



Akcelerační zpětná vazba pro řízení mechanicky poddajných systémů PI(D) regulátorem

Václav Helma¹, Martin Goubej²

1 Úvod

Práce se zabývá využitím akcelerační zpětné vazby od zátěže pružného mechanického systému k překonání fundamentálních omezení na kvalitu řízení, které se objevují, pokud je takový systém řízen standardním rychlostním PI regulátorem. Pro nalezení optimální strategie řízení byla použita H-nekonečno optimalizace pro regulátory s pevnou strukturou. Dále byla provedena kvalitativní i kvantitativní analýza možných výhod, které tento přístup může přinést, za předpokladu řízení ideálního dvoumotového pružného systému. V neposlední řadě bylo prozkoumáno jaký vliv na chování uzavřené smyčky má přítomnost vyšších kmitavých módů. Experimentální výsledky nakonec potvrdili možnost využití této metody pro řízení manipulátoru s pružným mechanickým ramenem.

2 Motivace

- V aplikacích řízení pohybu jako je robotika, CNC obrábění nebo mechatronika se často musíme zabývat problémem přesného polohování nějakého pracovního nástroje spojeného s pohonem skrz mechanické spojení, které může být obecně (mechanicky) poddajné. Jako důsledek této poddajnosti se mohou objevit nežádoucí kmity na straně zátěže (pracovního nástroje) buzené nesprávně generovaným akčním zásahem (řízením) nebo vstupní poruchou.
- V praxi se pro řízení pohonů často využívá kolokovaná zpětná vazba, která předpokládá měření pouze od veličin na straně motoru (pohonu), ať už se jedná o polohu nebo rychlost. Toto je i případ standardní rychlostní PI regulace nebo kaskádní polohové P-PI regulace.
- Nicméně, jak již bylo zmíněno, ve většině aplikací požadujeme přesné řízení polohy zátěže.
- Standardní PID regulátory proto nemusí vykazovat dostatečnou kvalitu řízení v uzavřené smyčce pro některé třídy pružných systémů.
- Jednou z možností jak tento problém překonat je zavedení dodatečné zpětné vazby od některé z veličin na straně zátěže (popř. motoru) za účelem zlepšení kvality polohování zátěže. K tomu mohou být v principu využity dva základní přístupy, viz sekce 3.

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

² školitel/odborný asistent

3 Dodatečné zpětné vazby

Derivační složka PID regulátoru (odhad zrychlení na straně motoru): Tento přístup vyžaduje dvojitou derivaci měření polohy, což může vést k výraznému zesílení vysoko-frekvenčního šumu měření (v případě inkrementálních snímačů se jedná o kvantizační šum). Dále je složité zajistit stabilitu uzavřené smyčky v případě, že jsou přítomny vyšší rezonanční módy nebo dopravní zpoždění. Některé kmitavé módy navíc na straně motoru nemusí být pozorovatelné. Tyto potíže činí často tento přístup v praxi nerealizovatelným.

Dodatečné zpětná vazba od některé z veličin na zátěži: Jedná se o jiný přístup, který předpokládá instalaci dodatečné instrumentace na stranu zátěže. Sensory, které se v takovém případě nejčastěji používají (momentové buňky, čidla polohy), jsou však poměrně drahé a navíc je není možné v některých aplikacích nasadit, protože jejich montáž na stranu zátěže řízeného mechanického systému může být obtížná nebo dokonce nemožná. Díky pokroku v oblasti MEMS senzorů se zdá být výhodným řešením *zavedení akcelerační zpětné vazby od zátěže realizované MEMS akcelerometrem* zejména kvůli malým rozměrům a nízké pořizovací ceně tohoto zařízení, které může být navíc poměrně snadno připevněno na v podstatě libovolnou část většiny mechanických systémů. S výhodou tedy tento přístup může být použit ve více aplikacích v porovnání se standardními přístupy, kdy je využita například zpětná vazba od reakčního momentu mezi motorem a zátěží nebo přímé odměřování polohy zátěže. *Touto metodou se tedy práce dále zaobírá.*

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS-2016-031.

Literatura

- Axelsson, P., Helmersson, A., a Norrlöf, A. (2014) H-infinity controller design methods applied to one joint of a flexible industrial manipulator. *19th IFAC World Congress*.
- Goubej, M. (2016) Fundamental performance limitations in PID controlled elastic two-mass systems. *IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*.
- Katsura, S., a Ohnishi, K. (2007) Force Servoing by Flexible Manipulator Based on Resonance Ratio Control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.
- Oboe, R., a Pilastro, D. (2015) Use of load-side MEMS accelerometers in servo positioning of two-mass-spring systems. *41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*.
- Szabat, K., a Orłowska-Kowalska, T. (2007) Vibration suppression in a two-mass drive system using PI speed controller and additional feedbacks - comparative study. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.
- Thomsen, S., Hoffmann, N., a Fuchs, F.W. (2011) PI Control, PI-Based State Space Control, and Model-Based Predictive Control for Drive Systems With Elastically Coupled Loads; A Comparative Study. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.
- Zhang, G. (1999) Comparison of control schemes for two-inertia system. *International Conference on Power Electronics and Drive Systems*.
- Zhang, G. (2000) Speed control of two-inertia system by PI/PID control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.