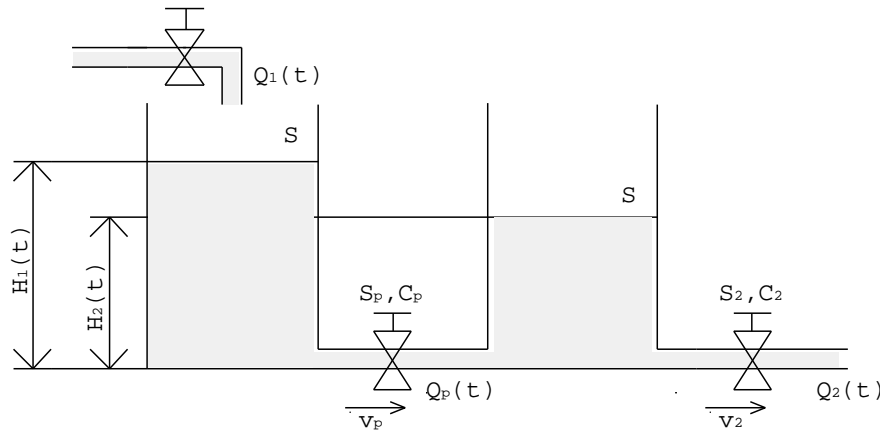


LINEÁRNÍ SYSTÉMY 1 - ZADÁNÍ REFERÁTU

1. Určete stavový popis spojitých nádob s řízeným přítokem kapaliny do 1. nádoby a s volným odtokem kapaliny z 2. nádoby (nelineární model systému).



- (a) Při konstantním přítoku $Q_{10} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vypočtěte potřebné nastavení přepouštěcího ventilu S_p a výtokového ventilu S_2 tak, aby výšky hladin v nádobách při ustáleném stavu byly $H_{10} = \text{ m}$ a $H_{20} = \text{ m}$ (tzv. pracovní bod). Hodnoty známých parametrů: $S = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ (plocha dna nádob), $c_p = c_2 = 0.6$
- (b) Určete linearizovaný stavový model v daném pracovním bodě a v pracovním bodě, který by odpovídal 20% zvýšení přítoku Q_{10} .
- (c) Simulujte chování nelineárního modelu a linearizovaných modelů pro různé hodnoty konstantního vstupu (přítoku Q_{10}) a snažte se o porovnání chování nelineárního a linearizovaných modelů v okolí pracovního bodu. Považujte výšky hladin $y_1(t) = H_1(t)$, $y_2(t) = H_2(t)$ za výstupní veličiny a zakreslete statické a přechodové charakteristiky nelineárního a linearizovaných modelů, přičemž se snažte o porovnání charakteristik vždy v rámci jednoho grafu.
- (d) Určete oba přenosy $F_1(p) = \frac{Y_1(p)}{Q_1(p)}$ a $F_2(p) = \frac{Y_2(p)}{Q_1(p)}$, stanovte jejich nuly, póly, časové konstanty a statické zesílení. Přenos $F_2(p)$ rozložte na parciální zlomky a vypočtěte impulsní a přechodovou funkci a porovnejte je s experimentálně naměřenými křivkami.
- (e) K přenosu $F_2(p)$ linearizovaného systému určete stavovou reprezentaci ve Frobeniově a Jordanově tvaru. Simulací ověřte jejich ekvivalenci ve smyslu stejného vstupně-výstupního chování. Analyzujte stabilitu, říditelnost a pozorovatelnost linearizovaného systému a jeho ekvivalentních stavových reprezentací.

2. Uvažujte první linearizovaný model systému a předpokládejte, že přítok vody $Q_1(t)$ do nádob bude realizovat vodní čerpadlo, poháněné stejnosměrným el. motorem. Chování čerpadla s motorem budeme pro jednoduchost aproximovat chováním aperiodického členu 1.řádu s časovou konstantou $T = 0.5\text{s}$ a se statickým zesílením $K_s = Q_{10}$.

- (a) Určete stavový model celé soustavy a přenosové funkce od napětí na kotvě stejnosměrného el. motoru $u(t) = U_K(t)$ na jednotlivé výšky hladin $y_1(t) = H_1(t)$, $y_2(t) = H_2(t)$. Při jeho odvození vycházejte ze stavového modelu samotných nádobek.
- (b) V dalším se budeme zabývat problémem řízení výšky hladiny $H_2(t)$ na požadovanou konstantní hodnotu $H_{2z} = \text{konst}$ pomocí PI regulátoru, který bude připojen k dané soustavě a jehož přenos má tvar

$$F_{reg}(p) = \frac{U_k(p)}{E(p)} = K \left(1 + \frac{1}{T_i p}\right),$$

kde $E(p)$ je obraz regulační odchylky: $E(p) = H_{2z}(p) - H_2(p)$.

- (c) Na základě experimentů nastavte parametry PI regulátoru K a T_I tak, aby uzavřený systém byl stabilní. Stabilitu ověřte podle Hurwitzova a Nyquistova kritéria stability. Porovnejte výstup regulované a neregulované soustavy a zakreslete také výstup regulátoru.
 - Využitím SIMULINKU identifikujte 4 různé body frekvenční charakteristiky otevřené regulační smyčky při vhodně zvolených frekvencích a srovnajte s Nyquistovou křivkou.
 - Zakreslete Bodeho charakteristiky a určete bezpečnost v zesílení, ve fázi a ve stabilitě.
 - Zakreslete přechodovou charakteristiku uzavřeného systému a zhodnot'te charakter přechodového děje.
- (d) Určete experimentálně přibližnou hodnotu zesílení K , při které dojde v uzavřeném regulačním obvodu k netlumenému kmitání ($K = K_{\text{krit.}}$ - kritické zesílení).
 - Zakreslete rozložení nul a pólů otevřeného a uzavřeného regulačního obvodu pro tuto hodnotu K .
 - Zakreslete pro tuto situaci opět Bodeho charakteristiky!
- (e) Použijte metodu GMK pro odvození parametrů PI regulátoru na základě vhodného umístění pólů uzavřené smyčky. Z tvaru GMK pro daný model systému odvoďte vhodné umístění nuly zavedené PI regulátorem v kombinaci se zesílením v otevřené smyčce. Porovnejte výsledky s regulátorem naladěným experimentálně v předchozím úkolu.
- (f) Uvažujte nyní případ, že řízený systém bude obsahovat jisté dopravní zpoždění. Pro vybrané nastavení parametrů PI regulátoru určete velikost dopravního zpoždění, při kterém by se uzavřený regulační obvod dostal právě na mez asymptotické stability.