

Oponentní posudek na disertační práci

Autor disertační práce: Ing. Martin Švejda

Název práce: Optimalizace robotických architektur

Význam disertační práce pro obor Kybernetika

Význam disertační práce ing. Švejdy pro obor Kybernetika je nesporný. Je to jedna z mála prací, která plně koresponduje s charakteristikou tohoto oboru, tj. oboru, kde se potkávají problémy, aparát a nástroje různých technických oborů, které se historicky vyvíjely izolovaně, mechanika, elektrotechnika, matematika, informační technologie, a Kybernetika je systematickým způsobem zastřešuje.

Disertační práce Martina Švejdy je vzorovým příkladem efektivního mezioborového přístupu k návrhu zařízení ve stylu "concurrent engineering", kdy jsou jednotlivé fáze, v konkrétním případě fáze návrhu redundandního manipulátoru, navzájem provázány a mnohdy řešeny paralelně, aby výsledek mechanického, resp. elektromechanického designu nepředstavoval pro návrh řídicího systému neřešitelný problém ale naopak umožňoval narhnout algoritmus řízení tak, aby nemusel složitým způsobem napravovat konstrukční nedostatky vlastního zařízení a přitom ještě optimalizovat jeho chování při plnění dané úlohy manipulace.

Vyjádření k postupu řešení.

Postup řešení a realizace cílů práce je vzorovou ukázkou inženýrského přístupu k vědecké práci od konkrétního k obecnému. Martin Švejda nejprve pracoval na řadě různých inženýrských projektů komplexního návrhu redundandních manipulátorů se zcela konkrétním zadáním. Jednotlivá řešení následně zobecnil a výsledkem je poměrně široce použitelná metodika optimálního návrhu manipulátorů s komplexními požadavky na jejich chování.

Vyjádření k použitým metodám.

Na straně 48, obr. 3.3 je uvedeno schéma, které jasně vysvětluje na jakém aparátu je postaveno řešení úlohy návrhu kinematiky redundandních manipulátorů. Základem je formulace návrhu jako úlohy optimalizace kinematických parametrů, což je z pohledu matematiky úloha nelineárního programování hledání minima kriteriální funkce (lineární/nelineární) nad množinou parametrů s omezením ve formě nelineárních rovnic a nerovnic.

Takto formulovaná úloha je dostatečně obecná na to, aby pokrývala široké spectrum praktických úloh.

Vyjádření ke splnění určeného cíle.

Všechny hlavní cíle práce byly splněny. Byly implementovány sw nástroje pro vytváření simulačních modelů robotických systémů pro běžné i nestandardní aplikace v programovém

prostředí Matlab, resp. knihovna robotLib v Matlab/Simulink/SimMechanics. Byly vyvinuty a ověřeny algoritmy a metody optimalizace návrhových parametrů a optimálního řízení redundandních manipulátorů.

Stanovisko k výsledkům a k původnímu přínosu.

Znovu se zde vracím na stranu 48 a obr. 3.3 se schématem parametrické optimalizace kinematiky redundandních manipulátorů, které je zároveň návodem kde v tomto aparátu hledat vlastní přínos. Najdeme zde knihovnu funkčních bloků pro vytváření simulačních modelů manipulátorů, modifikaci Culling algoritmu hledání globálního optima úlohy statické optimalizace a optimální řízení pohybu redundandních manipulátorů. V případě Culling algoritmu chybí v práci snad jen paralela s metodou Branch & Bound často používanou při řešení úloh diskrétní a kombinatorické optimalizace. Za originální myšlenku považuji využití řešení úlohy optimálního řízení redundandních manipulátorů k návrhu vhodné kinematické architektury, kde optimální řízení ukáže na kloubové souřadnice, které vykazují malou a jiné velkou varianci. Druhá kategorie by měla být přirozeně spojena s aktuátorem, zatímco první nikoli.

Hodnocení systematickosti, přehlednosti, formální úpravy a jazykové úrovně.

Předložená práce vyniká svou systematickostí a přehledností, ke které přispívá výborná grafická úroveň díla.

Publikace

Šest publikací uvedených v seznamu autorem publikovaných prací jsou dohledatelné ve sbornících mezinárodních konferencí z nichž minimálně dvě, 19th World Congress IFAC 2014 a 2013 IEEE International Conference on Mechatronics, patří do kategorie špičkových s přísných recenzním řízením.

Celkem 26 ostatních publikací autora, vesměs technických zpráv k projektům úzce souvisejícím s tématem předložené disertační práce, umožňuje dohledat podrobnosti, které v konferenčních příspěvcích pochopitelně nemohou být obsaženy. Připomínám, že dostupnost těchto publikací jsem si ověřil.

Významným výstupem práce Martina Švejdy je knihovna funkcí a funkčních bloků určených pro vývoj simulačních modelů sériových manipulátorů, též volně dostupná ke stažení.

Na základě výše uvedeného **DOPORUČUJI** disertační práci "Optimalizace robotických architektur" k obhajobě.

V Praze dne 19.7.2016



Petr Horáček

Posudek oponenta disertační práce

Název práce: Optimalizace robotických architektur

Jméno a příjmení autora disertační práce: Ing. Martin Švejda

Oponent: Ing. Květoslav Belda, Ph.D., ÚTIA AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8

Předložená disertační práce sestává z pěti kapitol zabývajících se problematikou optimalizace robotických struktur (188 stran). K těmto kapitolám je připojena příloha souvisejících matematických metod v robotice (77 stran), příloha obsahující seznam publikovaných a nepublikovaných prací autora a seznam použité literatury.

Význam disertační práce spočívá v nastínění problematických oblastí vystupujících při návrhu konfigurací robotických struktur a syntézy jejich parametrů. Vytipování oblastí bylo podníceno řešenými projekty, na kterých se autor podílel a které ovlivnily i výběr a charakter cílů předložené práce. Autor se v rozsáhlé problematice snaží o obecnější náhled na dané oblasti a předkládá nadmíru rozsáhlý přehled možných cest k řešení obecné komplexní úlohy jak zvolit resp. optimalizovat konkrétní konfiguraci robotické struktury a její parametry s uvážením konkrétních podmínek a omezení daných předpokládanou cílovou aplikací.

Vlastní postupy řešení cílů odpovídají nastíněným problémovým oblastem a vycházejí z dostupných standardních matematických metod užívaných v robotice (D-H přístup, optimalizace Jakobiho matic vzhledem k pohyblivosti, kinematické určitosti a zobecněným silovým přenosům, Newton-Eulerův přístup a další) a i obecnějších matematických metod lokální a globální optimalizace. Některé popisy standardních metod a faktů (např. části 3.2.2. – 3.2.3., obdobně části 3.3.1. – 3.3.4.) v dané rozložené formě s neostře oddělenými faktickými závěry od neformálnějších komentářů autora bez přímého navázání na konkrétní použití nepřispívá k rozpoznání přínosu jejich uvedení k řešení vytčených cílů. Splnění hlavního cíle *optimalizace konfigurace a parametrů robotických struktur* autor dokládá na příkladu vyvíjené robotické struktury zakladače (EuroTec JKR s.r.o.). Splnění návazného cíle *využití optimalizace robotických struktur v návrhu optimálního řízení* je doložena na motivačních příkladech s výukovým sériovým manipulátorem (katedra kybernetiky, FAV ZČU).

Aplikace a implementace prezentovaných obecnějších metod v komplexní úloze optimalizace konstrukce robotických struktur a nastin nového přístupu k optimalizaci pomocí tzv. cíleného rozvolnění D-H parametrů je původním přínosem autora - předkladatele disertační práce.

Práce výrazně přesahuje obvyklý rozsah disertačních prací při daném formátování. Zahnutí více obecných rozsáhlých výkladových částí a specifické víceúrovňové členění pomocí doplňkových dílčích neformálních obsahů v jednotlivých kapitolách nepřispívá k přehlednosti práce.

Po jazykové stránce je práce napsána bez chyb. Rušivě se jeví jen kombinace českého jazyka s anglickými zkratkami a používání slova „souřadný“ systém namísto „souřadnicový“ systém případně systém souřadnic. Práce má v převážné míře rešeršní charakter. Čtenář by uvítal stručnější přehled současného stavu s konkrétnějším vytipováním okruhů problémů v práci později řešených s vyšším navázáním na vytvořenou knihovnu robotLib, uváděnou jako podpůrný cíl práce např. prezentací vytvořených modelů v Simulinku a jejich výstupů.

Po odborné stránce by bylo příhodné uvážit pro další práci autorem zavedené názvosloví odlišující se od běžně uváděného (Definice norem – kvadrát Eukleidovské normy; Přímý/inverzní geometrický model: vyčlenění úlohy polohy z kinematického modelu; Definice pojmu zobecněných souřadnic – koncový/pracovní bod \times mechanismus \times kinematický/dynamický model; Rozdělení kinematických struktur – sériové, paralelní, hybridní – nezávislé redundantní pohony mohou obsahovat pouze redundantní sériové manipulátory oproti redundantním paralelním manipulátorům; Obr. 3.24 nereprezentuje redundantní paralelní manipulátor neboť bod E je součástí rovinného tělesa se 3° volnosti (x, y + natočení tělesa s bodem E v rovině xy kolem kolmé osy z), jehož poloha je určena právě třemi pohony).

Autor publikoval výsledky své práce v člancích na několika mezinárodních konferencích a na světovém kongresu Mezinárodní federace automatického řízení (IFAC). Převážná část jeho výstupů je hlavně podchycena v interních Technických zprávách Západočeské university v Plzni a jsou též součástí vytvořených reálných zařízení v rámci projektů spojených s jeho domovskou katedrou kybernetiky na Fakultě aplikovaných věd, Západočeské univerzity v Plzni.

Oponent doporučuje disertační práci k obhajobě.

V Praze dne 2. 8. 2016



Ing. Kvetoslav Belda, Ph.D.