

Active control for high capacity flexible aircraft

Autor: Ing. Tomáš Haniš

Pan Ing. Tomáš Haniš se ve své disertační práci zaměřil na problematiku aktivního řízení dopravního letadla nového typu s uvažováním jeho poddajností. Jeho cílem bylo zejména systematicky zkoumat a vyhodnotit různé možnosti optimalizace řízení, od optimalizace polohování senzorů, přes zpětnovazební řízení po řízení v otevřené smyčce.

Práce má 86 stránek a je členěna do 6 kapitol. V první úvodní kapitole autor stručně rekapituluje motivaci své práce vzniklé v rámci evropského projektu ACFA 2020 věnovanému vývoji řízení nového konceptu (BWB) dopravních letadel. Disertant byl významným členem řešitelského kolektivu tohoto projektu. Oceňuji skutečnost, že nejde o formální úvod, ale o kultivované uvedení případného nezasvěceného čtenáře do problematiky. Druhá kapitola je věnována formulaci cílů práce, které jsou jasně soustředěny k metodám optimalizace polohování senzorů, optimalizaci robustního zpětnovazebního řízení poddajného letadla typu BWB při zachování tradiční hierarchické struktury regulátoru a vývoji řízení v otevřeném řetězci pro zmenšení zatížení struktury letadla.

Prvnímu z formulovaných cílů je věnována kapitola 3, pro vývoj modifikované metody optimalizace polohování je použit postup pracující s Fisherovou informační maticí. Podstatou modifikované metody polohování je přidání kritéria potlačení vlivu nežádoucích vyšších vlastních tvarů kmitu hrozících destabilizací soustavy. Postup je demonstrován na vlastních tvarech kmitu vyvíjeného letadla.

Řešení druhého formulovaného cíle je zpracováno v kapitole 4. Nejprve je v kapitole 4.1 řešeno stranové řízení. Pro syntézu řízení podélného je použit systém HiFOO pro optimalizaci robustního regulátoru daného řádu. Systém navíc umožňuje definovat strukturu regulátoru, která v daném případě vychází z tradiční hierarchické struktury regulátoru podélného řízení.

V páté kapitole je pojednáno řízení v otevřené smyčce řešící minimalizaci zátěže struktury letadla při poryvu. Je uvažován poryv kosinového průběhu.

Kapitola šestá shrnuje hlavní přínosy práce pro vědu a praxi a nastiňuje možnosti dalšího výzkumu dané problematiky.

Je zjevné, že formulované cíle disertační práce byly beze zbytku splněny a budou pravděpodobně východiskem pro další výzkum a možná i pro další navazující disertační práce. Při řešení autor prokázal široké znalosti v oblasti teorie řízení a jejich aplikace na velmi složitou soustavu. Vyvinuté metody řízení nebyly testovány experimentálně, což je ovšem vzhledem k dané soustavě (nový vyvíjený koncept dopravního letadla) zcela pochopitelné. V některých bodech, jako je například popis modelů použitých k syntéze jednotlivých řízení, by práci prospěla větší detailnost. Použité metody a přístupy k řešení daného problému jsou adekvátní. Práce plně zapadá do aktuálního výzkumu rozvíjeného na školícím pracovišti a vhodně jej doplňuje. Disertant témata řešená v práci široce publikoval v 10 odborných článcích, u nichž je prvním autorem. Zvláště oceňuji dva články v impaktovaných časopisech týkající se optimalizace polohování senzorů a vývoje zpětnovazebního robustního regulátoru s definovanou strukturou a taktéž již udělený evropský patent týkající se konvexní optimalizace regulátoru pro minimalizaci zatížení struktury letadla. Každý z hlavních cílů práce je tak pokryt prestižní publikací či jiným cenným výstupem.

Práce se mi celkově líbí a nemám k ní žádné závažné výhrady. Zároveň bych chtěl disertanta požádat v rámci obhajoby o komentář k několika bodům.

- V kapitole 3 věnované optimalizaci polohování senzorů je navržena metoda, která používá Fisherovu informační matici a na rozdíl od základního postupu je nově vytvářeno modifikované kritérium, které vedle maximalizace informací z vlastních tvarů zohledněných v regulátoru zároveň minimalizuje informace z vlastních tvarů nežádoucích. Chci se zeptat, zda byl obdobný kombinovaný postup zkoušen i pro polohování senzorů pomocí metod využívajících Gramiánů pozorovatelnosti a říditelnosti? Jeví se mi, že by tato varianta postupu měla tu výhodu, že v Gramiánech pozorovatelnosti a říditelnosti (počítaných s použitím kompletní stavové matice) jsou promítnuté i další důležité informace o soustavě, zejména pak útlumy jednotlivých tvarů.
- Druhá otázka souvisí s první. Vycházelo při experimentech s modifikovaným kritériem a navazujících optimalizacích polohování vhodné zohlednit v kritériu maximální počet vyšších nežádoucích tvarů, nebo nikoliv?
- Při optimalizaci podélného řízení popsané v kapitole 4.4.2 se vychází z tradiční hierarchické struktury zobrazené na obrázku 4.12 a strukturovaný regulátor (obr. 4.13) je optimalizován systémem HiFOO pro sadu modelů s různými parametry (nelinearity jsou zanedbané při přechodu od schématu 4.12 ke schématu 4.13). Byly koeficienty získané touto optimalizací při následné implementaci a testování opět navráceny do kompletní hierarchické struktury (obr. 4.12) zahrnující i zde se vyskytující nelinearity?
- V kapitole 4 věnované zpětnovazebnímu řízení stranovému a podélnému jsou v textu stručně zmiňovány řady soustav některých modelů. Chci požádat disertanta, aby pro klíčové modely použité pro syntézu a pro verifikaci regulátorů byly jednotlivé uvažované stavové veličiny během obhajoby detailněji vysvětleny i s ohledem na jejich fyzikální význam.

Závěr

Souhrnně se domnívám, že doktorská disertační práce pana Ing. Tomáše Haniše zcela splňuje všechny vytčené cíle, jakož i obecné nároky na odbornou úroveň disertačních prací. Práce má velmi dobrou vědeckou úroveň, zkoumané problémy rozebírá velmi zevrubně a přináší nové závěry s praktickými důsledky. I po formální stránce je zjevně napsána s velkou pozorností autora, má slušnou stylistickou úroveň a vysokou grafickou kvalitu. Je vkladem do výzkumu zejména v oblasti optimalizace polohování senzorů a aktuátorů a v oblasti aplikací a optimalizací robustního řízení.

Disertační práci proto plně doporučuji k obhajobě a za předpokladu její úspěšné obhajoby doporučuji, aby panu Ing. Tomáši Hanišovi byl udělen akademický titul „doktor“ ve studijním oboru „Řídicí technika a robotika“ studijního programu „Elektrotechnika a informatika“.

V Praze dne 17. března 2012

prof. Ing. Zbyněk Šika, Ph.D.

