

# VODNÍ ELETRÁRNA E1

Identifikace laboratorního modelu

## 1 Zadání

Laboratorní model Vodní elektrárna E1 obr. 1 představuje systém s výrazným a proměnným dopravním zpožděním. Více se o tomto modelu 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 v nějakém pracovním bodě) a porovnat získaný model s laboratorním modelem. Matematický model hledáme proto, abychom pomocí něho mohli navrhnout regulátor pro laboratorní model.



Obrázek 1: Vodní elektrárna E1

**Úkoly:**

1. *Matematický model laboratorního modelu* **3 body**

Před prvním laboratorním cvičením odvoďte matematický model laboratorního modelu na základě popisu na stránkách [1]. Pro tento popis systém uvažujte jako MIMO, kde vstupní vektor jsou napětí pro řízení ventilů a napětí čerpadla  $\mathbf{u}^T = [u_0 \ u_1 \ u_2 \ u_3 \ u_4]$ , výstupní vektor  $\mathbf{y}^T = [y_1 \ y_2] = [h \ u_t]$  a stavový  $\mathbf{x}^T = [x_1 \ x_2] = [h \ u_t]$ . 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]. 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.

Tlakový snímač výšky hladiny v horní nádrži je z výroby kalibrován v metrech, tudíž bezrozměrná výška  $h [-]$  v Matlabu odpovídá výšce v metrech. Jedině je třeba ověřit a korigovat jeho offset taky, aby výška byla měřena od dna trubek ventilů.

Změřte statickou převodní charakteristiku čerpadla v závislosti na výšce hladiny horní nádrže  $u_0 [-] \rightarrow h [m]$  včetně pásma necitlivosti a hystereze nejméně pro 10 hodnot napětí. Postup měření si zvolte. Nezapomeňte, že čerpadlo musí kromě měřené výšky  $h$  ještě překonat výškový rozdíl  $h_n = 1,35$  m mezi úrovní hladiny v dolní nádrži a dnem trubek ventilů v horní nádrži (tj. přibližně 30 mm). Určete konstantu čerpadla  $k_1$  pro lineární oblast a její fyzikální rozměr.

Stanovte dopravní zpoždění pro modrý a bílý přivaděč v závislosti na rychlosti vtékající kapaliny z horní nádrže, tj. na výšce  $h$  vody v horní nádrži. Nastavte napětí na čerpadle na zadanou hodnotu a až se hladina ustálí, tak otevřete příslušné ventily.
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). Proveďte 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**

Zjistěte dynamické vlastnosti hladiny z přechodových charakteristik. Zjistěte vlastní dynamiku soustrojí turbínka - tachodynamo. Nejprve nechte ustálit hladinu na konstantní hodnotu. Pak otevřete jeden ventil a nechte opět hladinu ustálit. Po ustálení hladiny

otevřete druhý ventil (dojde k mírnému poklesu hladiny).

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 v [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 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 vlepте 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](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/>.