

Oponentní posudek disertační práce

Ing. Jiřího Volecha

Optimalizace a řízení lehkých poddajných mechanismů s přídavnými aktuátory a senzory

K posouzení byla předložena disertační práce o optimalizaci a řízení lehkých poddajných mechanismů, zaměřená na přídavné aktuátory a senzory. Práce obsahuje 98 stran, 75 obrázků a 3 tabulky. Přístup k řešení je určitou nadějí v oblasti řízení poddajných mechanismů, neboť právě přidáním dodatečných prvků dokáže zpřesnit požadované polohování vybraného bodu nebo členu mechanismu. Vyřešení této problematiky by jistě přispělo k rozšíření využití jak sériových, tak i paralelních vláknových mechanismů, kterými se práce především zabývá, v průmyslu. Cíle disertační práce uvedené v kapitole 3. na stranách 24 a 25 považuji tedy za aktuální a plně disertabilní. Dále se v oponentském posudku vyjadřuji k požadovaným bodům.

Dosažení v disertaci stanoveného cíle. Doktorand splnil všechny cíle. Navrhl vhodný koncept přídavného odměřování pro sériový mechanismus. Funkčnost tohoto konceptu následně ověřil jednak na detailním simulačním dynamickém modelu a dále na poddajném experimentálním demonstrátoru, který k tomuto účelu zhotovil. Dále navrhl a sestavil koncept přídavných aktuátorů pro zvýšení přesnosti řízení pohybu platformy lanového paralelního mechanismu při rychlých pohybech a provedl optimalizaci mechanických vlastností navrženého přidaného mechanismu. Vyvinul vhodné současné řízení obou mechanismů (jak lanového, tak i přidaného) a toto ověřil jak simulačně, tak i na reálném demonstrátoru. Tím jednoznačně splnil všechny cíle práce.

Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky. Přehled současného stavu řešené problematiky je velmi podrobný. Postupně se zabývá výhodami i nevýhodami jak sériových, tak i paralelních vláknových mechanismů, včetně dosud známých postupů, jak nevýhody odstraňovat. Je zmiňována možnost redundantních měření u sériových mechanismů a zpřesnění polohování paralelních vláknových mechanismů přidáním sekundární platformy. Dále jsou rozebrány známé postupy řízení takovýchto mechanismů a jejich odměřování pomocí laserů.

Teoretický přínos disertační práce. Za největší teoretický přínos práce považuji nalezení vhodných metod řízení a tím zpřesnění polohování jak sériových, tak i paralelních vláknových mechanismů.

Praktický přínos disertační práce. Praktickým přínosem práce je ověření navržených metod řízení na dvou reálných demonstrátorech. U sériového demonstrátoru je prováděno redundantní odměřování a je uvažována i jeho poddajnost. U vláknového demonstrátoru je zpřesnění polohování dosaženo přidáním sekundární platformy. V obou případech jde o velmi zajímavý příspěvek k řízení těchto typů mechanismů z hlediska jejich praktického použití.

Vhodnost použitých metod řešení. Metody použité jak pro modelování, tak řízení mechanismů byly vhodně zvoleny. Metody byly v rámci řešení práce dále rozvinuty a plně odpovídají současnému stavu poznání.

Způsob, jak byly použité metody aplikovány. Použité metody doktorand zcela nepochybně úspěšně aplikoval. Důkazem toho jsou praktické výsledky práce.

V posuzované disertační práci, ale i v dalších publikacích **doktorand prokázal odpovídající znalosti v daném oboru**. Jde o rozsáhlou teoretickou práci, jejíž výsledky byly prakticky ověřeny. Zahrnuje jak poznatky z mechaniky, tak i z teorie řízení.

Formální úroveň práce. Práce má poměrně pěknou grafickou úroveň. Velké výhrady mám však k samotnému zdokumentování práce a jejích výsledků. Například bych očekával, že budou nějak porovnány metody řízení popsané v kapitolách 4.3. až 4.9. Kapitola 4.10. (Simulační výsledky) neobsahuje jedinou větu! Měly by zde být nějak zhodnoceny výsledky vykreslené v grafech. Podobně v kapitole 5.6. je několik obrázků (např. Obr. 57), které mají nulovou vypovídací hodnotu. Jistě by postačil jediný, který by doložil, že v tomto měřítku nelze odchylky vyhodnocovat a že je třeba vykreslit „Detaily“ (např. Obr. 58). Není však jasné, zda „Detail“ je volen v místě (v čase), kdy jsou odchylky největší. Opět tedy schází zhodnocení výsledků.

Druhou velkou výhradu mám pak k jazykové stránce práce. Některé věty nejsou podle Pravidel českého pravopisu. Stejně věci jsou nazývány různými pojmy, což značně ztěžuje porozumění textu. Dále se textu opakují některé skutečnosti nebo dokonce i celé věty. V textu scházejí odkazy na některé obrázky, např. Obr. 1, 2, 4, 6

Připomínky věcného nebo formálního charakteru uvádím podle pořadí stran v textu:

- str. 3⁴⁻⁵ – schází odsazení čísel stránky pomocí teček
- str. 5²¹⁻²² – ... Souřadné systémy ... *správně* ... Souřadnicové systémy; vyskytuje se i dále v textu
- str. 6¹² – ... planární) s ... Jednopísmenná předložka na konci řádku. Podobně str. 10².
- str. 6¹⁴ – ... Piezo platforma přidaná na kabelovou platformu ... ??? Platformy nejsou tvořeny ani piezo aktuátory ani kabely!!! Označení je matoucí a v práci je dále hojně používáno (např. str. 9³⁻⁴)
- str. 6³ – ... Požadovaná 1 trajektorie??? ... *zřejmě myšleno* ... Požadovaná první trajektorie *nebo* ... Požadovaná trajektorie 1
Podobně str. 7³ a str. 7⁸
- str. 7⁵ – Obr. 71 má stejný název jako Obr. 56??? Pravděpodobně jde o stejné obrázky!
- str. 9¹³ – Proč je vektor „t“ označen šipkou, když ostatní vektory jsou označeny tučným písmenem? Navíc se domnívám, že vektor není v práci použit.
- str. 12⁶ – Jednou z nejdůležitějších požadavků ...???
- str. 13⁴⁻⁷ – Číslování hlavních bodů by se mělo lišit od číslování kapitol
- str. 13¹¹⁻¹⁸ – Hodnocení sériových a paralelních struktur, uvedené na těchto řádcích se v práci dále zcela zbytečně mnohokrát v malých obměnách opakuje. Jak se liší pojmy ... pracovní a zástavbový, ... zastavěný / využitelný ..., ... efektivním pracovním a zástavbovým prostorem (str. 16³) ...?
- str. 13²³ – ... jako spojů ...??? Kabely / vlákna ... bych asi neoznačil jako spoje. V cílech práce se hovoří o lanových paralelních mechanismech. Asi by bylo vhodné se tohoto označení přidržet (v práci jsou náhodně označovány jako kabelové, vláknové a pásové).
- str. 13² – Směs tuhých prvků a kabelů ...???
- str. 15⁵ – ... jak zvýšit efektivní tuhost člena robota.???
- str. 17⁴ – Originál i jeho 50m model se zabývají ...???
- str. 26-28 – V obrázcích 4, 7 a 9 jsou anglické popisky. Jsou-li popisky anglicky, měly by být pod obrázkem přeloženy.
- str. 35¹ – Kdy I_m , I_q jsou ...???
- str. 40⁷⁻¹⁴ – Opakování sedmi řádků (str. 20¹⁵⁻²²) jen s nepatrnými odchylkami!!!
- str. 41¹⁰⁻¹¹ – ... tavary ...???
- str. 53³ – ... mechanismu poháněného kabelem ...???
- str. 59⁹ – ... lze nalézt přesné hodnoty kalibrovaných parametrů.??? ... S jakou přesností?
- str. 63⁷ – ... poloha sekundárního bodu platformy ... *a kde je primární bod?*

- str. 63⁷⁻⁹ – ... řídicích deskách (dSpace... ovládána platformou dSpace ... *třetí platforma?*
str. 64¹ – ... z kardanových enkodérů ... *domnívám se, že pan Cardan žádné enkodéry neměl*
Podobně str. 64⁴⁻⁵
str. 64³ – ... jak na kardanové úhly ... *správně* ... jak na Cardanovy úhly
str. 64₆ – Rovina plošiny se však pohybuje po sférické rovině kardanového kloubu.???
str. 65 – (69) až (71) ... *desired* ... ??? Shodují se s hodnotami ... *žádaná* ... v (66) až (64)?
str. 66² – Řídicí úloha piezo ovládané platformy ...???
str. 67-68 – Všechny symboly u_1 , u_2 a u_3 na těchto stránkách nemají být psány tučně. Jde o prvky vektorů!
str. 68 – V legendách Obr. 54 mají být symboly u , nikoli U .
str. 69 – V Obr. 55 mají být symboly u , nikoli U .

Pozoruhodná jsou i jména autorů v Citované literatuře, konkrétně [2], [19], [25], [27], [39], [81], [82], [118] a [122].

Dotazy k rozpravě

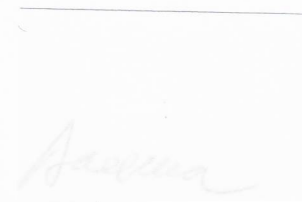
- Můžete provést nějaké porovnání metod řízení popsanych v kapitolách 4.3 až 4.9.?
- Můžete vysvětlit, podle čeho byla volena místa (časy) „Detailů“ v grafech v kapitolách 5.6. a 5.7.? Mohl byste provést (třeba jen pro jednu trajektorii) vyhodnocení odchylek jednotlivých průběhů v celém časovém úseku?
- Na řízení bude mít jistě vliv rychlost pohybu po zvolené trajektorii. To ve Vaší práci není vůbec řešeno. Mohl byste provést (třeba jen pro jednu trajektorii) vyhodnocení vlivu např. dvojnásobného nebo trojnásobného zvýšení rychlosti pohybu? Předpokládám, že již není k dispozici reálný demonstrátor, ale vliv rychlosti by se dal jistě vyzkoušet na simulačním modelu.

Závěr

Předložená doktorská disertační práce řeší aktuální téma. S výše uvedenými drobnými námitkami práce splnila deklarované cíle i nároky na odbornou, jazykovou a formální úroveň. Společně s dalšími publikacemi doktoranda přispívá k rozvoji poznání v oblasti řízení lehkých poddajných mechanismů s přídatnými aktuátory a senzory. Autor předloženou práci jednoznačně prokázal schopnost vědecky pracovat, dosáhl pozoruhodných výsledků, a proto

disertační práci Ing. Jiřího Volecha doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 30.8.2021


Doc. Ing. Václav Bauma, CSc.