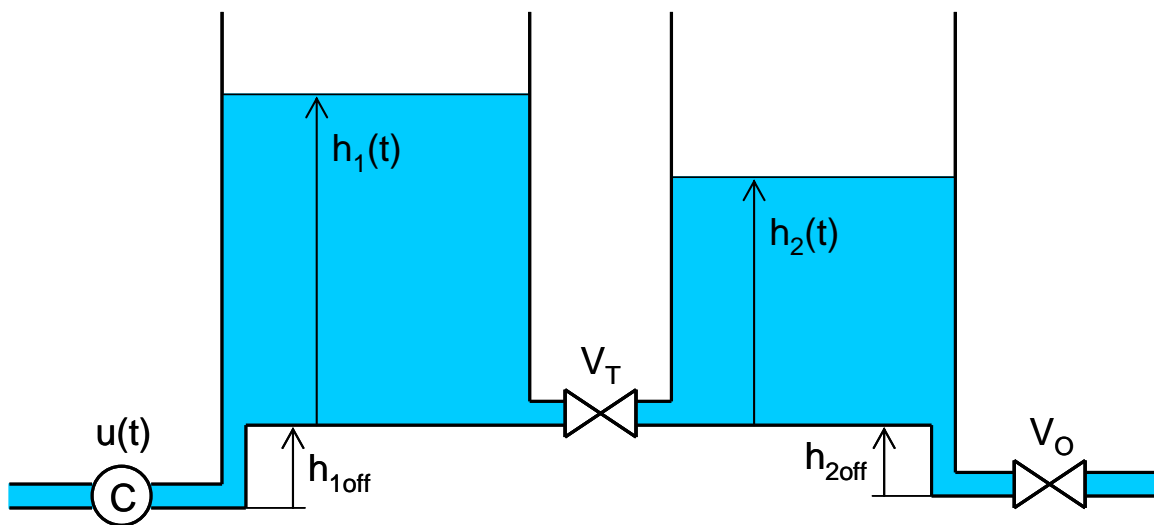


Automatické řízení – simulační úloha

## DVOUVÁLCOVÁ VODÁRNA S ODSŘEDIVÝM ČERPADLEM

Principiální schéma modelu nacházejícího se v laboratoři K23 je na obr. 1.



Obr. 1 – Dvouválcová vodárna s odstředivým čerpadlem

Jedná se o nelineární stabilní systém se třemi vstupy

- napětí na odstředivém čerpadle  $u$  [V] (akční veličina),
- míra otevření  $v_T$  [-] přepouštěcího ventilu  $V_T$  (poruchová veličina), 0 – uzavřen, 1 – plně otevřen
- míra otevření  $v_O$  [-] vypouštěcího ventilu  $V_O$  z pravé nádrže (poruchová veličina), 0 – uzavřen, 1 – plně otevřen

a dvěma výstupy

- výška hladiny v první (levé) nádrži  $h_1$  [m],
- výška hladiny v druhé (pravé) nádrži  $h_2$  [m].

Čerpadlo čerpá vodu do první (levé) nádrže, odkud přetéká do druhé (pravé nádrže) přes přepouštěcí ventil  $V_T$ . Z druhé (pravé nádrže) voda odtéká zpět do zásobníku přes vypouštěcí ventil  $V_O$ .

### Modelování

Za předpokladu zanedbatelné dynamiky odstředivého čerpadla vůči dynamice celého systému a za předpokladu, že se hladina v nádrži pohybuje mnohem pomaleji než je výtoková rychlost lze tento systém popsat následujícími rovnicemi:

$$\begin{aligned} S\dot{h}_1(t) &= S_u \sqrt{\frac{2}{\rho} \left( k_c (u(t) - u_N)^2 - \rho g (h_1(t) + h_{1off}) \right)} - v_T S_T \operatorname{sgn}(h_1(t) - h_2(t)) \sqrt{2g |h_1(t) - h_2(t)|} \\ S\dot{h}_2(t) &= v_T S_T \operatorname{sgn}(h_1(t) - h_2(t)) \sqrt{2g |h_1(t) - h_2(t)|} - v_o S_o \sqrt{2g (h_2(t) + h_{2off})} \end{aligned}$$

kde  $S$ ,  $S_o$ ,  $S_u$  a  $S_T$  [ $\text{m}^2$ ] je po řadě průřez obou válců, ventilu  $V_o$ , potrubí za čerpadlem a ventilu  $V_T$ ,  $k_c$  [ $\text{Pa V}^{-2}$ ] je konstanta čerpadla,  $g$  [ $\text{m s}^{-2}$ ] je gravitační zrychlení,  $\rho$  [ $\text{kg m}^{-3}$ ] je hustota vody,  $u_N$  [V] je necitlivost čerpadla.

Čerpadlo obsahuje pásmo necitlivosti, rozsah vstupního signálu je omezen.

Úlohy:

1. Napište stavové rovnice popisující systém s obecnými parametry. [hodnocení 10 %]
2. Model z bodu 1. linearizujte ve Vámi (vhodně) zvoleném pracovním bodě a vytvořte linearizovaný model systému s obecnými parametry. [hodnocení 15 %]
3. Pomocí vhodných experimentů na původním systému identifikujte parametry modelů z bodu 1. a 2. [hodnocení 15 %]
4. Porovnejte odezvy (obou výstupů) modelů z bodu 1. a 2. a skutečného systému na Vámi (vhodně) zvolené vstupní signály a počáteční podmínky. [hodnocení 10 %]

## Regulace

Jako regulovanou veličinu uvažujte výšku hladiny v druhé nádrži  $h_2$  [m], jako akční veličinu napětí na odstředivém čerpadle  $u$  [V]. Návrh regulátorů provádějte pro linearizovaný systém. Navržené regulátory ověřujte nejprve na linearizovaném modelu, poté na nelineárním modelu v okolí pracovního bodu a nakonec na původním nelineárním systému v okolí pracovního bodu. Pro každý navržený regulátor porovnejte všechny tři odezvy regulované veličiny na vhodně zvolený referenční signál a počáteční podmínky. Při návrhu respektujte omezení rozsahu vstupního signálu systému. U všech navržených regulátorů nezapomeňte diskutovat jejich schopnost potlačit poruchový signál.

Úlohy:

5. Navrhněte a odzkoušejte dva vhodné typy dynamického zpětnovazebního regulátoru od výstupu (lead, lag, lead-lag, P, PI, PD, PID), každý navržen dvěma různými metodami. Alespoň jeden regulátor musí mít nulovou odchylku v ustáleném stavu. Požadavky na regulaci vhodně zvolte. [hodnocení 30 %]
6. Navrhněte a odzkoušejte vhodný stavový zpětnovazební regulátor využívající úplného pozorovatele stavu. Požadavky na regulaci vhodně zvolte. Experiment nastavte tak, aby odchylka od referenčního signálu v ustáleném stavu byla nulová. [hodnocení 20 %]