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

Systémy a modely

S4 – SERVO DR300 – AMIRA

Jirka Roubal roubalj@control.felk.cvut.cz

31.5. 2009

1 Úvod

Cílem této práce je provést identifikaci (získat model) servomechanismu DR300-AMIRA, který se nachází v laboratoři teorie řízení K26 katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze. Na základě tohoto modelu budeme moci navrhovat v pozdějších předmětech regulátory pro tento systém. Podrobné zadání této práce je možné nalézt na internetových stránkách [3].

V kapitole 2 je uveden teoretický stavový a přenosový popis odvozený ze zadaných rovnic [3]. V kapitole 3 jsou znázorněny statické převodní charakteristiky a v kapitole 4 je provedena identifikace dynamického modelu systému z přechodové charakteristiky.

2 Stavový a přenosový model motoru

V této kapitole uvedeme pouze výsledný stavový a přenosový popis stejnosměrného motoru s cizím buzením, který jsme odvodili v pracovním sešitě na základě rovnic ze zadání [3]. Stavový popis je

$$\begin{aligned} \dot{\boldsymbol{x}}(t) &= \begin{bmatrix} . & . & 0 \\ . & . & 0 \\ 0 & . & 0 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t) + \begin{bmatrix} . & 0 \\ 0 & . \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \boldsymbol{u}(t) \\ \boldsymbol{y}(t) &= \begin{bmatrix} . & 0 & 0 \\ 0 & . & 0 \\ 0 & 0 & . \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \boldsymbol{u}(t)\,, \end{aligned} \tag{1}$$

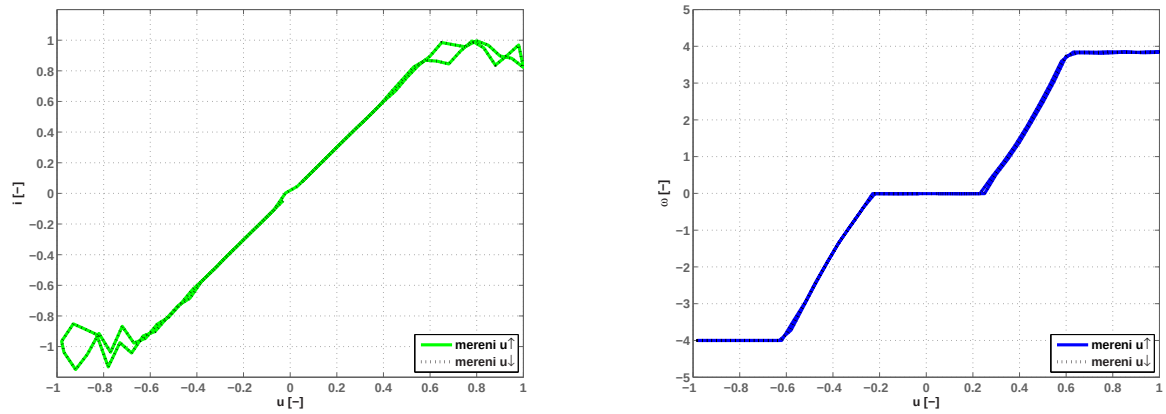
kde složky stavového vektoru $\boldsymbol{x}(t) = [i(t)\ \ \omega(t)\ \ \varphi(t)\,]^{\mathrm{T}}$ jsou proud motoru i, otáčky motoru ω a úhel natočení hřídele φ. Složky vstupního vektoru $\boldsymbol{u}(t) = [u(t)\ \ m_z(t)]^{\mathrm{T}}$ jsou vstupní napětí u a zatěžovací moment m_z. Výstupní vektor je $\boldsymbol{y}(t) = [i(t)\ \ \omega(t)\ \ \varphi(t)]^{\mathrm{T}}$. Význam jednotlivých

konstant včetně jejich rozměrů je popsán v zadání této práce [3]. Přenosová matice stavového popisu (1) je

$$\boldsymbol{G}(s) = \boldsymbol{C}\left(s\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A}\right)^{-1}\boldsymbol{B} + \boldsymbol{D} = \ldots . \tag{2}$$

3 Statické převodní charakteristiky

V této kapitole změříme převodní charakteristiky napětí-proud a napětí-otáčky. Převodní charakteristika napětí-proud $u \to i$ je na obr. 1(a). Na této charakteristice vidíme, že vztah mezi vstupním napětím motoru u a proudem motoru i je lineární pro rozsah napětí $u \in \langle -0{,}6;\ 0{,}6\rangle$. Převodní charakteristika napětí-otáčky $u \to \omega$ je na obr. 1(b). Na této charakteristice vidíme, že pásmo necitlivosti je zhruba $u \in \langle -0{,}26;\ 0{,}26\rangle$. Otáčky již nerostou pro napětí $|u| > 0{,}6$. Z obr. 1 je vidět, že hystereze je zanedbatelná. Z převodních charakteristik na obr. 1(a) a obr. 1(b) plyne „lineární pásmo“ ve kterém budeme provádět identifikační experimenty – identifikovat lineární dynamický model.



(a) napětí-proud $u \to i$

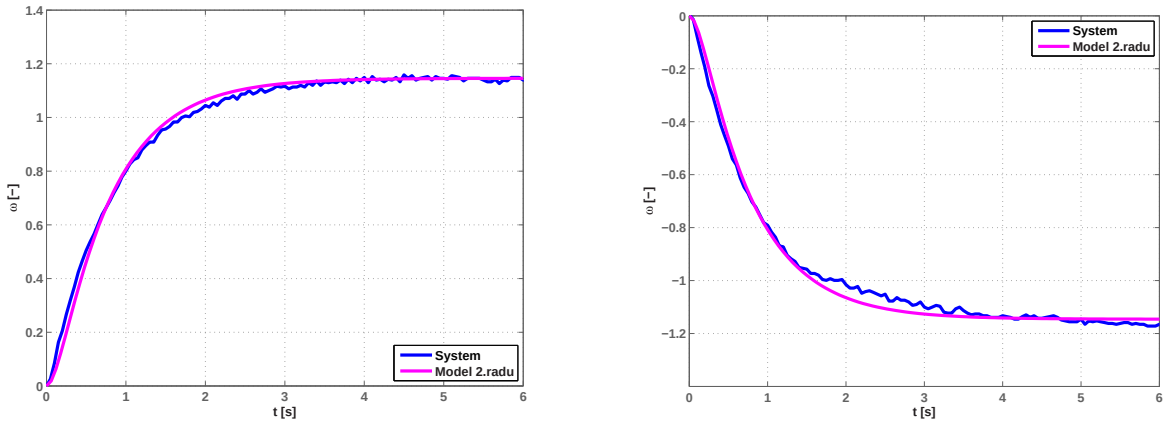
(b) napětí-otáčky $u \to \omega$

Obrázek 1: Statické převodní charakteristiky

4 Identifikace dynamického modelu

V této kapitole změříme přechodovou charakteristiku napětí-otáčky $u \to \omega$ pro skok vstupního napětí z $u = 0{,}44$ na $u = 0{,}5$. Poté vynásobíme tuto charakteristiku konstantou $1/0{,}06$ (obdržíme tak přechodovou charakteristiku úměrnou vstupnímu jednotkovému skoku [2]) a pomocí vztahů v [1] určíme model systému

$$G_{\mathrm{u}\omega}(s) = \frac{1{,}14}{(0{,}7007s + 1)(0{,}1310s + 1)}\,. \tag{3}$$



(a) pro kladný skok napětí

(b) pro záporný skok napětí

Obrázek 2: Porovnání přechodových charakteristik systému $u \to \omega$ a jeho modelu v daném pracovním bodě

Na obr. 2(a) je porovnán model (3) s odezvou skutečného systému. Vidíme, že náš model je velmi dobrou aproximací reality. Na obr. 2(b) je porovnán model se systémem pro opačný směr otáčení. I zde je aproximace dobrá.

5 Závěr

V této práci jsme provedli identifikaci servomechanismu DR300-AMIRA. Nejprve jsme odvodili teoretický model stejnosměrného motoru s cizím buzením a ověřili jsme jeho chování simulacemi v Simulinku. Výsledky simulací nejsou v tomto dokumentu obsaženy (jde pouze o vzorový dokument).

Poté jsme provedli několik experimentů na systému, které vedly k získání dynamického modelu systému. Prvním krokem bylo změření statických převodních charakteristik viz obr. 1. Z nich jsme zjistili, že pásmo necitlivosti servomechanismu je zhruba $u \in \langle -0{,}26;\ 0{,}26 \rangle$ a že motor je v saturaci pro vstupní napětí $|u| \in 0{,}6$ (hystereze je zanedbatelná). Z převodních charakteristik je vidět oblast „lineárního chování“ servomechanismu.

Druhým krokem bylo změření přechodové charakteristiky a následné určení přenosu, který tento systém aproximuje. Tento přenos nám vyšel druhého řádu bez astatismu, což potvrdilo naše teoretické předpoklady. Na obr. 2 je vidět, že získaný model je velmi dobrou aproximací servomechanismu v daném pracovním bodě (v lineární oblasti) a jen o málo horší aproximací systému pro opačné otáčky. Přenos, popisující systém v lineární oblasti, je

$$G_{\mathrm{u}\omega}(s) = \frac{1{,}14}{(0{,}7007s + 1)(0{,}1310s + 1)}\,.$$

Při měření na systému jsme se setkali s problémem, že nám občas zatuhla komunikace počítače a systému takže jsme museli restartovat počítač. Dále jsme se střetli s neochotou cvičícího vysvětlit nám některé problémy, což bylo, podle našeho názoru, způsobeno jeho naprostou nepřipraveností na cvičení. Výsledky dalších bodů ze zadání již neuvádíme (vzorový dokument).

Reference

[1] Fenclová, M., Pech, Z. a Suková, M. *Teorie automatického řízení – návody ke cvičením.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993.

[2] Horáček, P. *Systémy a modely.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999.

[3] Roubal, J. Laboratoř teorie automatického řízení [online]. [cit. 2009-01-16], ⟨http://support.dce.felk.cvut.cz/lab26/⟩, 2009.

Poznámky

Tato práce je napsána jako vzorový referát pro předmět Systémy a modely a měla by sloužit pouze jako orientace pro napsání vaší zprávy (rovnice jsou neúplné, obrázky a konstanty neodpovídají skutečnému systému) – neměli byste ji opisovat!!! Všimněte si zejména stylu dokumentu: zarovnání textu na obou stranách, popisy obrázků, číslování rovnic, kapitol, seznamu literatury, odkazy na vztahy, obrázky a literaturu atd. Vzorový referát je napsán jak v publikačním systému LaTeX (popis instalace a návod jak tento publikační systém používat naleznete na adrese ⟨http://support.dce.felk.cvut.cz/pub/roubalj/teaching/latex⟩), tak v MicroSoft Word (bez záruky) pro porovnání obou způsobů.

Shrnutí formálních požadavků na referát

1) *Srovnání textu*:

   a) zarovnávejte text na obou stranách, vypadá to lépe;

   b) číslujte stránky;

   c) nevynechávejte volné půlstránky (čtvrtstránky), například pod obrázky;

   d) používejte odstavce v rozumné míře.

2) *Kapitoly*:

a) rozdělte referát přehledně do jednotlivých kapitol (případně podkapitol), například: zadání, popis problému, způsob vašeho řešení, matematické odvození, výsledky (grafy), závěrečné zhodnocení;

b) číslujte kapitoly a podkapitoly;

c) použijte rozumné vertikální mezery kolem nadpisů kapitol.

3) *Rovnice a matematika v textu*:

a) rovnejte rovnice na střed, nebo na nějaký, stále stejný, tabulátor;

b) číslujte rovnice, na které se odkazujete; číslování zarovnávejte zcela vpravo;

c) matematika v textu by měla být stejným stylem jako v rovnicích (většinou kurzívou).

4) *Obrázky a grafy*:

a) číslujte a vhodně popisujte obrázky (například místo popisu frekvenční charakteristika napište hlavně čeho je to frekvenční charakteristika, jakého přenosu);

b) popisy obrázků zarovnávejte na střed nebo na nějaký, stále stejný, tabulátor;

c) v grafech popisujte česky (ne anglicky v českém referátu) osy, přidejte legendy, vhodně zvolte tloušťku čar, nemíchejte dva neporovnatelné grafy (jablka, hrušky), apod.

5) *Tabulky*:

a) podobně jako obrázky; popis většinou nad tabulku.

6) *Literatura*:

a) používejte odkazy na literaturu, nemusíte tak vysvětlovat spoustu pojmů;

b) nadpis Literatura bývá obvykle bez čísla, podobně jako například poděkování.

Důraz klaďte na přehlednost, stručnost a ucelenost. Uvědomte si, že referát píšete pro někoho, kdo o vašem problému nemusí mít zdání! Popište tedy důkladně váš problém. Popište jak budete problém řešit a jaké očekáváte řešení. Nesnažte se zakrýt tyto věci množstvím vzorečků. Nejdůležitější kapitoly jsou úvod, kde je popsán problém a závěr, kde shrnete vaše výsledky. Porovnáte předpoklady se skutečností, vyhodnotíte všechny body zadání případně zdůvodníte proč jste některé body nevypracovali a navrhnete možné řešení.

Referát nesmí na první pohled vypadat odpudivě, ale naopak poutavě. Jinak by si ho nikdo nikdy nepřečetl a i učitel ho bude číst s předsudkem, že je to špatná práce! Práce by měla být i slohově pěkná. Dejte přečíst Váš referát někomu dalšímu a pokud on ho dobře pochopí, je to dobrý základ proto, aby byl dobře ohodnocen.