

Tlumení vibrací při řízení portálových jeřábů: Optimálním řízení na konečném horizontu

Václav Helma¹

1 Úvod

Práce se zabývá problémem ztlumení kmitů zátěže portálového jeřábu vybuzených při polohování lidským operátorem (operátor v tomto případě generuje referenční rychlost pro rychlostní smyčku klasické kaskádové regulace). Cílem je navrhnout vhodný algoritmus zaměřený na minimalizaci nežádoucích tranzientních a reziduálních vibrací řízené zátěže. Pro odvození přímovazební řídicí trajektorie byl použit přístup optimálního řízení na konečném horizontu. Inovace navrženého přístupu spočívá v kombinaci prediktivního řízení a klasických zero-vibration (ZV) tvarovacích metod, což umožňuje využití některých výhod obou přístupů v jedné návrhové metodě. Navržená metoda byly ověřena a porovnána s konvenčními tvarovači řadou simulačních i experimentálních testů.

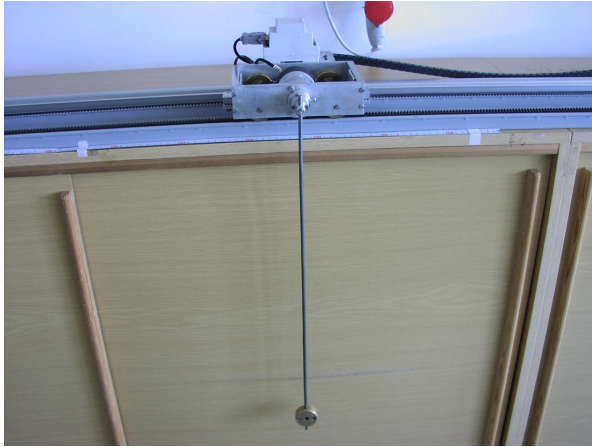
2 Motivace

Nejčastěji používaným přístupem pro tlumení vibrací v otevřené smyčce je využití tzv. ZV tvarovacích filtrů (např. Smith (1957)). Ačkoliv byl tento přístup s úspěchem nasazen v mnoha aplikacích a nabízí řadu výhod mezi které patří například **snadná implementace** a **možnost robustního návrhu filtru vůči neurčitosti ve vlastní frekvenci**, existuje také řada nevýhod spojených s těmito tvarovači. Tyto standardní metody neumožňují **přímou formulaci vazbových podmínek pro generované profily pohybových trajektorií**. Důsledkem toho sice tvarovač může pracovat dobře v určitých režimech, ale naopak může selhávat, pokud narazí na fyzikální limity řízeného systému (např. saturace akčního členu). Často také nemůžeme **garantovat konečný čas přechodu**. Splnění této vlastnosti je často vyzdvižováno jako jedna z největších výhod ZV tvarovačů, to ale platí pouze pro pružné módy řízeného systém, nemáme však garanci konečného času přechodu pro zbytek dynamiky řízeného systému. U ZV filtrů dále také nemůžeme **zohledňovat různé okrajové podmínky**, což způsobuje problémy pokud je změna referenčního signálu (od operátora) rychlejší než přechodový čas trajektorie generované tvarovačem. **Cílem prezentované návrhové metody je odstranění těchto nevýhod standardních ZV tvarovačů při zachování klíčových výhod ve smyslu kvality řízení a robustnosti.**

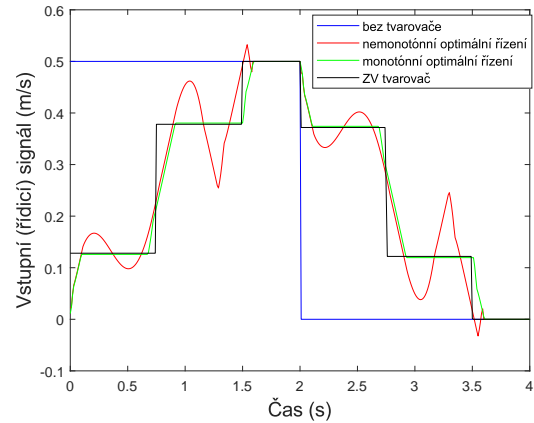
3 Simulační a experimentální výsledky

Systém vozíku s kyvadlem (obrázek 1) byl použit jako model simulující dynamiku portálového jeřábu v malém měřítku. Model systému byl získán pomocí experimentální identifikace a byl použit pro následný návrh jednotlivých tvarovacích filtrů a pro simulační experimenty. Časové průběhy generovaných vstupních signálů (referenčních rychlostí pro rychlostní smyčku)

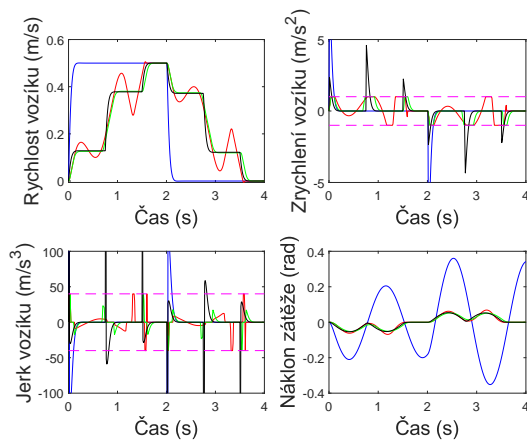
¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Automatické řízení, e-mail: helma@kky.zcu.cz



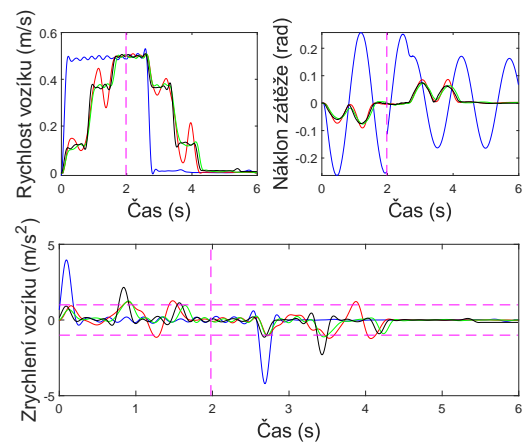
Obrázek 1: Laboratorní model kyvadla



Obrázek 2: Vstupní signál



Obrázek 3: Simulační výsledky



Obrázek 4: Experimentální výsledky

jsou na obrázku 2, důležité signály získané ze simulačních experimentů s nominálním modelem a různými tvarovači jsou potom vykresleny na obrázku 3. Na obrázku 4 jsou nakonec výsledky experimentů provedených na laboratorním modelu (obrázek 1) porovnávající kvalitu řízení jednotlivých tvarovacích filtrů.

4 Diskuze

Můžeme pozorovat velmi dobré zatlumení kmitů zátěže při využití všech uvažovaných filtrů v porovnání s případem, kdy žádný tvarovač použit nebyl. Zároveň vidíme, že omezující podmínky na zrychlení a jerk vozíku jsou splněny (v případě simulací úplně přesně) při použití optimální sekvence řízení, nemáme však jistotu splnění těchto limitů v případě použití ZV filtru.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2019-027.

Literatura

Smith, O.J. (1957) Position control of damped oscillatory systems. *Proceedings of the IRE*, Volume 45, pp. 1249–1255.