Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.,
Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní
Katedra konstruování strojů

Univerzitní 22
306 14 Plzeň

OPONENTNÍ POSUDEK

Dizertační práce studijního oboru : **Konstrukce strojů a zařízení**

Ing. Petr ŽABKA

Název práce :

„ Mechatronický systém rozvádění příze "

Škola : Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní, Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Řešená problematika dizertační práce se týká inovace zařízení pro rozvádění příze, řešení je provedeno variantně a na základě, výpočtů, simulací a experimentů je navržena inovace s hlavním cílem zvýšit produktivitu práce stroje.

Práce je rozčleněna do těchto částí:

- úvod, ve kterém je popsán přehled současného stavu řešené problematiky a je provedena patentová rešerše
- formulování cíle dizertační práce
- provedení variantního návrhu nového systému a matematické modely pro užití v MATLAB Simulinku
- návrh konstrukce zkušebního zařízení a popis prováděných simulací a měření
- vyhodnocení a závěr

Vyjádření k jednotlivým bodům disertační práce:

- **Dosažení v disertaci stanoveného cíle**
  Cíl práce je formulován v kapitole 4.2. Základem pro inovace je stávající zařízení, které je navrženo s využitím klikového mechanismu a vodicí tyče paralelně uložené podél stroje, přičemž parametrem inovace je zejména zvýšení rychlosti navíjení. Podmínkou pro konstrukční změny je nalezení a odstranění vlivu nejslabšího článku zařízení, kterým je dlouhá rozváděcí tyč. Navržením inovativního řešení je cíl stanovený v úvodu disertační práce splněn.

- **Teoretický přínos disertační práce**
  Sestavení matematického modelu je provedeno za zjednodušujících předpokladů, které se ale opírají o poznatky z literatury. Vlastnosti jednotlivých komponent zařízení jsou formulovány jednak pomocí vlastních výpočtů a jednak pomocí firemní odborné

literatury. Teoretickým přínosem je vhodná aplikace postupů integrovaných v MATLAB Simulink systému na reálném problému.

- **Praktický přínos disertační práce**
  Praktické využití navrhovaných inovací bude zřejmě podmíněno technicko-ekonomickým vyhodnocením úprav. Technický přínos je nesporný.

- **Vhodnost použitých metod řešení a způsob, jak byly použité metody aplikovány.**
  V práci jsou využity moderní postupy simulací, výpočtů a měření. Pro sestavení modelu je třeba provést identifikaci vlastností jednotlivých komponent – viz kap. 6.3, kterou považuji z hlediska přípravných kroků pro provedení simulací za velmi zajímavou. S identifikací vlastností souvisí i kapitola 7, která popisuje návrh konstrukčního zařízení pro náhradní zkoumání servopohonu bez vlivu klikového mechanismu. Tuto partii považuji také za zcela originální přínos práce. V kapitole 9 jsou porovnávána provedená měření s výsledky simulací a vyhodnocovány varianty s dlouhou tyčí a se dvěma pohony, přičemž výsledky odpovídají původním premisám o nejslabším článku zařízení.

- **Prokázání znalostí v oboru**
  Dizertant řešením práce prokazuje dobré znalosti v oboru konstrukce textilních strojů, k řešení je přistupováno systematicky a během řešení je prokázána znalost moderních nástrojů a postupů. V literatuře, která bohužel není abecedně řazena, jsou tři příspěvky dizertanta, předpokládám, že je jich více.

- **Formální úroveň práce**

  Formální úroveň práce je dobrá, nevyskytují se zásadní prohřešky proti pravopisu ani gramatice. Z mého pohledu není zcela vhodné rozdělení práce na textovou část a přílohy, což nutí čtenáře často od textu přecházet k podkladům v přílohách. Odkazy na použitou literaturu jsou podle zvyklostí, takže práce má všechny atributy odborného textu.

K předložené disertační práci mám tyto dotazy:

- Na obr. 9.4 jsou prakticky shodné křivky při užití duralu nebo kompozitu - je možné, že na materiálu tyče tedy málo záleží ?

- Z mnoha konstatování v práci je zřejmé, že rovněž klikový mechanismus vlivem svého nekonstantního převodu je slabým místem zařízení. Jak by se dal nahradit – viz zmínka o řemenech na str. 77

- Celkové orientaci v problému by prospělo užívání více grafických schémat, než slovních popisů. Prosím o předvedení kinematických schémat mechanismu pro uvažované varianty – původní řešení i nové.

- Při obhajobě doporučuji zdůraznit, v čem spočívá „ mechatronický“ efekt zařízení.

Cílem disertační práce bylo provést inovaci řešení rozvádění příze s cílem odstranění slabého článku zařízení. Tento úkol byl splněn. Na základě toho

doporučuji

předloženou práci **Ing. Petra Žabky** k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení doporučuji podle příslušných paragrafů udělení akademického titulu Ph.D. ve studijním oboru Konstrukce strojů a zařízení.

V Plzni, dne 20. 3. 2014

Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.

Oponentský posudek disertační práce

Autor disertační práce: Ing. Petr Žabka
Název práce: Mechatronický systém rozvádění příze
Školitel: prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.
Oponent disertační práce: Doc. Ing. Pavel Rydlo, Ph.D.
Studijní program: P2302-Stroje a zařízení
Studijní obor: 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení
Zaměření: Textilní a oděvní stroje
Rozsah práce: 84 stran textu, 64 stran příloh

Rekapitulace cílů práce:

Předložená disertační práce je zaměřena na problematiku rozvádění na rotorových dopřádacích strojích. Jedná se o systém, který zajišťuje přímočarý vratný pohyb vodičů příze při navíjení. V současné době se k tomu nejčastěji využívají centrální systémy s dlouhou rozváděcí tyčí. Měření na strojích BD ukázala, že dynamika systému rozvádění je limitujícím parametrem při zvyšování výkonnosti BD strojů. Cílem práce je provést analýzu dynamického chování těchto systémů. Na základě výsledků získaných simulací a měřením navrhnout nový systém rozvádění umožňující zvýšit kvalitu příze a také zvýšit výkon stroje. Dále realizovat zkušební zařízení a ověřit funkčnost nového systému rozvádění.

Charakteristika práce a její výsledky:

Třetí kapitola popisuje současný stav systému navíjení na BD strojích a na strojích zahraničních výrobců. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých systémů. Dále je uveden přehled vybraných patentů zabývajících se rozvádění příze.

Čtvrtá kapitola obsahuje analýzu dynamického namáhání celého rozváděcího systému. Podrobně jsou analyzovány vlivy omezující další zvyšování výkonu stroje.

Pátá kapitola obsahuje návrh nového systému. Autor práce správně usuzuje, že nejslabší místo celého systému spočívá v konstrukci rozváděcí tyče. Navrhuje dvě řešení. Systém se dvěma spřaženými pohony a systém se dvěma nezávislými pohony. V disertační práci jsou oba systémy podrobně analyzovány.

Šestá kapitola obsahuje matematický model celého systému rozvádění umožňující posoudit dynamické chování celého systému rozvádění. Autor správně usuzuje, že dominantní vliv na chování systému rozvádění bude mít rozváděcí tyč. Modelování dynamického chování rozváděcí tyče věnoval zvýšenou péči. V práci jsou použity dva modely:

- model se soustředěnými parametry,
- model vypracovaný pomocí metody konečných prvků.

Autor dochází k závěru, že model na bázi MKP simuluje chování tyče věrněji než model se soustředěnými parametry. V práci by mohlo být podrobnější porovnání použití jednotlivých metod. Například z pohledu identifikace parametrů, složitosti modelu, rychlosti výpočtu, výsledků simulace. V technické praxi se někdy pro získání prvních orientačních výsledků zjednodušené modely používají.

Dalším důležitým subsystémem je řízený servopohon. V současné době probíhá rychlý vývoj v oblasti řízených servopohonů. Vhodná volba servopohonu totiž umožňuje výrazným způsobem zvýšit dynamiku a přesnost chování poháněného zařízení. Vzhledem k vysokým

dynamickým nárokům byly zvoleny pohony firmy Emerson_Control Technique typu Digital ST Plus. Zvolený matematický model řízeného servopohonu je dostatečně přesný pro modelování dynamiky řízeného procesu. Verifikace modelu byla provedena ve frekvenční oblasti. Z průběhů na obrázcích 6.19 a 6.20 je vidět dobrá shoda měření a simulace servopohonu se dvěma definovanými zátěžemi. Tato kapitola by mohla být doplněna analýzou možností zvýšení dynamiky a polohové přesnosti například pomocí otáčkového a proudového feedforwardu.

Model klikového mechanizmu zohledňuje dynamické účinky pohyblivých členů a pro sestavení diferenciálních rovnic modelu je použit d'Alambertův princip.

V sedmé kapitole je popsána konstrukce zkušebního zařízení se dvěma pohony. Pro lepší orientaci by bylo výhodnější uvést zobrazení zkušebního zařízení (obr. 7.2) z více pohledů.

V osmé a deváté kapitole jsou uvedeny výsledky měření a simulací. Dynamické chování celé původní konstrukce bylo ověřováno pomocí zrychlení na první sekci dlouhé tyče při rychlosti rozvádění 150 zzpm. Z grafu (obr.9.1) je vidět velmi dobrá shoda průběhů získaných měřením a simulací. Základem měření dynamického chování tyče bylo měření dráhy a zrychlení na vybraných místech tyče. To bylo doplněno o měření síly na začátku tyče. V rámci práce byly potom navrženy dva systémy:

- systém se dvěma spřaženými pohony,
- systém se dvěma nezávislými pohony.

Simulací a měřením bylo zjištěno, že systém se spřaženými pohony nedává dobré výsledky (viz obr.8.8) a toto řešení bylo zavrženo. Konstrukce se dvěma nezávislými pohony se ukázala výhodnější (viz obr.9.1). Na obr.9.2 je uvedena závislost velikosti maximální síly v tyči na rychlosti rozvádění. Z grafu vyplývá, že při použití stejné rychlosti rozvádění se dosahuje méně jak poloviční síly. Z toho plyne, že s jedním pohonem a dlouhou tyčí lze dosáhnout maximální rychlosti 150 zzpm, zatímco se dvěma pohony a dvěma krátkými tyčemi lze dosáhnout rychlosti 230 zzpm.

Desátá kapitola práce (Závěr) rekapituluje postup řešení stanoveného problému a stručně shrnuje dosažené výsledky. Autor na základě simulací a měření v závěru konstatuje, že použití dvou menších pohonů pohánějících dvě tyče poloviční délky je výhodnější než jeden centrální systém. V případě použití systému s nezávislými pohony bylo oproti původnímu řešení dosaženo výrazného zlepšení jak v přípustné rychlosti, tak především v kvalitě rozvádění. Při respektování maximálního přípustného dlouhodobého zatížení tyče lze zvýšit rychlost rozvádění cca o 53% a zároveň snížit maximální odchylku v šířce rozvádění o 55%. Potvrdil se tak výchozí předpoklad, že dlouhá rozváděcí tyč výrazně omezuje výkon stroje. Zajímavé by bylo simulovat systém se 4 pohony a 4 krátkými tyčemi.

Závěr:

Disertační práce se zabývá důležitou problematikou, která souvisí se zajištěním kvality příze vyráběné na rotorových dopřádacích strojích včetně možnosti zvýšit výkon stroje. Postup řešení problému zvolený autorem považuji za správný a adekvátní stanoveným cílům. Přínosy práce jsou podle mého názoru:

- analýza dynamického chování jednotlivých mechatronických subsystémů,
- vypracování matematického modelu,
- návrh nového systému rozvádění se dvěma nezávislými pohony,
- realizace měřicího standu a provedení ověřovacích měření včetně vyhodnocení..

Práce je svými výsledky pozitivním přínosem jak z hlediska dosažených nových vědecko-výzkumných poznatků v dané oblasti tak i pro přímou praktickou průmyslovou aplikace. Mohu konstatovat, že disertační práce dokazuje, že disertant ovládá metody vědecké práce, má dostatečné teoretické a praktické dovednosti v oboru a je schopen přinášet nové teoretické poznatky a v technické praxi je aplikovat. V práci je vhodně využito teoretických poznatků, provedeno velké množství simulačních a praktických experimentů a získaná data vhodně aplikována na řešený úkol. Závěrem je možno konstatovat, že cíle disertační práce byly splněny.

Na základě výše uvedených skutečností **doporučuji** předloženou disertační práci k obhajobě.

V Liberci 21.3.2014

Doc. Ing. Pavel Rydlo, Ph.D.
Fakulta mechatroniky,
informatiky a mezioborových studií

Otázky, které doporučuji při obhajobě diskutovat:

1) Na obr. A.11 je uveden průběh zátěžného momentu, který je nerovnoměrný. Je možno v systému rozvádění implementovat mechanický subsystém s akumulací mechanické energie při reverzaci s cílem optimalizovat průběh zátěžného momentu tak, aby bylo možno snížit požadavek na výkon servomotoru?
2) Autor v šesté kapitole dochází k závěru, že model na bázi MKP simuluje chování tyče věrněji než model se soustředěnými parametry. Jaké je podrobnější porovnání použití těchto metod. Například z pohledu identifikace parametrů, složitosti modelu, rychlosti výpočtu, přesnosti výsledků simulace?

prof. Ing. Štefan Segľa, CSc., Katedra aplikovanej mechaniky a mechatroniky, Strojnícka fakulta, TU v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská republika

---

Oponentský posudok dizertačnej práce

Ing. Petr Žabka: Mechatronický systém rozvádění příze

Úvod.

Doktorand sa v dizertačnej práci zaoberá systémom rozvádzania na rotorových dopriadacích strojoch, ktorý zaisťuje vratný pohyb vodičov priadze. Cieľom je zvýšenie produktivity i kvality navíjania existujúceho mechatronického systému, kde pohyb rozvádzacej tyče (RT) je realizovaný pomocou servopohonu s kľukovým mechanizmom. V práci sa analyzujú dve nové varianty. Prvá využíva spriahnuté servopohony zabezpečujúce pohyb RT. Cieľom tohoto usporiadania je odtránenie tlakového a tým i vzperného namáhania RT, ktoré má za následok nadmerné hlavne priečne kmitanie RT, predčasné opotrebovanie jej ložísk a ďalšie nepriaznivé dynamické účinky. Druhá varianta má dva nezávislé servopohony, pričom pôvodná RT je rozdelená na dve s polovičnou dĺžkou. Obe varianty boli riešené simulačne (v programovom prostredí Matlab/Simulink) a tiež experimentálne. To umožnilo verifikovať parametre simulačných modelov a pomocou nich vyšetriť vplyv rôznych parametrov systému na jeho dynamické chovanie.

Práca má 84 strán textu a 64 strán príloh. Priložené CD obsahuje plný text práce a tiež simulačný model riešeného problému v programovom prostredí Matlab/Simulink. Je logicky rozčlenená do deviatich kapitol (okrem Obsahu, Literatúry a Zoznamu príloh). V Úvode (kap. č. 2) sa autor stručne venuje klasifikácii a vývoju rotorových (bezvretenových) dopriadacích strojov. Tretia kapitola popisuje proces navíjania priadze na cievku, druhy vinutia a vady cievok. Z bezvretenových dopriadacích strojov sa pozornosť venuje hlavne rôznym skupinovým systémom navíjania s RT. Obsahom kapitoly je i patentová rešerš. Kapitola dokumentuje dobrý teoretický i praktický prehľad doktoranda v oblasti bezvretenových dopriadacích strojov. Vo 4. kap. sú charakterizované limitné faktory moderných bezvretenových dopriadacích strojov, súvisiace hlavne s dĺžkou RT a tým jej hmotnosťou, ktorá nepriaznivo ovplyvňuje dynamiku týchto strojov (hlavne priečne kmitanie RT, opotrebovanie ložísk a iné). Obsahom kapitoly je i formulovanie cieľov práce (malo však byť jasnejšie a jednoznačnejšie) – predovšetkým má ísť o analýzu a optimalizáciu existujúceho systému navíjania pre dlhé BD stroje a zvýšenie navíjacej rýchlosti pri zachovaní kvality návinu. Z tejto kapitoly je zrejmá viacročná práca doktoranda a širšieho kolektívu pracovníkov Katedry textilných a jednoúčelových strojov FS TU v Liberci a tým i schopnosť formulovať prakticky orientované výskumné úlohy. I keď sa v cieľoch práce hovorí o optimalizácii, v práci neboli použité optimalizačné metódy a preto bolo vhodnejšie hovoriť o úpravách existujúceho systému s cieľom zvyšenia jeho produktivity. V 5. kap. sa na základe predchádzajúcich experimentálnych výskumov konštatuje, že z hľadiska dynamického je limitným faktorom pôvodného systému RT, ktorej hmotnosť a vysoké rozvádzacie rýchlosti (a hlavne s tým súvisiace vysoké zrýchlenia a spomalenia v úvratiach) vedú k jej nadmernému namáhaniu na tlak a vzper a opotrebovaniu klzných puzdier. Tieto problémy vedú k obmedzeniu maximálnych prevádzkových otáčok. V kapitole sa prezentujú dva už spomínané spôsoby úpravy existujúceho systému.

V 6. kap. sa najskôr uvádzajú zjednodušujúce predpoklady pre vytvorenie matematických modelov oboch riešených systémov. Týkajú sa ako konštrukčnej realizácie, tak i servopohonov a vplyvu teploty. Frekvenčná analýza RT je vhodne realizovaná pomocou MKP. Uvažuje sa však jej kmitanie len v axiálnom smere. Viac pozornosti bolo vhodné venovať dôsledkom neuvažovania priečných deformácií RT a tiež tomu, prečo sa pri verifikácii modelu RT uvažovala len základná vlastná frekvencia. Idealizácia matematického modelu synchrónneho elektromotora je vykonaná na základe zdôvodnených predpokladov. Je tu odvodený model rešpektovania suchého trenia medzi RT a podporami vhodný pre numerické simulácie. Dostatočná pozornosť je venovaná integračným metódam a voľbe vhodnej "stiff" metódy. Ďalej sa popisujú výhody systému s kľukovým mechanizmom v porovnaní so systémom využívajúcim remeň, keď je potrebná reverzácia pohybu servopohonu. Možno konštatovať, že pri identifikácii parametrov RT i servopohonu preukázal doktorand dostatočné teoretické i praktické vedomosti.

7. kap. sa venuje konštrukcii zotrvačníka pre identifikáciu parametrov servopohonu, návrhu pružnej spojky nahradzujúcej poddajnosť RT a úprave algoritmu riadenia servopohonu z rýchlostného na polohový kvôli zníženiu odchýliek pootočenia kľuky voči žiadanému priebehu. Tu treba oceniť snahu o spresnenie parametrov simulačného modelu a zároveň priblíženie fyzického modelu ku skutočnej sústave.

8. kap. sa venuje meraniam a simuláciám riešených prípadov. Graficky sa prezentujú priebehy zrýchlenia vybraných miest RT, sily v nej a porovnávajú sa s ideálnymi priebehmi pre zadaný pohyb kľukového mechanizmu a tuhú RT. Pre prípad so spriahnutými servopohonmi však výsledky simulácií i experimentov vykazovali vysokú nestabilitu, resp. i problémy s prechodom úvratí (pri experimentoch). Podstatne lepšie výsledky vykázal druhý riešený systém s dvoma nezávislými servopohonmi a polovičnými dĺžkami RT.

V 9. kap. sa najskôr venuje pozornosť vyšetreniu základnej vlastnej frekvencie RT a konštatuje sa jej dobrá zhoda medzi výpočtom MKP a meraním na modeli. Pre neúspech systému so spriahnutými servopohonmi sa porovnanie variant riešenia obmedzilo na pôvodný systém a systém s polovičnou RT s nezávislými servopohonmi. Konštatovali sa výrazne menšie maximálne sily v RT. Okrem maximálnych ťahových však bolo vhodné uviesť i maximálne tlakové sily v RT. Ďalej sa konštatuje výrazne lepšia kvalita navíjania cievok. V Závere sú celkovo zhrnuté výsledky práce. Opäť sa však neodôvodnene hovorí o optimalizácii rozvádzacieho systému.

Dosiahnutie stanoveného cieľa dizertácie.

V práci mali byť jasnejšie a jednoznačnejšie stanovené ciele práce. V odstavci 4.2 Ciele práce sa uvádza, že cieľom práce je „...především analýza a optimalizace systému navíjení u dlouhých BD strojů spojená s navíšením navíjecí rychlosti“. Hovoriť o optimalizácii je však nadsadené, skôr sa hodí formulácia „upravit stávající systém“, ako sa píše hneď v ďalšej vete. Až v kap. 5 sa konštatuje výsledok predchádzajúcich výskumov, ktorý viedol k poznaniu, že kritickým miestom systému je RT a navrhujú sa dve varianty systému – prvá so spriahnutými servopohonmi a druhá s dvoma nezávislými pohonmi a polovičnými dĺžkami RT.

Zjednodušene by sa dalo konštatovať, že splnený bol len druhý cieľ práce, keď sa v práci simulačnou analýzou i meraniami ukázalo, že takéto rozdelenie pôvodného systému vedie k možnosti výrazne vyšších rýchlostí rozvádzania i jeho vyššej kvalite. I keď na druhej strane to vedie k vyšším ekonomickým nákladom v dôsledku potreby použitia ďalšieho servopohonu. V praxi by sa teda musela riešiť otázka ekonomickej efektívnosti.

Napriek tomu, že simulácie ani merania systému so spriahnutými servopohonmi neboli úspešné, viedli k poznaniu náročnosti danej varianty, vzniknutých problémov a identifikácii možných riešení – použitiu iného algoritmu riadenia a servopohonov s remeňmi namiesto kľukových mechanizmov s nekonštantným prevodom a spresneniu matematického modelu,

pretože simulačný model vykazoval výrazne vyššiu nestabilitu ako merania na fyzickom modeli. Oceňujem teda ako prínosné i výsledky získané pri riešení tejto varianty systému so spriahnutými servopohonmi.
Pozitívne hodnotím vyváženosť teoretických úvah, numerických simulácií a analýz (vo vhodnom programovom prostredí Matlab/Simulink) a experimentov na reálnych modeloch so snahou o maximálne priblíženie sa k reálnym sústavám.

Úroveň rozboru súčasného stavu v dizertácii riešenej problematiky.

Úroveň rozboru súčasného stavu hodnotím kladne. Dizertant prezentoval veľmi dobrý prehľad v oblasti strojov a systémov navíjania, vrátane patentovej rešerše. Mohol využiť i viaceré predchádzajúce výskumné práce riešiteľského kolektívu materskej katedry. Dobre sa zorientoval v náročnej problematike servopohonov a ich riadenia, čo dáva práci interdisciplinárny (mechatronický) charakter.

Teoretický prínos dizertačnej práce.

Dizertant dobre analyzoval riešené varianty z hľadiska kinematického i dynamického. Vhodne sa sústredil na dostatočne presné modelovanie kritického prvku (RT) pomocou MKP a verifikáciu MKP modelu RT pomocou porovnania základnej vlastnej frekvencie RT získanej výpočtom a meraním. Dostatočná presnosť výsledného dynamického modelu sústavy bola potvrdená veľmi dobrou zhodou výsledkov získaných numerickými simuláciami a z experimentov na reálnych modeloch. U tých treba oceniť snahu o ich čo najvernejšie priblíženie skutočným sústavám. Pozitívne hodnotím i využitie vhodného matematického modelu servopohonov. Pre realizáciu cieľov práce dizertant vytvoril mnohé modely riešených variant v programovom prostredí Matlab/Simulink čo umožnilo získanie priebehov všetkých potrebných veličín a tiež parametrov systému na výsledky riešenia. To by len púhym experimentom nebolo prakticky možné.

Praktický prínos dizertačnej práce.

Praktický prínos dizertačnej práce považujem za významný. Práca výraznym spôsobom prispieva k poznaniu dynamických vlastností riešených sústav a umožňuje zvyšovanie ich efektívnosti (zvýšenie rýchlosti navíjania priadze a tiež aj kvalitu navíjania). Doporučujem však ďalej sa venovať riešeniu sústavy so spriahnutými servopohonmi v užšej spolupráci s odborníkmi v oblasti servopohonov a ich riadenia a s využitím poznatkov získaných v doterajšom priebehu riešenia (vplyv tuhosti RT, vhodné spätné väzby riadenia servopohonu, príp. aj výmena RT remeňom).

Vhodnosť použitých metód riešenia a spôsob ich aplikácie.

Tu vysoko oceňujem snahu o vyvážený teoretický, simulačný a experimentálny prístup k riešeniu problému. Matematický a simulačný model riešenej sústavy tak mohol byť dostatočne verifikovaný pomocou experimentov. Vhodne bolo zvolené i univerzálne programové prostredie Matlab/Simulink umožňujúce dostatočne verné modelovanie ako mechanickej časti sústavy, tak i dynamiku servopohonov a ich riadenia. Na overenie vernosti MKP modelu kritického prvku sústavy (RT) bola použitá jej základná vlastná frekvencia.

Preukázanie odpovedajúch znalostí v odbore.

Doktorand preukázal dostatočne hlboké znalosti v oblasti numerických metód mechaniky v programovom prostredí Matlab/Simulink. Tieto znalosti mu umožnili získať pôvodné a cenné výsledky v oblasti mechatronických sústav navíjania priadze. Tým preukázal i schopnosť multidisciplinárneho prístupu, keď doplnil matematický model mechanickej časti riešenej

sústavy o matematický model servopohonu a jeho riadenia s ohľadom na dynamiku sústavy. Pozitívne hodnotím i vysoké schopnosti doktoranda pri simulačnom a experimentálnom riešení problému.

Formálna úroveň práce.

Práca je písaná precízne, má vysokú formálnu úroveň, s minimálnym počtom gramatických chýb. Vyskytuje sa v nej len malý počet nepresných formulácií či termínov. Za nie najšťastnejšie však považujem preradenie príliš veľkej časti práce do príloh. To podľa môjho názoru neprispelo ku kompaktnosti práce a dosť rozptyľuje jej čítanie.

Konkrétne pripomienky:

- s. 30: ... při pohybu v tlaku ... vhodnejšie formulovať,
- s. 30: ... vzhledem k vysoké dynamice ... vhodnejšie formulovať,
- s. 33: v texte sa píše, že "jednotlivé čáry (v Obr. 6.1) zobrazují poměr amplitudy příslušné složky zrychlení k maximální hodnotě zrychlení". Ale popis zvislej osi v Obr. 6.1 je len "amplituda harmonické složky". Jednotkový rozmer však naznačuje, že ide o v texte zmienenú bezrozmerovú veličinu,

s. 34: na konci strany sa píše, že "... vzniklá chyba je řádově pouze v jednotkách procent". Nie je však z textu zrejmé, ktoré veličiny sa porovnávajú,

- s. 57: nesprávne jednotky pre rýchlosť šírenia vĺn (v predposlednom riadku),
- s. 66: pred Obr. 87 sa píše "... je vykresleno několik period přes sebe". V Obr. 8.7 je však zrejme vykreslená len jedna prióda pohybu,
- s. 78: v prvom riadku Záveru sa píše o optimalizácii rozvádzacieho systému na rotorových dopriadacích strojoch. Nepovažujem za správne hovoriť o optimalizácii, lebo v práci neboli použité optimalizačné metódy,
- s. 91: chybný vzťah pre prevod jednotiek (rad/s na ot/min),
- s. 91: chýbajú zátvorky v integráli pre φ_{RPV},
- s. 92: chýba popis veličín T_{RPV}, T_{RK},
- s. 25: d'Alembert (miesto d'Alambert),
- s. 99: "... pomocí sinovi věty" (gramaticky správne je: ... sinové ...),
- s. 99: význam sily F v rovnici pre M_F je zrejmý až z Obr. A9 na ďalšej strane.

Otázky pre doktoranda:

1) Hmotnosť rozvádzacej tyče má podstatný vplyv na dynamiku systému. Vidíte ešte nejaké možnosti jej ďalšieho zmenšenia?
2) Aký vplyv by malo zrýchlenie pohybu medzi úvraťami (v úsekoch s lineárnym priebehom požadovanej polohy vodiča - viď napr. Obr. 6.4), aby tak na reverzáciu pohybu ostal väčší čas?
3) Aký vplyv by mohlo mať vyváženie kľuky kľukového mechanizmu na dynamiku systému?
4) Prečo ste sa pri verifikácii matematického modelu rozvádzacej tyče obmedzili len na jej prvú vlastnú frekvenciu?

5) Hlavným efektom použitia dvoch spriahnutých servopohonov by mala byť minimalizácia tlakového (vzperného) namáhania rozvádzacej tyče. V akých okamihoch je treba "prepínať" servopohony (napr. v Obr. 6.4)?

6) Bolo by možné využiť pri spätnoväzobnom riadení servopohonu polohovú i rýchlostnú spätnú väzbu?

Záver.

Doktorand vo svojej práci preukázal hlboké teoretické znalosti, použil vhodné vedecké metódy a preukázal schopnosť ich tvorivého použitia pri riešení náročného technického problému ako z hľadiska teoretického, tak i simulačného a experimentálneho. V práci je veľmi dobre vyvážený teoretický, simulačný a experimentálny prístup.

Doktorand prezentoval v dizertačnej práci i v ďalších publikovaných prácach nové poznatky v oblasti dynamického správania sa mechatronických sústav rozvádzania priadze s cennými teoretickými i praktickými prínosmi a preto

odporúčam jeho prácu k obhajobe

v študijnom odbore Konstrukce strojů a zařízení

V Košiciach, 25. 3. 2014

prof. Ing. Štefan Segľa, CSc.