величина приказати у тоталним координатама.
- љ) Проверити да ли управљачки систем успешно компензује дејство поремећаја.