

Systémy a modely

VODÁRNY V1 - V4

Identifikace 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 identifikovat laboratorní model (získat nelineární matematický model včetně jeho konstant a provést linearizaci tohoto modelu ve zvoleném pracovním bodě) a porovnat nalezený model s laboratorním modelem. Matematický model hledáme proto, abychom pomocí něho mohli navrhnout regulátor pro laboratorní model.

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 rad s^{-1} s přenosem

$$G_f(s) = \frac{4}{s^2 + 2,82 s + 4} ,$$

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

Úkoly:

1. *Matematický model laboratorního modelu*

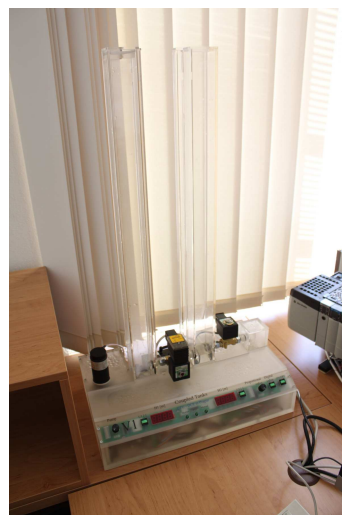
3 body

Před prvním laboratorním cvičením odvodte matematický model laboratorního modelu na základě popisu na stránkách [1]. Pro tento popis systém uvažujte jako MIMO, kde vstupní vektor $\mathbf{u}^T = [u_1 \ u_2]$, výstupní vektor $\mathbf{y}^T = [y_1 \ y_2] = [h_1 \ h_2]$ a stavový $\mathbf{x}^T = [x_1 \ x_2] = [h_1 \ h_2]$.

2. *Seznámení s modelem a statické charakteristiky*

3 body

Seznamte se s připojením a ovládáním laboratorního modelu: ručním pomocí čelního



Obrázek 1: Vodárna V1

panelu a počítačovým s využitím připraveného Simulinkového ovládacího modelu, který naleznete na stránkách [1] nebo na disku v adresáři `X:\vyuka\tar\SAM\lab\V1_V2_V3_V4`. V tomto souboru je přednastaveno, že se data z bločku `Scope` přehrávají do pracovního prostoru Matlabu do proměnné `ty`, kterou můžete po skončení měření uložit příkazem `save nazev_experimentu ty` do souboru pro pozdější zpracování. Tlakové senzory pro měření výšek hladin jsou z výroby kalibrovány v metrech, takže bezrozměrné výšky hladin $H_1 [-]$ a $H_2 [-]$ v Matlabu přímo odpovídají výškám hladin v metrech.

Z hlediska modelování je vhodné určovat výšky hladin v nádržích od dna trubek ventilů, které jsou ve stejné výši. Takže podle schema bude platit, že $h_1 = H_1 - h_{1off}$. Je tedy nutné změřit senzorem výšky h_{1off} a h_{2off} dna trubek ventilů.

Změřte statickou charakteristiku $u_1 [-] \rightarrow h_1 [m]$ pro čerpadlo včetně případného mrtvého pásma a hystereze jak pro čerpání, tak i upouštění vody nejméně pro 10 hodnot napětí. Postup měření si zvolte sami. Nezapomeňte, že čerpadlo musí kromě měřené výšky h_1 ještě překonat rozdíl h_{1V} mezi hladinou v zásobníku a výškou dna trubky ventilu. Pro běžné měření považujte výšku hladiny v zásobníku za konstantní.

Z naměřených hodnot určete rozdíl hladin mezi hladinou v zásobníku a výškou dna trubky ventilu h_{1V} , offsetové napětí čerpadla u_{off} a zesílení čerpadla k_1 .

3. Redukce matematického modelu 3 body

Na laboratorní měření si připravte redukovaný tvar nelineárního stavového modelu systému do tvaru SISO podle skutečnosti a výše uvedených doporučení. Připravte si nelineární simulinkové schéma systému s úplným nelineárním modelem chování čerpadla (tj. modelem při zavřených ventilech). Proved'te obecně linearizaci celkového systému pro obecný pracovní bod a určete stavové matice \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , \mathbf{D} lineárního systému.

4. Měření přechodových charakteristik 3 body

Změřte přechodovou charakteristiku (ve velkém) nelineárního systému z prázdných nádrží. Pro měření použijte příslušný simulinkový model `Vx.mdl`, kde je již přednastaveno vhodné vstupní napětí pro model. Nechte systém dobře ustálit - výška hladiny v levém tanku by měla dosahovat maximálně 50 % celkové výšky nádrže a v pravém by neměla klesnout pod 10 % jeho celkové výšky. Z ustáleného stavu změřte zvýšením vstupního napětí maximálně o 10 % přechodovou charakteristiku v malém. Po ustálení změřte stejným způsobem další charakteristiku pro zvýšení vstupu o stejnou hodnotu a na závěr ještě jednou pro snížení. Z nejméně čtyř rovnovážných stavů určete a zanešte do tabulky hodnoty neznámých konstant ventilů k_P a k_D pro příslušné hodnoty vstupního napětí a výšky hladin.

5. Nelineární a lineární model 3 body

Změřené parametry použijte pro vytvoření dvou nelineárních stavových popisů - jeden ve fyzikálních veličinách, tj. vstupní napětí [V] a výška hladin [m], druhý pak bezrozměrný

ve strojových jednotkách RT Toolboxu Matlabu. Na připraveném simulinkovém modelu proveďte simulaci systému pro oba popisy a porovnejte s naměřenými hodnotami v jednom grafu. Dále již pracujte pouze s bezrozměrnými modely.

Pro dva rovnovážné stavy získané v předchozím bodě proveďte linearizaci systému dosazením do připravených rovnic a napište jejich přírůstkové stavové rovnice. Porovnejte odezvu linearizovaného systému na stejný skok vstupního napětí s příslušnou odezvou fyzikálního modelu. Nezapomeňte z důvodu porovnání umístit odchylkový linearizovaný model do požadovaného pracovního bodu.

6. *Identifikace z přechodových charakteristik v malém, přenos* **2 body**

Ze dvou přechodových charakteristik v malém odečtěte pomocí doby průtahu a náběhu náhradní přenosy systému a porovnejte je se získanými přenosy z lineárních modelů. Srovnání proveďte též graficky s původním systémem. Zobraďte frekvenční charakteristiku systému v logaritmických souřadnicích. Jakou byste nyní volili frekvenci vzorkování?

7. *Protokol o identifikaci laboratorního modelu* **5 bodů**

Do vašeho sešitu vlepte toto zadání a pište si do něj podrobné poznámky o měření. Vypracujte protokol o této identifikaci dle požadavků na [2].

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/>.