ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Identifikace 6-osého průmyslového robotu**
Jméno autora:	**Bc. Andrej Suslov**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Martin Ron
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **průměrně náročné**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadání klade nároky na znalosti z oblasti teorie dynamických systémů, odhadování a identifikace. Bylo zapotřebí prohloubení znalostí ve specifickém případu identifikace 6-osých průmyslových manipulátorů tak, aby se práce opírala o vědecké výsledky v této oblasti z poslední doby. Zároveň zadání vyžaduje i praktické ověření dosažených výsledků. Celkově hodnotím náročnost zadání jako středně náročné.

Splnění zadání — **splněno**

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.

Student splnil všechny body zadání.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce — **B - velmi dobře**

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.

Student byl v průběhu řešení práce velmi samostatný a v průběhu semestru stále posouval práci k vytyčenému cíli. Konzultace byly spíše minimální, ale ve výsledku se to nijak negativně nepromítlo do kvality práce.

Odborná úroveň — **A - výborně**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Práce má dobrou odbornou úroveň. Student korektně aplikoval znalosti získané z odborné literatury a projevil i vlastní invenci při řešení některých dílčích problémů úkolu.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **A - výborně**

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

Práce má dobrou formální i jazykovou úroveň.

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.

Citace i převzaté obrázky jsou v textu používány s uvedením zdroje, odkud byly převzaty. Student aktivně a samostatně vyhledával odbornou literaturu k řešené tematice. V bibliografii jsou uvedené údaje dostatečné, ale některé by zasluhovaly rozšíření o více údajů.

Další komentáře a hodnocení

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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 A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Předložená práce zcela splňuje zadání, řešitel přistupoval k práci samostatně a úspěšně dosáhl výsledků adekvátních rozsahu zadání. Spolehlivá identifikace robotických manipulátorů je aktuální a rozvíjející se téma, kterého se řešitel chopil zodpovědně a svými výsledky přispěl k související vědecké práci Oddělení průmyslové automatizace na katedře řídicí techniky.

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

Datum: 1.6.2017 Podpis:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Identifikace 6-osého průmyslového robotu**
Jméno autora:	**Andrej Suslov**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Jiří Švéda, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní (FS), Ústav výrobních strojů a zařízení

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadání diplomové práce obsahuje komplexní skupinu úkolů zaměřených na problematiku tvorby náhradního matematického modelu pro predikci energetické spotřeby průmyslového robotu. Kromě sestavení dynamického modelu průmyslového robotu obsahuje také verifikační měření a návrh systému pro dlouhodobé měření energetické spotřeby. Z tohoto pohledu hodnotím zadání práce jako náročnější.

Splnění zadání — **splněno**

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.

Práce celkově splňuje zadání. V práci je nicméně věnováno poměrně málo prostoru rešerši v oblasti identifikace dynamických parametrů průmyslových robotů. Menší nejasnosti dále vyvstávají v oblasti definice identifikace dynamických parametrů, kdy jsou jako tyto parametry označovány pouze hmotnosti, momenty setrvačnosti a tření. Do dynamických parametrů je však nutné obecně také zahrnout také strukturální chování (vl. frekvence a tvary) mechanické struktury a dynamické chování a parametry komponent pohonu. Pro potřeby práce je však řešení založené na zjednodušeném modelu tvořeném tuhými tělesy ramen robotu dostatečné.

Zvolený postup řešení — **správný**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Zvolený postup řešení je správný. Student nejdříve vytvořil náhradní matematický model, tento model použil pro identifikaci parametrů průmyslového robotu (hmotnosti, momenty setrvačnosti, tření) a následně měřením ověřil. Nicméně v některých částech je práce trochu nepřehledně členěna. Doporučil bych spíše členění odpovídající zadání práce, kde je seznam úkolů a tím i kapitol jasně definován.

Odborná úroveň — **B - velmi dobře**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Student prokázal schopnost řešit náročné a komplexní inženýrské projekty s využitím znalostí z průběhu studia a z odborné literatury. Některé výroky v diplomové práci jsou ale ukvapené a bylo by dobré se jim vyvarovat nebo podat hlubší vysvětlení, např. přesnost robotu KUKA KR5 není 0,04 mm, ale jedná se o opakovatelnost najetí do polohy, přesnost je řádově horší; převodovky nejsou u robotu použity pro zvýšení přesnosti polohování, ale z důvodu možnosti použití kompaktnějších pohonů a regulace, naopak převodovky vnášejí do pohybu robotu nepříznivé dynamické projevy; servomotory nejsou přímo vybavovány sondami pro měření proudu, tento proud se měří ve frekvenčním měniči; matematický model robotu je 2. řádu, v práci uvedeno 12. řádu atd.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **A - výborně**

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

V práci jsem nezaznamenal významné formální a jazykové chyby, formální úprava je na úrovni odpovídající diplomové práci. Jen bych doporučil používání výrazu „průmyslového robotu" namísto „průmyslového robota".

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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 využíval relevantní zdroje. Nicméně zejména v úvodní části by bylo dobré věnovat více pozornosti rešerši.	

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.
Vytvořený a identifikovaný model průmyslového robotu poměrně dobře odpovídá skutečnému měření pro trajektorii, na které byl identifikován. Oceňuji, že student provedl také měření na jiných trajektoriích, na kterých sice není shoda tak patrná, nicméně je proveden rozbor vzniku možných odchylek. Úroveň dosažených výsledků je dle mého názoru vysoká.

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.

Vývoj modelu průmyslového robotu pro predikci energetické spotřeby reálného stroje je důležitým tématem, které bylo v rámci diplomové práce systematicky řešeno za použití zjednodušeného modelu.

Otázky:

- Je vzorkovací perioda 40 ms pro měření proudu dostatečná? Špičky proudu nemusí být při takovéto vzorkovací frekvenci zaznamenány, i když způsobí velkou spotřebu elektrické energie. V praxi se používá měření, kdy je proud vzorkován s rychlostí např. 1 ms a spotřeba je v rastru ukládání (např. 40 ms) integrována. Bylo by toto možné provést i v tomto případě?
- Jak jsou data o aktuálně odebíraném proudu čtená pomocí karty WAGO 750 synchronizována s pohyby robotu a se záznamem z Trace? Má PLC Siemens k dispozici informaci o začátku měření pomocí nějakého triggeru?
- Data z měřicího PLC jsou ukládána pomocí Aplikace DEPO. Je tato aplikace schopna ukládat online také data z řídicí jednotky robotu? Jedná se o proudy jednotlivých motorů.
- Jedná se v případě matematického modelu skutečně o inverzní dynamickou úlohu? Dle Vašeho tvrzení jsou zadány polohy, rychlosti a zrychlení jednotlivých kloubů a jedná se o výpočet sil. Inverzní dynamická úloha by měla mít za úkol výpočet sil, zrychlení, rychlostí a natočení jednotlivých kloubů na základě znalosti trajektorie, rychlostí a zrychlení koncového efektoru robotu.
- Byly dynamické rovnice řešeny i jinými metodami než metodou nejmenších čtverců? Byly výsledky opakovatelné i při měření stejné trajektorie – vliv pasivních odporů je v čase konstantní?
- Jak byl sestaven model - 3D model se třením?
- Obrázek 7.1 – jsou průběhy měření pro pohyb vždy jedné osy nebo jsou grafy vyneseny pro společný pohyb všech kloubů? Jaký byl průběh polohy, rychlosti a zrychlení jednotlivých kloubů a koncového efektoru při měření a simulaci na těchto obrázcích?

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

Datum: 5.6.2017 Podpis: