České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra řídicí techniky

Systémy a řízení

VODÁRNY V1 - V4

Řízení laboratorního modelu

1 Zadání

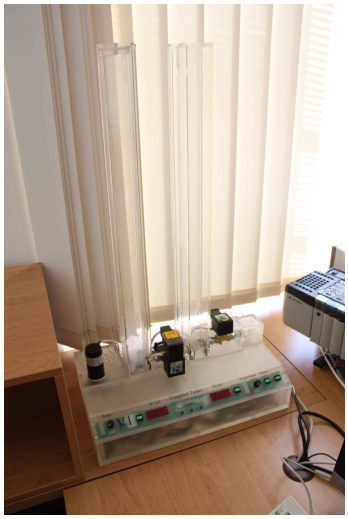
Laboratorní modely Vodárny V1 - V4 (obr. 1) představují systémy řízení výšky hladiny ve spojených nádržích s uzavřeným cyklem. Více se o těchto modelech dozvíte na stránkách Laboratoře K23 [1].

Cílem této úlohy je řídit výšku hladiny v pravém válci změnou čerpání vody do levého válce.

POZOR Z důvodu zašumění měřených hladin jsou v simulinkovém prostředí Matlabu za výstupy senzorů výšek hladin umístěny Butterworthovy filtry druhého řádu se zlomovou frekvencí 2 $\mathrm{rad\,s^{-1}}$ s přenosem

$$G_{\mathrm{f}}(s) = \frac{4}{s^2 + 2{,}82\,s + 4}\ ,$$

které představují další zpoždění systému. Nezapomeňte tyto filtry přidat do svých modelů!



Obrázek 1: Vodárna V1

Požadavky na řízení:

1. Navrhněte a odzkoušejte vhodné typy realizovatelných regulátorů pro obě následující podmínky:
   - je povolena odchylka do 5% v ustáleném stavu na skok řídicí veličiny,
   - je požadována nulová regulační odchylka v ustáleném stavu na skok řídicí veličiny.
2. Navrhněte regulátor vždy tak, aby doba regulace pro pásmo ± 5% byla co nejkratší při maximálním povoleném překmitu 30%.

Metody návrhu řízení:

Návrh regulátorů proveďte (vyberte a vyzkoušejte různé typy regulátorů):

1. Empirickými metodami:
   - „ručně“ metodou cyklické optimalizace konstant regulátoru
   - podle Zieglera-Nicholse
2. Frekvenčními metodami:
   - pomocí kompenzací lead, lag a lead-lag
   - regulátory typu P, PI, PD a PID
3. Metodou umístění pólů uzavřené regulační smyčky:
   - pomocí geometrického místa kořenů
   - výpočtem polohy dominantních pólů

Návrh proveďte jak pro ideální varianty PID regulátoru, tak i pro jeho realizovatelnou podobu, která má omezen zisk derivační složky na vyšších frekvencích na hodnotu $k_P N$:

$$k_D s \rightarrow \frac{k_D s}{\frac{k_D}{k_P N} s + 1}$$

Filtr při návrhu aplikujte na celý přenos regulátoru, i když při realizaci jím bude ovlivněna pouze derivační složka.

Doporučený postup:

1. Ověřte jednoduchým experimentem přenos systému ve zvoleném pracovním bodě.
2. Nejprve navrhněte všechny požadované regulátory jako ideální a pak teprve přidejte filtraci v případě, kdy je nutná. Nezapomeňte na dodržení vzorkovacího teorému pro filtr.
3. Odzkoušejte regulátory na nelineárním modelu v Simulinku na skok řídicí veličiny z nuly do pracovního bodu a v pracovním bodě při změně žádané hodnoty o 10%. Ověřte též na lineárním modelu v Simulinku. Uvažujte přitom omezení akčních veličin a případně použijte antiwindup, pokud je potřeba.
4. Pro jeden zvolený regulátor vyzkoušejte na laboratorním modelu regulaci z prázdných nádob do pracovního bodu. Dále vyzkoušejte dva nejvhodnější regulátory pro velikost odchylky podle Požadavků na řízení (tj. celkem 4 regulátory) v okolí pracovního bodu (vyzkoušejte skok žádané hodnoty v obou směrech).

Zpracování výsledků:

1. Prezentujte ověření platnosti přenosu systému. **1 bod**
2. Pro každý navržený regulátor do tabulky přehledně zaznamenejte: typ regulátoru, konstanty regulátoru, fázovou a amplitudovou bezpečnost, velikost překmitu přechodové charakteristiky, ustálenou regulační odchylku odezvy na skokovou změnu požadované hodnoty, dobu regulace pro pásmo regulace ± 5 % od ustálené hodnoty při uvažování omezení akčních veličin. **5 bodů**
3. Zvolte si dva typy regulátorů s nulovou regulační odchylkou na skok řídicí veličiny, které jste nastavili třemi různými metodami (tj. celkem 6 regulátorů). Přechodové charakteristiky těchto regulačních obvodů zobrazte do jednoho grafu a popište je, do jednoho grafu také vykreslete frekvenční charakteristiky uzavřené smyčky a polohy pólů uzavřené smyčky. Diskutujte rozdíly v kvalitě regulace v souvislosti s použitým typem regulátoru a metodou návrhu. **2 body**
4. Pro velikost odchylky podle Požadavků na řízení vyberte vždy jeden regulátor, který se nejlépe choval na fyzikálním modelu, a porovnejte v jednom obrázku jeho naměřenou přechodovou charakteristiku se simulovanou na lineárním i nelineárním modelu. **5 bodů**
5. Porovnejte kvalitu a čas regulace z prázdných nádob do pracovního bodu oproti regulaci v lineárním rozsahu. **2 body**

Jestliže se nepodařilo některý typ regulátoru navrhnout nebo splnit některý z požadavků, zdůvodněte to.

Formální zpracování a prezentace:

Pokyny a požadavky na formální zpracování výsledků (**5 bodů**) a tvorbu prezentace (**2 body**) jsou uvedeny na webových stránkách předmětu na [2]. Za odevzdání laboratorní zprávy v angličtině můžete získat až **4 body** navíc. Pokud je to možné, vynášejte do grafů veličiny ve skutečných jednotkách (např. volty, centimetry apod.).

Reference

[1] CHARVÁT, David; PILNÝ, Michal. *Webové stránky Laboratoře Allen - Bradley (K23)* [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z WWW: ⟨http://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/index.php/Laboratoř_Allen-Bradley⟩

[2] Katedra řídicí techniky. *Stránky předmětů Katedry řídicí techniky FEL ČVUT : Moodle* [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z WWW: ⟨http://support.dce.felk.cvut.cz/e-kurzy/⟩.