

Oponentní posudek disertační práce

Analýza vlivu pilota na modální parametry soustavy řízení lehké letecké konstrukce

Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Dopravní stroje a zařízení
Autor: Ing. Tomáš Sommer

Disertant Ing. Tomáš Sommer se ve své práci zabývá problematikou vlivu pilota na celkové dynamické parametry podélné mechanické trasy řízení s důrazem na vyšší frekvence a následnou flutterovou analýzu pro malé sportovní letouny. V rámci práce byla provedena sada experimentů, jejichž výsledky byly použité k identifikaci dvou principiálně odlišných typů modelů pilota. Práce měla tedy za cíl stanovení vlivu pilota na rychlost flutteru s pomocí zahrnutí modelu pilota do celkového modelu a následně pak i změnu postupu při provádění pozemních frekvenčních zkoušek. Rozsah vlastní disertační práce je 71 stran s tím, že přímou součástí svazku je také příloha 177 stran nejruznějších výsledků měření během práce realizovaných.

Po krátkém úvodu je ve druhé kapitole představen stav problematiky, zejména z pohledu analýzy flutteru. Uvedeny jsou i relevantní předpisy ve znění platném k lednu 2019. Druhá část stavu problematiky je pak věnována problematice modelování pilota, respektive lidského operátora. Třetí kapitola stručně formuluje 2 hlavní cíle, a to prokázání vlivu pilota na dynamickou stabilitu konstrukce letounu a návrh inovace zkušební metodiky pozemních zkoušek dynamické stability malého sportovního letounu. Klíčové podcíle prvního cíle jsou potom zaměřeny na tvorbu, experimentální identifikaci a použití modelů pilota. Ve čtvrté kapitole autor seznamuje s použitou měřicí aparaturou a konfiguracemi měření. Pátá kapitola je věnována modelování svalové činnosti a Hillovu reversnímu modelu svalů. V dosti redukované podobě je zde pojednáno i o použití a výsledcích identifikace tohoto typu modelů a kontextu použití měřených dat. Šestá kapitola se věnuje vnějšímu modelu pilota v podobě sekvence lineárních identifikovaných modelů, který byl použit vzhledem k neúspěchu použití modelu z kapitoly páté. Sedmá kapitole popisuje zahrnutí modelu pilota do modelu celé soustavy a použití spojeného modelu pro flutterovou analýzu. Opět i zde je popis tohoto postupu poměrně stručný a zasloužil by dovysvětlit. Následuje jednostránková osmá kapitola s návrhem inovace metodiky pozemních zkoušek a krátké shrnutí v kapitolách 9 a 10.

Disertace kolegy Sommera přináší velké množství naměřených dat a představuje velký kus práce autora v ne zcela probádané oblasti. Jak již bylo uvedeno její slabinou je citelná nevyváženost mezi množstvím realizovaných experimentů a kvalitou popisu jejich využití pro identifikaci a použití modelů pilota. Z toho také vyplývají otázky, které kolegovi pokládám k zodpovězení během obhajoby.

- Východiskem práce je skutečnost, že v současnosti se řetězec řízení testuje na riziko flutteru pouze se zcela zablokovanou nebo zcela uvolněnou pákou řízení. Lze některý z těchto extrémních stavů považovat také za extrém pro riziko flutteru? Jsou oba na straně bezpečnosti? Je principiálně možné, aby přidaný model pilota riziko flutteru zhoršil?
- V práci je jako první cesta prezentován v principu nelineární biomechanický model vycházející z Hillova modelu svalů s identifikací pravděpodobně prováděnou opakovanou simulací s nadstavbou optimalizačního algoritmu. Mohl byste tuto část podrobněji popsat? Kolik a jakých bylo optimalizačních parametrů, jak identifikace/optimalizace probíhala?

- Při vytváření modelu svalu a jeho identifikaci se používá dat z nepřímého měření svalové aktivity. Není nepřesnost této metody hlavním zdrojem velkého rozptylu výsledků při modelování a identifikaci ? Byl proveden opakovaný experiment s jednoduchou činností svalu pro vyhodnocení opakovatelnosti a nejistoty měření ?
- Druhý ve výsledku úspěšnější pokus identifikace pilota dle práce vycházel z identifikace sekvence lineárních modelů pomocí metody n4sid pravděpodobně z identifikačního toolboxu Matlabu. U takového black-box modelu je pochopitelná nutnost hledání řádu modelu, jak je i prezentováno. Identifikační toolbox umožňuje použít iterační nadstavbu identifikace, která může shodu modelu s daty někdy velmi výrazně zlepšit. Použil jste ji ? Vysvětlete prosím detailněji metodu vámi použité identifikace.
- Výsledkem práce je sada lineárních modelů pilota. Pro navržené praktické použití mají být tedy tyto postupně spojovány s modelem řízení letounu a testovány P-K metodou na nebezpečí flutteru. Vysvětlete prosím propojování těchto modelů.
- Pro vyhodnocení flutteru prezentujete pouze velmi stručně P-K metodu. Chybí její detailnější popis a vysvětlení jak vlastně pracuje nad spojenými modely. To prosím popište podrobněji. Byla by použitelná i pro původně zamýšlený nelineární biomechanický model ?

Závěr

Domnívám se, že předložená doktorská disertační práce pana Ing. Tomáše Sommera je nezanedbatelným vkladem v oblasti zohlednění vlivu pilota na řetězec řízení v pásmu vyšších frekvencí relevantních pro závažnou problematiku flutteru. Přes přílišnou stručnost práce v oblasti modelů, jejich identifikace a exaktního použití přináší nepochybně nové poznatky a penzum experimentálních dat s možnou aplikací na praktické testování. Je tak přínosem jak po stránce základního, tak i aplikovaného výzkumu a splňuje obecné nároky kladené na odbornou a vědeckou úroveň disertačních prací.

Předloženou disertační práci proto doporučuji k obhajobě a za předpokladu její úspěšné obhajoby doporučuji, aby panu Ing. Tomáši Sommerovi byl udělen akademický titul „doktor“ v oboru Dopravní stroje a zařízení.

V Praze dne 2. ledna 2020

prof. Ing. Zbyněk Šika, Ph.D.