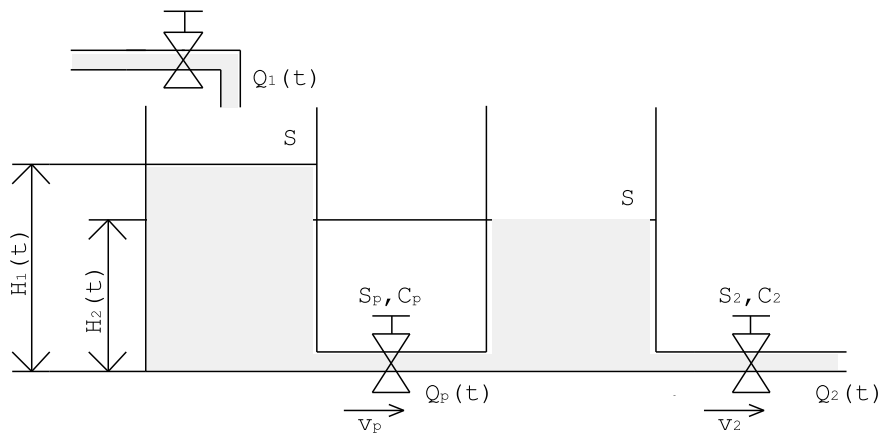


# Automatické řízení - zadání referátu



## I. Model neurčitosti

- Při konstantním přítoku  $Q_{10} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  vypočítejte potřebné nastavení přepouštěcího ventilu  $S_p$  a výtokového ventilu  $S_2$  tak, aby výšky hladin v nádobách při ustáleném stavu byly  $H_{10} = 0.6 \text{ m}$  a  $H_{20} = 0.4 \text{ m}$  (tzv. pracovní bod). Hodnoty známých parametrů:  $S = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  (plocha dna nádob),  $c_p = c_2 = 0.6$ .
  - Určete linearizovaný stavový model v daném pracovním bodě a v pracovním bodě, který by odpovídal 20% zvýšení přítoku  $Q_{10}$ .
    - Nastavení přepouštěcích ventilů  $S_p$  a  $S_2$  zůstane stejné, se zvyšujícím se přítokem  $Q_1$  se mění výšky hladin  $H_1$  a  $H_2$ .
    - Spolu se zvyšujícím se přítokem  $Q_1$  se mění nastavení ventilů  $S_p$  a  $S_2$  tak, aby výška hladin zůstala konstantní, tedy  $H_1(t) = H_{10}$ ,  $H_2(t) = H_{20}$ .
  - Určete přenos systému  $Q_1(t) \rightarrow H_2(t)$  v závislosti na výšce hladiny  $H_1$  a  $H_2$  (případ 2A) či nastavení ventilu  $S_p, S_2$  (případ 2B). Znázorněte pro oba případy v komplexní rovině neurčitost přenosu za předpokladu, že skutečný pracovní bod je libovolně mezi původním pracovním bodem a pracovním bodem při 20 % zvýšeném přítoku.
    - Určete numericky skutečnou neurčitost danou intervalem pro výšky hladin  $H_1$ ,  $H_2$  (resp.  $S_p$ ,  $S_2$ ) a přítok  $Q_1$ .
    - Definujte model neurčitosti pomocí vhodně zvoleného modelu perturbací, nominálního modelu  $P_0$  a váhové funkce  $W(s)$  tak, aby velikost neurčitosti byla minimální a přesto pokrývala skutečnou neurčitost získanou v bodě (b).
- Pro zobrazení neurčitosti použijte 10 frekvencí  $\omega_1, \dots, \omega_{10}$ , které pokryjí fázové zpoždění  $(0, \pi)$  fázové frekvenční charakteristiky procesu.
- Porovnejte velikosti obou neurčitostí (2A a 2B).

## II. Návrh regulátoru

Dále předpokládejte, že přítok  $Q_1(t)$  je realizován vodním čerpadlem, které je poháněno stejnosměrným motorem. Chování čerpadla budeme pro jednoduchost aproximovat systémem prvního řádu s časovou konstantou  $T = 0.5\text{s}$  a statickým zesílením  $K_s = Q_{10}$ . Dále uvažujme PI regulátor, který řídí napětí na kotvě motoru čerpadla s cílem řídit výšku hladiny  $H_2$ . Rovněž předpokládejme, že všechny externí signály regulační smyčky jsou rozumně malé, takže systém není příliš vychýlen ze svého pracovního bodu a může být považován za lineární.

1. Navrhnete parametry PI regulátoru s přenosem  $C(s) = K(1 + \frac{1}{T_i s})$  tak, aby byly splněny následující návrhové požadavky pro všechny systémy z modelu neurčitosti získaného v bodě 3(b) pro 2A (mění se výška hladin), tedy pro libovolný pracovní bod, který se nachází mezi původním pracovním bodem a pracovním bodem při zvýšeném přítoku.
  - (a) Vnitřní stabilita uzavřené smyčky – ověřte analyticky i graficky (Nyquistovo kritérium).
  - (b) Robustnost ve stabilitě – maximální hodnota amplitudy citlivostní funkce  $S(j\omega)$  je  $M_S < 2$ .
  - (c) Předpokládejte, že díky dalším nepřesnostem, šumům a nelinearitám je dostupná šířka pásma omezená na  $\Omega_a = 10$  [rad/s]. Útlum komplementární citlivostní funkce  $T(j\omega)$  na frekvenci  $\Omega_a$  musí být alespoň -10 dB.
  - (d) Zajistěte, aby energie libovolného šumu měření  $n(t)$  nebyla zesílena více než 1.5 krát.
2. Předpokládejte, že měření, tedy senzor hladiny  $H_2$ , je zatíženo harmonickým šumem  $n(t)$  s frekvencí 50Hz a výstup soustavy omezenou harmonickou poruchou  $d(t)$  s frekvencí 0.1Hz. Ověřte, zda žádný z těchto signálů není na výstupu systému (tedy  $H_2(t)$ ) smyčkou s navrženým PI regulátorem zesílen.
3. Předpokládejte, že je systém v rovnovážném stavu a  $e(t) = 0$ . Na vstup řízené soustavy začne působit porucha  $d_i$  s omezenou energií  $\|d_i\|_2 < 1$ . Určete k jakému maximálnímu kolísání hladiny  $H_2$  od požadovaného stavu může dojít.
4. Určete signály  $n(t)$  a  $d(t)$ , kde  $\|n(t)\|_\infty < 1$ ,  $\|d(t)\|_\infty < 1$ , které jsou zpětnovazební smyčkou nejvíce zesíleny ve smyslu
  - (a) maximální hodnoty signálu,
  - (b) energie signálu.

Určete hodnoty těchto zesílení.

*Poznámka:* K řešení využijte libovolné prostředky Matlabu/Simulinku, Robust Control Toolbox, Symbolic Toolbox, webový applet "PID Control Laboratory".