

VODÁRNA V5

Identifikace laboratorního modelu

1 Zadání

Laboratorní model Vodárna V5 obr. 1 představuje systém řízení výšky hladiny ve spojených nádržích s uzavřeným cyklem. Více se o tomto modelu dozvíte na stránkách Laboratoře K23 [1].

Cíl 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 $0,2 \text{ rad s}^{-1}$, které představují další zpoždění systému. Nezapomeňte tyto filtry přidat do svých modelů!

Úkoly:

1. *Matematický model laboratorního modelu*

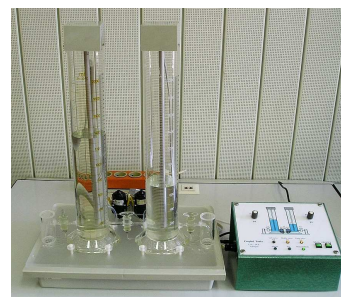
3 body

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 $\mathbf{u}^T = [u_1 \ u_2 \ u_3 \ u_4 \ u_5] = [u_1 \ u_2 \ u_{V1} \ u_{V2} \ u_{V3}]$, výstupní vektor $\mathbf{y}^T = [y_1 \ y_2] = [h_1 \ h_2]$ a stavový $\mathbf{x}^T = [x_1 \ x_2] = [h_1 \ h_2]$. Na jeho základě sestavte model v Simulinku, vhodně zvolte konstanty a ověřte, že se model chová rozumně dle fyzikálních předpokladů.

2. *Seznámení s modelem a statické charakteristiky*

3 body

Seznamte se s připojením a ovládáním laboratorního modelu s využitím připraveného Simulinkového ovládacího modelu, který naleznete na stránkách [1] nebo na disku v adresáři X:\vyuka\tar\SAM\lab\V5. V tomto souboru je přednastaveno, že se data z bločku



Obrázek 1: Vodárna V5

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.

Proveďte kalibraci snímačů výšky hladiny, které považujeme za přibližně lineární. Před měřením se doporučuje pro lepší opakovatelnost napustit a vypustit nádrže do výšky několik cm nad předpokládaný pracovní bod.

Změřte statickou převodní charakteristiku $u_1 [-] \rightarrow h_1 [m]$ včetně pásma necitlivosti a hystereze nejméně pro 20 hodnot napětí. Postup měření si zvolte. Určete konstantu čerpadla k_1 pro lineární oblast a její fyzikální rozměr.

3. *Redukce matematického modelu* **3 body**

Na laboratorní měření si připravte redukováný 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). Proveďte obecně linearizaci celkového systému pro obecný pracovní bod a určete stavové matice A , B , C , 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 `V5.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 cca o 5 % 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 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 odchylový linearizovaný model do požadovaného pracovního bodu.

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

Ze dvou přechodových charakteristik v malém odečtete 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 vlepěte 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/>.