

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh řízení portálového jeřábu s potlačením kyvů břemene
Jméno autora:	Bc. Michal Pála
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav přístrojové a řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Zdeněk Novák, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav přístrojové a řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání diplomové práce hodnotím jako průměrně náročné až náročnější. Hlavní zvýšenou náročnost zadání vidím v aplikaci metod, které nejsou součástí standardního studia, a tedy vyžadují hlubší samostudium diplomanta.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posudte, 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>	
Diplomant splnil všechny body zadání.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Diplomant zvolil správný postup řešení, který měl vazbu na zadání diplomové práce. Pro soustavu (portálový jeřáb INTECO) navrhl vhodný model, který poté linearizoval a ověřil jeho chování, včetně analýzy stability. Na základě rešerše, která se skládala převážně z mezinárodních článků, zvolil vhodné metody, které lze použít pro řízení portálového jeřábu s ohledem na potlačení kyvu zavěšeného břemene. Tyto metody pak aplikoval na reálnou soustavu a posoudil jejich použitelnost dle stanovených kritérií. Během řešení diplomant postupoval konstruktivně a poradil si s většinou problémů, na které v průběhu řešení narazil (např. úprava některých koeficientů kvůli rozdílu mezi modelem soustavy a skutečnou soustavou). Z hlediska postupu mám malé výhrady k použitým zdrojům, viz. posouzení výběru zdrojů.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Předložená práce je na dobré odborné úrovni. Diplomant použil metody, které nejsou součástí náplně standardního studia. Vhodně využil ať už rovnice či konstanty z dostupné literatury. Kvalita práce je zvýrazněna použitím LaTeX, který práci dodává vzhled odborné publikace.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Velice kladně hodnotím použití textového procesoru na bázi LaTeX, který dodává práci formální charakter. Rozsah práce odpovídá rozsahu diplomové práce. Práce je dobře čitelná, autor se však nevyhnul několika málo překlepům nebo chybějícím slovům ve větě (např. strana 9 „vekoru“, str. 30 „kontrukce“, str. 32 „Jeřáb začal simulovat z náhodných míst, ale stabilizován.“), v Obr. 3 je zavedena neexistující proměnná. Reference na tabulky v textu jsou špatně značeny v kapitole 4 a 5, kde se na tabulky autor odkazuje číslem podkapitoly oproti skutečnému číslu tabulky (asi chyba při generování odkazu TeX editorem). Na straně 38 by měl autor ve větě raději použít SI jednotky sekundy namísto vteřin. Jako velice matoucí hodnotím použití zkratky DZV a ZVD. V textu se zkratka DZV nachází poprvé v abstraktu, kde je použita bez předchozího zavedení, a tak není znám její význam. Poté se nachází v textu a v obrázcích náhodně (např. obr. 15). Význam zkratky ZVD je zřejmý jen díky jejímu zahrnutí v kapitole Obsah. V kapitole 4 se pak tyto dvě zkratky objevují	

v odstavcích v různých kombinacích (např. kapitola 4.3.3). Čtenář tak rychle ztrácí přehled o tom, o čem je vlastně řeč, a táže se sám sebe, jestli něco v textu nevynechal (zavedení další metody).

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi 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.

Diplomant ve své práci využil převážně mezinárodních publikací. Citační etiketa byla zachována. Vlastní úvahy jsou od cizích jasně vyznačeny. Pouze v jednom místě práce (strana 21) bych uvítal referenci na tvrzení „K nejpoužívanějším pozorovatelům patří Kalmannův filtr.“ Jako za největší nedostatek, který má i menší negativní dopad na kvalitu práce, považuji nezahrnutí zdroje, který se již řízením portálového jeřábu INTECO zabýval. Jedná se o práci „ŠARMANOVÁ, Lenka. Modelování, identifikace a řízení 3D jeřábu Inteco. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 120 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/44599>.“ Jak název napovídá, tato práce se již modelováním a identifikací stejné úlohy zabývala. Stálo by za to své vlastní výsledky porovnat s již předloženými, ať už se jedná o výsledky modelování, tak i kvality řízení. Práce umožňuje stažení Matlab modelů, a tedy jejich verifikaci bez nutnosti vytvářet vlastní obsah navíc. Vzhledem k tomu, že se jedná o diplomovou práci, nepovažuji tento nedostatek za až tak zásadní, avšak je nutné mít na paměti, že pokrok/vývoj lze měřit i s přihlédnutím na předchozí výsledky ostatních. Takto diplomant vyvíjel vyšší metodu řízení, kterou sice správně srovnával s konvenční metodou řízení, avšak tu musel také sám sestavit. Zvyšuje se tak riziko chyby, kdy mohl novou metodu nevědomě zvýhodnit oproti konvenční, např. nevhodným nastavením PID regulátoru, který byl seřizován v automatickém módu.

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.

Dosažené výsledky hodnotím pozitivně. Stanovená kritéria ukazují výhodnost použití zvolené metody. Jako další plus vidím i ve vytvoření Simulink a Matlab souborů, které mohou být využity pro další rozvoj řízení této laboratorní úlohy. Adaptace modelu a koeficientů během experimentu potvrzuje diplomantovo zručnost v praxi. Co se dále týká technického výstupu, v práci mi scházel přehled o hlavních parametrech portálového jeřábu INTECO, a to hlavně jaké je rozlišení enkóderů polohy kočky a úhlu nákladu. Stejně tak se autor nezabývá rychlostí zpětnovazebního řízení (frekvence řídicí smyčky, frekvence vzorkování) a kvalitou modulovaných signálů (hlavní frekvence PWM), což jsou navazující články řízení, a zvláště u kmitajících soustav bych uvažoval o jejich vlivu na kvalitu regulace. Je však pravda, že frekvence kmitů je pro tuto soustavu malá.

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.

Diplomant splnil všechny body zadání. Náročnost práce hodnotím jako průměrnou náročnou až náročnější. Zvýšenou náročnost zadání vidím v aplikaci metod, které nejsou součástí standardního studia, a tedy vyžadují hlubší samostudium diplomanta.

Během řešení diplomant postupoval konstruktivně a poradil si s většinou problémů, na které v průběhu řešení narazil. Velice kladně hodnotím použití LaTeXu, který dodává práci profesionální charakter. V textu se dopustil pár překlepů a zároveň chyb při odkazování na čísla tabulek. Jako velice matoucí hodnotím použití zkratky DZV a ZVD, které způsobují nekonzistenci textu a obrázků. Diplomant jinak dodržel citační pravidla.

Jako za největší nedostatek, který má i menší negativní dopad na kvalitu práce, považuji nezahrnutí zdroje, který se již řízením portálového jeřábu INTECO zabýval. Jedná se o diplomovou práci „ŠARMANOVÁ, Lenka: Modelování, identifikace a řízení 3D jeřábu Inteco z roku 2018/2019. Jak sám název napovídá, tato práce se již modelováním a

identifikací stejné úlohy zabývala. Stálo by za to své vlastní výsledky porovnat s již předloženými, ať už se jedná o výsledky modelování, tak i kvality řízení. Práce umožňuje stažení Matlab modelů, a tedy jejich verifikaci bez nutnosti vytvářet vlastní obsah navíc. Vzhledem k tomu, že se jedná o diplomovou práci, nepovažuji tento nedostatek za až tak zásadní, avšak je nutné mít na paměti, že pokrok/vývoj lze měřit i s přihlédnutím na předchozí výsledky ostatních. Takto diplomant vyvíjel vyšší metodu řízení, kterou srovnával s konvenční metodou řízení, kterou musel také sestavit. Zvyšuje se tak riziko chyby, kdy mohl novou metodu nevědomě zvýhodnit oproti konvenční, např. nevhodným nastavením PID regulátoru, který byl seřizován v automatickém módu.

Samotné výsledky práce diplomanta hodnotím velice pozitivně. Stanovená kritéria ukazují výhodnost použití zvolené metody. Jako další plus vidím i ve vytvoření Simulink a Matlab souborů, které mohou být využity pro další rozvoj řízení této laboratorní úlohy. Adaptace modelu a koeficientů během experimentu potvrzuje diplomantovo zručnost v praxi. Co se dále týká technického výstupu, v práci mi scházel přehled o hlavních parametrech portálového jeřábu INTECO, a to hlavně jaké je rozlišení enkóderů polohy kočky a úhlu nákladu. Stejně tak se autor nezabývá rychlostí zpětnovazebního řízení (frekvence řídicí smyčky, frekvence vzorkování) a kvalitou modulovaných signálů (hlavní frekvence PWM), což jsou navazující články řízení, a zvláště u kmitajících soustav bych uvažoval o jejich vlivu na kvalitu regulace. Je však pravda, že frekvence kmitů je pro tuto soustavu malá.

Kdyby nebylo vynechané reference, jistě bych práci ohodnotil nejlepším stupněm, protože diplomant jinak odvedl velice dobrou práci, a to i ve velkém rozsahu. Raději však nechám diplomantovi prostor tento nedostatek napravit prezentací při obhajobě a zároveň si rád poslechnu názor komise na jeho předložené výsledky.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Otázky k obhajobě:

- 1) Jaká je rychlost zpětnovazebního řízení (frekvence) a frekvence vzorkování ze senzorů polohy a natočení? Zkoušel jste nějak nastavovat hlavní frekvenci PWM pro zjištění jejího vlivu na kvalitu posuvu v obou osách?
- 2) Narazil jste během rešerše na výše uvedenou publikaci? Pokud ano, máte na ní nějaký profesionální názor?
- 3) Máte nějaký odhad, jaká je přesnost použitých enkóderů? Byl jejich výstup nějak filtrován?
- 4) Na straně 21 uvádíte „K nejpoužívanějším pozorovatelům patří Kalmannův filtr“. Můžete toto tvrzení něčím podložit (odkazem na literaturu)?
- 5) Jaký konkrétně nástroj v Matlabu jste použil pro seřízení PID regulátoru? Pokud to byl PID Tuner, nezvažoval jste i jiné nástroje (např. Control System Tuner)?

Datum: 25.1.2021

Podpis: