

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh modulární konstrukce kloubů nízkonákladového robota s nosností 5 kg
Jméno autora:	Bc. Vít KAHOUN
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav výrobních strojů a zařízení
Oponent práce:	Ing. Marcel HORÁK, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra sklářských strojů a robotiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání diplomové práce je v souladu s moderními trendy v konstrukci nových typů robotů, ve kterých se uplatňuje modulární princip řešení stavby kinematického řetězce. V současné době existuje celá řada sofistikovaných řešení pohybových kloubů uplatňujících kompaktní elektrické servopohony, jejichž vývoji a výzkumu se intenzivně věnuje mnoho renomovaných firem a výzkumných organizací. Vzhledem k tomu, že cílem práce je provést rešerši stávajících systémů a realizovat návrh řešení kloubů s integrací standardně dostupných funkčních celků, je možné zadání a jeho splnění považovat za průměrně náročné.	

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>	
Posuzovaná diplomová práce byla zpracována v souladu se zadáním a obsahuje požadované náležitosti. Byla provedena základní rešerše zaměřená na konstrukční provedení vybraných typů robotů s uvedením technických parametrů, včetně rozboru několika mechanických struktur rotačních pohybových kloubů různých výrobců a popisu hlavních komponent elektrických servopohonů. Dále navazuje popis postupně zpracovaných variant koncepčního řešení rotačního kloubu a konstrukce vybrané varianty realizované formou 3D počítačových modelů a výkresové dokumentace uvedené v příloze práce. Součástí řešení jsou rovněž výpočty související s dimenzováním pohonu, které jsou však velmi zjednodušené a neúplné.	

Zvolený postup řešení	částečně vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Autorem zvolený přístup, ve kterém postupuje od rešerše až k vlastnímu řešení zadáním definovaného problému je v pořádku, ale postup uplatněný během dimenzování pohonu kloubu není v souladu se standardně používanou strategií. Není jednoznačným způsobem stanoven průběh kinematických parametrů, hodnoty úhlových zrychlení jsou nejdříve převzaty a nakonec výrazně sníženy („optimalizovány“) poněkud nepřehledně. Ve zvolené strategii výpočtu jsou jednoduše stanoveny krouticí momenty bez ohledu na pasivní odpory a možné fáze pohybového cyklu (rozběh, ustálená rychlost, brzdění, prodleva mezi cykly atd.). U řešených variant se dostatečně nepracuje s výpočty zaměřenými na momenty setrvačnosti pohonu ve vztahu k momentům setrvačnosti zátěže. U variant s krokovými motory nejsou zhodnoceny stanovené krouticí momenty z hlediska možné ztráty kroku vlivem přetížení v závislosti na konstrukci motoru. Postrádám alespoň náznak řešení dynamických účinků robotu např. metodou Lagrangeových rovnic atd.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Vzhledem k výše uvedeným nedostatkům souvisejícím zejména s provedenými výpočty má odborná úroveň předložené práce značné rezervy, které jsou však na druhou stranu vyváženy přístupem autora v oblasti návrhu vlastního řešení kloubu, které je doloženo celkem šesti koncepčními variantami, na kterých je vidět postupný progres a vlastní invence s cílem minimalizovat pořizovací náklady jednotlivých komponent pro předem zvolené výkonové parametry. Bohužel kromě uvedeného shrnutí variant v práci postrádám klasickou rozhodovací analýzu s definováním parametrů výběru a také vstup	

do řešené problematiky (rešerše) by mohl být zpracován detailněji, včetně přehledného shrnutí, což by umožňovalo efektivnější využití získaných informací v průběhu dalšího řešení práce. Z předloženého popisu řešení není zřejmé jakými externími silami a klopnými momenty lze zatížit propojovací příruby navržených modulů, což je pro případ jejich univerzálního použití zcela zásadní.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

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

Některé formulace jsou poněkud povrchní bez hlubší analýzy dané problematiky. Po formální a jazykové stránce je práce zatížena zbytečnými překlepy a gramatickými chybami (mimo jiné i např. shoda podmětu s přísudkem), u některých převzatých obrázků nejsou přeloženy popisky do ČJ, obrázky nemají podobnou formu. Je patrné, že jsou pouze „převzaty“ bez dodatečných formálních úprav, což negativním způsobem ovlivňuje celkový výsledek. Výhrady lze mít i k formátu šrafování na obrázcích variant řešení kloubového modulu.

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. Posudte, 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.

Rozsah použitých zdrojů je přiměřený, jejich charakter odpovídá řešené problematice, ale obecně je bylo možné využít efektivněji. Bibliografické citace jsou uvedeny v souladu s používanými normami a s odkazy autor průběžně pracuje v textu. Převzaté prvky jsou jednoznačným způsobem odlišeny od vlastních výsledků a úvah.

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.

Snahou autora bylo navrhnout nízkonákladovou koncepci rotačního kloubu, resp. robotu, která byla prezentována variantou č. 6 a dále konstrukčně zpracována v kap. 6. Jedná se o řešení, které kombinuje krokový motor s planetovou převodovkou a výstupním řemenovým převodem, což umožnilo instalaci dutého hřídele pro vedení energetických řetězců. Uvedená varianta splňuje plánovaný záměr řešení, ale je evidentní, že kormě ceny, nemůže z hlediska vlastní hmotnosti, zástavbových rozměrů, přesnosti polohování a dynamických vlastností konkurovat moderním kompaktním pohonům, což zcela správně a logicky v práci uvádí i sám autor. Zvolený koncept tak může najít praktické uplatnění např. v manipulačních aplikacích s nízkými nároky na dynamiku a přesnost, využití ve stavbě kolaborativních robotů už může být problém např. z důvodu větších rozměrů, rozložení hmot apod., což nedovoluje realizovat kompaktní a designově „hladké“ řešení kinematického řetězce.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Přes uvedené nedostatky autor splnil zadání diplomové práce. Navrženou koncepci a způsob konstrukční realizace pokládám za přiměřený požadavkům zadání a oceňuji, že výsledky diplomové práce poslouží dílčím způsobem pro výukové a vzdělávací účely a mají potenciál využití v rámci Testbedu CIIRC. Otázky k diplomové práci:

- V rešerši práce často používáte pojem opakovatelnost, resp. opakovatelná přesnost polohování. Můžete, prosím, tento pojem vysvětlit a definovat základní parametry, které výslednou opakovatelnou přesnost polohování ovlivňují nejvíce? Byla teoreticky stanovena opakovatelná přesnost polohování navržené koncepce robotu?
- Uvedte, jaké metody výpočtu lze uplatnit pro analýzu dynamických účinků robotů a stručně charakterizujte jejich výhody a nevýhody.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Závěrem lze konstatovat, že práci doporučuji k obhajobě a v případě úspěšného obhájení souhlasím s udělením akademického titulu „inženýr“.

Datum: 10.8.2021

Podpis: