

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Tlumení výkyvu závaží zavěšeného na dronu
Jméno autora:	Bc. Daniel Bukovský
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedry řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Bušek
Pracoviště vedoucího práce:	Ústav přístrojové a řídicí techniky, ČVUT v Praze – Fakulta strojní

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce v sobě kombinuje teoretickou část v podobě problematiky tlumení výkyvu zavěšeného břemene a praktickou část obnášející implementaci zvolených algoritmů. Zvláště kvůli zmíněné praktické implementaci, při níž je nutné se potýkat se zdánlivě banálními problémy, které se v počítačových simulacích nevyskytují, hodnotím zadání jako náročnější.	

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>	
Všechny body zadání byly splněny. Pouze v bodu dva by bylo vhodné aplikovat více než jeden zvolený postup pro potlačení výkyvu závaží. Předložená závěrečná práce je svým rozsahem (po odečtení stránek s nadpisy) na spodní hranici stanovené směrnici děkana pro závěrečné práce, která doporučuje rozsah 40 až 80 stran pro práce diplomové ve formátu A4 (bez příloh). K tomu lze pouze podotknout, že zadané téma bylo zpracováno stručně a v některých částech by si práce zasloužila podrobnější popis. Například v kapitole 2 student nesprávně uvádí, že cílem práce je ověření funkčnosti ZV tvarovače. Avšak v zadání byl požadován návrh/výběr vhodných algoritmů. ZV tvarovač je sice vhodný, ale jeho výběru měla předcházet rozvaha nad vhodností (podpořená citacemi). Tuto rozvahu lze najít až v kapitole 4. Kapitola 2 tedy nesprávně předjímá. Často též autor uvádí, že důvodem zjednodušení je: „překročení rozsahu práce“ (viz kapitola 3.1), což by jistě vyznělo lépe, kdyby se rozsah práce pohyboval dále od dolního doporučeného limitu.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
Student byl při řešení zadání práce velmi aktivní. K řešení problematiky přistupoval samostatně a vhodně zvolil plán své práce. Na smluvené konzultace chodil vždy připraven a konzultoval dílčí kroky své práce. Svě silné tvůrčí schopnosti projevil zvláště v závěrečné praktické části práce, v jejímž rámci implementoval vybrané algoritmy na bezpilotním prostředku s využitím low-cost open-source prostředků.	

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>	
Ačkoliv identifikace modelu vzhledem k nasazené řídicí jednotce s implementovanou řídicí smyčkou byla opravdu obtížná, bylo by vhodné umístit do textu práce alespoň dílčí porovnání modelu a skutečného zařízení v podobě časových grafů dostupných měřených veličin. Problematika tvarovačů je rozpracována stručně, avšak pojednává o důležitých aspektech. Je na škodu, že autor práce se zaměřil pouze na ZV tvarovač, jehož citlivostní funkce má ostré minimum, a tedy i nízkou robustnost vůči nejistotám v určení modelu (na což autor v textu upozorňuje). Pro použití ZV tvarovače hovoří hlavně jeho jednoduchá implementace, což bylo pravděpodobně i důvodem jeho nasazení. Pro vyšší odbornou úroveň by bylo vhodné porovnat alespoň dva přístupy pro tlumení kyvů zavěšeného břemene.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Po formální stránce je práce kvalitně provedena. V textu se vyskytuje minimum pravopisných chyb a ani gramaticky není textu co vytknout. V textu lze najít pouze pár překlepů, např. v rovnici 3.25 chybí závorka v D složce regulátoru.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjáďte 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 aktivně vyhledával vhodné zdroje informací. Převzaté prvky jsou řádně odlišeny od vlastních výsledků. Výběr pramenů obsahuje základní informační zdroje pro řešení zadané problematiky. V kapitolách pojednávajících o tvarovačích by bylo vhodné konfrontovat informace z více zdrojů. V úvodu práce je vhodně uvedena problematika přenosu zavěšeného břemene s využitím jednoho aplikačního příkladu s uvedeným zdrojem. Bylo by vhodné (nikoliv nutné) i další příklady podpořit odkazy na vhodné zdroje.

Další komentáře a hodnocení

Vyjáďte 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.

Hlavním přínosem předložené závěrečné práce je praktická implementace zvoleného tvarovače na bezpilotním prostředku vlastního návrhu a provedení letových testů. Technické řešení je jednoduché a umožňuje snadné nasazení dalších metod tvarování signálu. Pro použití komplexního systému řízení by bylo vhodné implementovat smyčky přímo do architektury platformy PX4.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Předložená závěrečná práce řeší praktickou implementaci zvoleného algoritmu pro tlumení výkyvu zavěšeného břemene pod bezpilotním prostředkem. Student provedl odvození a přibližnou identifikaci zjednodušeného modelu. Seznámil se se základy problematiky nasazení tvarovačů signálů a zvolený ZV tvarovač implementoval na reálném zařízení vlastního návrhu. Hlavním přínosem práce je praktická implementace a provedení prvotních letových testů, jež daly slibné dílčí výsledky.

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

Datum: 27.8.2019

Podpis:

Posudek na diplomovou práci

Název práce: Tlumení výkyvu závaží zavěšeného na dronu
Autor: Bc. Daniel Bukovský
Posudek vypracoval: Doc. Ing. Martin Hromčík, Ph.D., Katedra řídicí techniky,
FEL ČVUT v Praze (oponent)
Navrhované hodnocení: B – velmi dobře

Práce pojednává o využití signálových tvarovačů v systémech řízení kvadroptér se zavěšeným břemenem. Práce má 43 stran plus přílohy a je členěná na stručný úvod a dvě hlavní části, část teoretickou a část praktickou. Jde bezesporu o velmi ambiciózní a komplexní práci, zahrnující oblasti modelování a simulace, analýzy a návrhu systémů řízení, elektroniky a programování embedded zařízení, a konečně reálného létání a testování. Dva videozáznamy, které student z letových testů pořídil a zpřístupnil a které se mi velmi líbí, dobře dokumentují, o jak obtížnou úlohu jde.

Na úvodní kapitole oceňuji prezentaci existujících a plánovaných projektů, které jsem neznal a které dokazují reálnou využitelnost tohoto výzkumu. Přesvědčivě působí i argumentace o důležitosti dedikovaných algoritmů pro potlačení kmitů podvěšené zátěže.

Teoretická část je věnovaná modelování, identifikaci a simulacím. Velmi mě zaujala podrobná analýza řídicích zákonů v použité open-source jednotce PixHawk PX4 a jejich zahrnutí do simulačního modelu. Naopak kriticky hodnotím prezentaci validace modelu (srovnání s letovými daty), která mi nepřijde příliš srozumitelná ani přesvědčivá – v sekci 3.2.1. postrádám grafy se srovnáním simulací a experimentů, slovní zhodnocení (dvě věty na konci sekce) není dostatečné.

Praktická část je věnovaná implementaci systému řízení do palubní jednotky dronu. Autor navrhl a zrealizoval Arduino jednotku, kterou zařadil mezi přijímač a PixHawk PX4 a která implementuje ZV (zero-vibration) tvarovač v klasickém přímovazebním zapojení. Dále popisuje povedené i nepovedené experimenty a zamýšlí se nad další perspektivou projektu. Opět s výhradami hodnotím prezentaci výsledků – z grafů v obrázku 5.2 na straně 39-40 nejsem schopný ocenit funkci prezentovaného systému.

Dotaz na uchazeče:

strana 9: Vysvětlete, proč při uchycení závěsu jinde než v těžišti dojde k ztlumení kmitů břemene.

Na základě výše prezentovaných argumentů navrhuji hodnocení **B-VELMI DOBŘE.**

V Praze dne 21.8.2019

.....
Doc. Ing. Martin Hromčík, Ph.D.
oponent diplomové práce