

Identifikace dynamického modelu mechanického tření

Tomáš Popule¹, Alois Krejčí²

1 Úvod

Tření vzniká na rozhraní mezi dvěma povrchy, které přicházejí do styku. Vyskytuje se tak ve všech mechanických systémech. Je též velmi důležité pro řídicí techniku, například při návrhu systémů pro řízení pohybu, CNC obrábění a v mnoha dalších aplikacích. Tření je silně nelineární a může tak negativně ovlivnit celý systém. Proto je nutné pochopit jevy tření a hlavně vědět, jak se s ním vypořádat. Mezi úspěšné metody kompenzace tření patří metoda založená na modelu tření. Tato metoda ovšem vyžaduje znalost modelu tření, proto je nutné se nejprve věnovat problematice samotného modelování tření a následně i identifikaci tohoto modelu.

2 Modelování tření

Tato problematika byla zpracována v Popule a Krejčí (2014). Pro naše účely vyšlo nejlépe použití dynamického modelu tření. Konkrétně byl vybrán LuGreho model, kde je třecí síla $F_a(t)$ dána pomocí vnitřního stavu z :

$$F_a(t) = \sigma_0 z(t) + \sigma_1 \frac{dz(t)}{dt} + \sigma_2 v(t). \quad (1)$$

Stav z je potom dán vztahem:

$$\frac{dz(t)}{dt} = v(t) - \frac{|v(t)|}{g(v(t))} z(t), \quad g(v(t)) = \frac{1}{\sigma_0} \{F_C + (F_S - F_C) e^{-(v(t)/v_s)^2}\}. \quad (2)$$

Tento model byl poprvé prezentován v de Wit et al. (1995). Jeho další popis je možné dále najít v de Wit a Astrom (2008) nebo v Popule a Krejčí (2014).

3 Základní přístupy k identifikaci modelu tření

V zásadě existují dva možné základní přístupy k identifikaci tření:

- Za prvé, identifikace všech parametrů modelu najednou pomocí jediného experimentu. Problém se formuluje jako nelineární optimalizace vhodně zvolené kriteriální funkce.
- Za druhé, identifikace parametrů se provádí ve více krocích. Vstupní signál je pak volen vždy s ohledem na to, aby co nejlépe vybudil právě identifikovanou skupinu parametrů.

4 Nově vyvinutá metoda

Prezentovaná metoda patří mezi více krokové a skládá se z následujícího postupu:

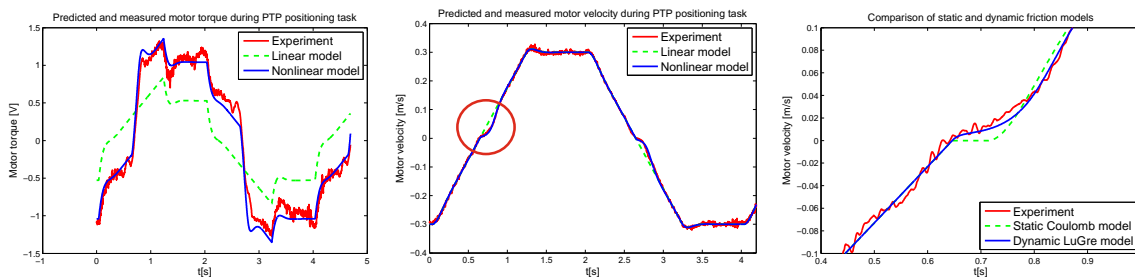
¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: popule@kky.zcu.cz

² studentka doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: krejcia@kky.zcu.cz

1. Identifikace statických parametrů $\Theta_s = [F_C, F_S, v_s, \sigma_2]$.
2. Pomocí rozmítaného sinusového signálu určení dynamiky lineárního systému (K_s, τ) na kterém jsou experimenty prováděny.
3. Určení nelineárních parametrů tření (σ_0, σ_1).

5 Získané výsledky

Na následujících grafech jsou zobrazeny získané výsledky. Na prvním grafu je zobrazeno porovnání naměřených a identifikovaných momentů motoru, a to identifikovaného dynamického modelu a lineárního systému bez uvažování tření. Na druhém grafu je uvedeno porovnání rychlostí jednotlivých modelů s naměřenými daty. Zde je podstatné, že dynamický model odpovídá realitě v oblasti kolem nulové rychlosti. Na posledním grafu je zobrazen detail kolem nulové rychlosti. Zde je provedeno porovnání naměřených dat s identifikovaným modelem a pro ilustraci i s modelem statickým. Je vidět, že dynamický model odpovídá realitě mnohem více.



(a) Naměřený a vypočítaný moment motoru. (b) Naměřená a vypočtená rychlost motoru. (c) Porovnání statického a dynamického modelu.

Obrázek 1: Validace modelu – porovnání naměřených a vypočtených dat.

6 Závěr

Prezentovaná metoda patří mezi víceřadové metody. Oproti standardním metodám jsou zde dva rozdíly. Za prvé, při identifikaci lineární části identifikovaného systému nedojde k zanedbání tření, ale k jeho aproximaci pomocí relé, což výrazně zlepšuje přesnost identifikovaného modelu. Za druhé, využívá se numericky jednodušší způsob identifikace dynamických parametrů σ rozdělením na lineární a nelineární závislé parametry. To celou proceduru značně zjednoduší. Z provedených experimentů je pak patrné, že identifikovaný model při validaci odpovídá naměřeným datům poměrně věrohodně.

Poděkování

Tato práce byla podpořena Technologickou agenturou ČR z projektu CIDAM TE02000103.

Literatura

- Popule, T., a Krejčí, A., 2014. Existing methods for modeling and compensation of mechanical friction. *Technical report, Západočeská univerzita v Plzni*.
- Canudas de Wit, C., Olsson, H., Astrom, K.J., a Lischinsky, P., 1995. A new model for control of system with friction. *IEEE Transactions on Automatic Control*.
- Canudas de Wit, C., a Astrom, K.J., 2008. Revisiting the luGre friction model. *IEEE Control Systems Magazine*.