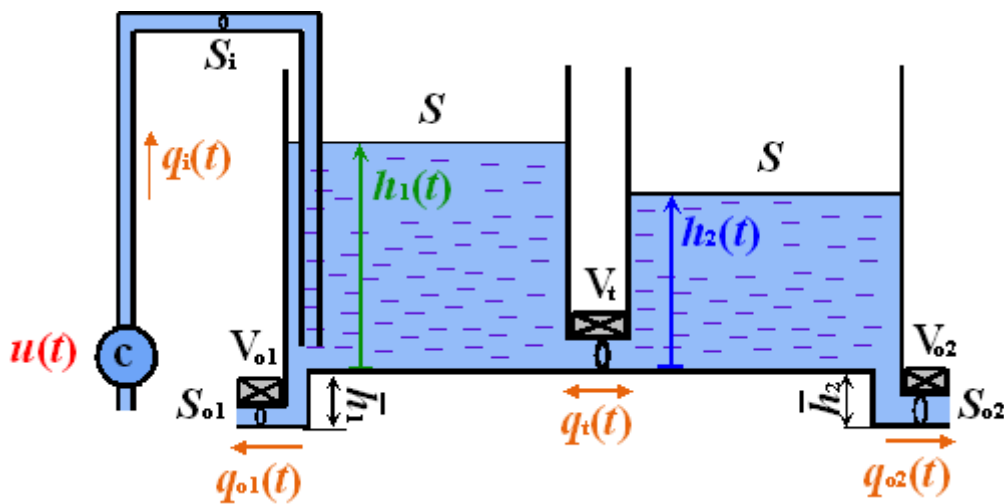


Automatické řízení – simulační úloha

DVOUVÁLCOVÁ VODÁRNA SE ZUBOVÝM ČERPADLEM

Principiální schéma modelu nacházejícího se v laboratoři K26 je na obr. 1.



Obr. 1 – Dvouválcová vodárna se zubovým čerpadlem

Jedná se o nelineární stabilní systém se čtyřmi vstupy

- napětí na zubovém čerpadle u [V] (akční veličina),
- míra otevření v_{o1} [–] ventilu V_{o1} (poruchová veličina), 0 – uzavřen, 1 – plně otevřen
- míra otevření v_t [–] ventilu V_t (poruchová veličina), 0 – uzavřen, 1 – plně otevřen
- míra otevření v_{o2} [–] ventilu V_{o2} (poruchová veličina), 0 – uzavřen, 1 – plně otevřen

a třemi výstupy

- průtok kapaliny za čerpadlem q_i [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] (při měření nepoužíváme z důvodu ne příliš přesného měření),
- 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 jednak odtéká zpět do zásobníku přes ventil V_{o1} , jednak přetéká do druhé (pravé nádrže) přes ventil V_t . Z druhé (pravé nádrže) voda odtéká zpět do zásobníku přes ventil V_{o2} .

Modelování

Za předpokladu zanedbatelné dynamiky zubového 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:

$$\begin{aligned} S\dot{h}_1(t) &= k_c u(t) - v_t S_t \operatorname{sgn}(h_1(t) - h_2(t)) \sqrt{2g|h_1(t) - h_2(t)|} - v_{o1} S_{o1} \sqrt{2g(h_1(t) + \bar{h}_1)} \\ S\dot{h}_2(t) &= v_t S_t \operatorname{sgn}(h_1(t) - h_2(t)) \sqrt{2g|h_1(t) - h_2(t)|} - v_{o2} S_{o2} \sqrt{2g(h_2(t) + \bar{h}_2)} \end{aligned}$$

kde S , S_{o1} , S_{o2} a S_t [m^2] je po řadě průřez obou válců, ventilu V_{o1} , V_{o2} a V_t , k_c [$\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{V}^{-1}$] je konstanta čerpadla, g [m s^{-2}] je gravitační zrychlení.

Motor 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 zubovém 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. 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 navržený dvěma 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 %]