

Posudek na bakalářskou práci Adama Pelecha Alternative methods of eVTOL vehicles stabilization

Práce je věnovaná analýze možných přínosů stabilizace eVTOL prostředků během vzletu a přistání s využitím trysek. Jde o výzkumné téma, kterému se v posledních letech věnuji v souvislosti s diskusemi s partnery z firem zabývajících se UAM projekty (Urban Air Mobility).

První část práce přináší plně analytické výsledky založené na extrémně zjednodušeném modelu dynamiky letu s jedním, rotačním, stupněm volnosti. Sada grafů a tabulek popisuje limity dosažitelné kvality řízení v závislosti na nezanedbatelném zpoždění aktuátorů v případě klasického řešení stabilizace změnou otáček nosných rotorů, a přínos alternativních dedikovaných aktuátorů stabilizace, například trysek, jejichž reakční doba může být výrazně kratší. Tyto na dřeh jdoucí výsledky jsou velmi dobře využitelné pro moje diskuse s partnery, kteří automatickému řízení příliš nerozumějí (častý případ).

V druhé části student pracuje s numerickými modely dynamiky letu, které si sám sestavil a parametrizoval s využitím NASA programu VSP Aero. Výsledky jsou v souladu s analytickými výsledky z první části práce.

Spolupráce se studentem byla velmi dobrá. Pravidelně konzultoval, plnil domluvené úkoly, práce ho bavila. Výsledky práce jsou konzistentní a přesvědčivé a pro mé účely velmi dobře využitelné.

Práce je psaná dobrou angličtinou, nemám vážnější připomínky. Terminologii nemá student vždy úplně stoprocentně zažitou, což se u bakalářské práce dá očekávat a tolerovat. Struktura práce je dobrá, vše podstatné je podle mého názoru srozumitelně a přesvědčivě popsáno.

Hodnocení: Jde podle mě o kvalitně odvedenou práci. Hodnotím ji stupněm **A-výborně**.

V Praze dne 5.6.2024

.....

doc. Ing. Martin Hromčík, Ph.D.
katedra řídicí techniky
FEL ČVUT v Praze

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|-----------------------------------|--|
| Název práce: | Alternative methods of eVTOL vehicles stabilization |
| Jméno autora: | Adam Pelech |
| Typ práce: | bakalářská |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Oponent práce: | Ing. Matěj Kuře |
| Pracoviště oponenta práce: | Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|---|-------------------------|
| Zadání | průměrně náročné |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Zadání práce, vzhledem k analýze a pouze simulačnímu ověření, považuji za standardně náročné. | |

| | |
|--|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> | |
| Student naplnil zadání. | |

| | |
|--|----------------|
| Zvolený postup řešení | správný |
| <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> | |
| Student nejprve provedl analýzu, poté definoval parametry modelu pro simulační ověření, z parametrů vytvořil model, pro který navrhl řízení. Zvolený postup považuji za správný. | |

| | |
|---|------------------------|
| Odborná úroveň | B - velmi dobře |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Student ve své práci prokázal, že dané problematice rozumí a dokáže ze získaných znalostí navrhnout a namodelovat funkční řídicí algoritmy pomocí nástrojů Matlab (a jeho toolboxů) a Simulink. | |

| | |
|---|-----------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | D - uspokojivě |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Po formální stránce vypadá práce na první pohled výborně, je použita standardní šablona, jednotlivé kapitoly jsou číslovány stejně tak jako obrázky, tabulky a rovnice. I přesto je orientace v textu velmi náročná, a to proto, že autor vůbec nepoužívá žádné reference při odkazování se na rovnice, grafy apod. Dále by dle názoru oponenta práci prospělo, kdyby obsahovala seznam zkratk a použitých symbolů, neboť autor používá stejné symboly pro různé veličiny např.: <ul style="list-style-type: none"> v Kap. 2. T reprezentuje čas a v Kap 3.2 reprezentuje tah rotoru, v Kap. 2 τ reprezentuje časové zpoždění, v Kap. 3 časovou konstantu, anebo pro stejnou veličinu různá značení, viz moment setrvačnosti v Kap. 2 a Kap. 3.2.2 označen jako J_x a paradoxně v Kap. 3.2.3 jako I_x . Některé symboly nejsou jasně definovány. | |
| Práce je napsaná v anglickém jazyce a odpadá tím nutnost překladu odborných výrazů do českého jazyka. Na druhou stranu se ke konci práce objevují krkolomné formulace a věty. | |

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Práce je podložena 19 zdroji, které jsou složené z knižních publikací, technických zpráv a obrázků. Zdroje jsou relevantní k tématu. Autor cituje dle zvyklostí a přejeté části jsou odlišeny od vlastní práce. Dle názoru oponenta by nicméně bylo příhodnější, kdyby autor použil numerické číslování referencí, což by zlepšilo rychlost orientace v textu. Bohužel u všech online zdrojů použitých v závěrečné práci chybí datum citace, což považuji za významné pochybení.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Předložená bakalářská práce se zabývá alternativními způsoby stabilizace prostředků eVTOL, neboli prostředků schopných vertikálního vzletu a přistání poháněných elektřinou. Po rychlém úvodu a definici cílů v Kapitole 1 autor v Kapitole 2 analyticky odvozuje minimální doby ustálení pro konstantní vstupy a poruchy. V Kapitole 3 jsou specifikovány fyzické parametry letadla, které je použito v simulačním ověření. Jeho aerodynamické vlastnosti jsou získány z OpenVSP – open source nástroje pro parametrickou geometrii letadel. Na závěr Kapitoly 3 je vytvořen Simulink model pro klopení letadla. V Kapitole 4 je proveden návrh řízení a jednotlivé metody jsou porovnány mezi sebou i s teoretickými výsledky. Shrnutí výsledků se nachází v závěru v Kapitole 5.

Dle mého názoru má předložená práce slabou rešeršní část. Student se v předložené práci vůbec nezabývá tím, zda-li někdo tento problém nebo podobnou úlohu řešil a k čemu dospěl.

Negativně také hodnotím, že u předložené práce chybí přílohy, tj. modely a skripty, se kterými se provádělo simulační ověření. Nelze tak transparentně ověřit výsledky a závěry.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

K práci mám následující otázky:

V Tab. 3.1 uvádíte otáčky rotoru pro vznášení eVTOL cca 328/min a v modelu v Tab. 3.6 jsou cca 378/min. Proč se ty hodnoty liší? Co vedlo ke změně otáček pro vznášení?

V Obr. 2.5 uvažujete zpoždění τ až 2 s. V simulačním ověření pouze 100 ms. Jak se změní výsledky ve scénáři zobrazeném na Obr. 4.6, pokud použijete maximální uvažované zpoždění 2 s? Výsledky porovnejte.

Datum: 5.6.2024

Podpis: