

Posudek vedoucího na bakalářskou práci

Název práce: System řízení letu malého vírníku

Autor práce: Dominik Beňo

Vedoucí: Doc. Ing. Martin Hromčík, Ph.D., katedra řídicí techniky FEL ČVUT v Praze

Bakalářská práce Dominika Beňo pojednává o systému řízení pro autonomní malý vírník. Hlavní motivací pro mne coby vedoucího pro zadání tohoto úkolu byla spolupráce s týmem projektu CRREAT, který vírník využívá pro meteorologický výzkum blesků.

Student nastudoval tuto novou problematiku a implementoval vybrané funkcionality řízení podélné a stranové dynamiky. Pro tyto účely student připravil simulační a vizualizační nástroje, s jejichž využitím vybrané scénáře stabilizace a řízení vírníku validoval. Nakonec navrhl architekturu systému řízení pro automatické přiblížení a přistání, kterou lze vzít a použít při navazujících letových experimentech, jakmile bude zainstrumentovaný prototyp k dispozici během léta. Student se rovněž podílel na návrhu, stavbě, instrumentaci a validaci systému měření výšky nad terénem, což rovněž oceňuji.

Spolupráci se studentem hodnotím jako vynikající. Měl aktivní přístup, chodil průběžně konzultovat svá řešení a nové věci, o kterých se dozvěděl. Uložené úkoly plnil rychle a přesně.

Co se formální stránky týká, práce je psaná pečlivě, s minimem chyb a překlepů a nemám k ní žádné významné připomínky.

Dominik Beňo je podle mého názoru vynikající student. Ve své práci jednak teoreticky rozebral daný problém, nastudoval a implementoval řešení v prostředí MATLAB Simulink a provedl jejich důkladnou analýzu. Dále ověřil jejich funkčnost na simulačních modelech letové dynamiky, které sám připravil. Navíc prokázal schopnost práce s letovým hardwarem, kdy zprovoznil systém fúze dat pro estimaci výšky a rozšířil ho o nové ultrazvukové a laserové senzory. S Dominikem počítám do budoucna v rámci svých dalších projektů souvisejících se systémy řízení letu a budu rád, když naše spolupráce bude pokračovat.

Celkové zhodnocení

Práci doporučuji k obhajobě. **Navrhuji hodnocení A-výborně.**

V Praze dne 1.6.2022.

.....
Doc. Ing. Martin Hromčík, Ph.D.

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|-----------------------------------|--|
| Název práce: | Systém řízení letu malého vírníku |
| Jméno autora: | Dominik Beňo |
| Typ práce: | bakalářská |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Oponent práce: | Ing. Jiří Zemánek, Ph.D. |
| Pracoviště oponenta práce: | Katedra řídicí techniky |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|---|-------------------|
| Zadání | náročnější |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Zadání vyžadovalo, aby student zvládl problematiku modelování vírníku, vytvoření simulačního prostředí propojením několika softwarových komponent, ale také aby porozuměl a mohl pracovat s řídicím systémem fyzického vírníku. | |

| | |
|--|------------------------------------|
| Splnění zadání | splněno s menšími výhradami |
| <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> | |
| Zadání považuji z větší části za splněné. Body, ve kterých je ještě prostor pro dopracování, jsou: 1) vytvoření a verifikace modelu pro vírník TF-G2 a 2) letové testy pro automatické přistávání. Z textu práce plyne, že z důvodu havárie nebylo možné více testů provést. | |

| | |
|---|----------------|
| Zvolený postup řešení | správný |
| <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> | |
| Postup řešení se mi zdá správný a mám jen drobné komentáře: 1) při výběru senzorů by bylo vhodné vyzkoušet od každého druhu více než jeden typ, 2) matematický model by měl být upravený a verifikovaný pro vírník TF-G2. Z práce jsem pochopil, že nejsou dostupné potřebné parametry. V tom případě by bylo zajímavé diskutovat, jak by se daly parametry identifikovat případně udělat grey box identifikaci. Nicméně vzhledem k rozsahu zadání a bakalářské úrovni, je zjednodušení pochopitelné a je dobré, že bylo provedeno alespoň porovnání s daty z literatury. | |

| | |
|---|--------------------|
| Odborná úroveň | A - výborně |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Student v práci využil znalosti ze studia hlavně z automatického řízení a modelování. Vedle toho ale musel nastudovat i problematiku modelování vírníku, jeho simulaci pomocí konkrétních nástrojů a zvládnout i praktické experimenty zaměřené na odhad výšky nad povrchem. Drobné upřesnění k textu práce: HIL neoznačuje simulaci, kde se simuluje hardware regulátoru, ale naopak se využívá skutečný regulátor se simulovanou soustavou. | |

| | |
|--|------------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | B - velmi dobře |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Celkově práce působí velmi dobře. Někdy se v ní nicméně vyskytují drobné překlepy. Opakující se typografická chyba je u psaní desetinné čárky, za kterou nemá být mezera (v LaTeXu je třeba uzavřít čárku do složených závorek). Vzhledem k množství použitých proměnných bych doporučoval v textu častěji k symbolům připojovat textový popis a důsledně symboly popsat, při jejich prvním použití. Například symbol x se na jedné stránce používal pro polohu serva i polohu vírníku. U odkazů na obrázek je zvykem kromě čísla uvést i slovo „obrázek“. Rovnice jsou součástí vět a je zbytečné na ně z vět, jejichž jsou součástí, odkazovat. V rovnicích 6.43 až 6.46 chybí parciální derivace podle zobecněné souřadnice. Diagramy by bylo dobré vkládat ve vektorovém formátu nebo alespoň s větším rozlišením. | |

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

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.

Student v práci odkazuje webové stránky, monografie i vědecké články. Zdroje jsou citovány korektně a zdají se mi k řešenému tématu relevantní. Převzaté prvky, kterými jsou v této práci některé obrázky, nebo rovnice, jsou označeny odkazem na zdroj.

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.

Pozitivní aspektem práce je že byla komplexní – zahrnovala teoretickou část zaměřenou na modelování vírníku a návrh řízení, vytvoření simulačního prostředí i hardwarové úpravy a fyzické experimenty. Student prokázal, že zvládne tyto různorodé úkoly řešit. Je škoda, že se nepodařilo provést více experimentů na fyzickém vírníku.

Otázky k obhajobě:

- 1) Dala by se provést experimentální identifikace pro vytvoření modelu vírníku TF-G2?
- 2) Je omezení modelu do plochy ospravedlnitelný předpoklad pro reálný přistávací manévr?
- 3) V obrázku 3.3 se míchá požadovaná a aktuální hodnota signálů p a q . Jde o chybu v obrázku nebo v regulátoru?
- 4) Podle obrázku 7.2 má řízení vertikální rychlosti a směru letu oddělené regulátory. Do jaké míry ovlivňuje řízení směru vertikální rychlost?
- 5) Z čeho plyne, že je vhodné při přistávání sledovat exponenciální trajektorii (rovnice 7.2)?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 4.6.2022

Podpis: