

Prof. Ing. Alexander Gmitterko, CSc.

Strojnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach

Letná 9

040 22 Košice

E-mail: alexander.gmitterko@tuke.sk

OPONENTSKÝ POSUDOK

habilitačnej práce

Ing. Gergelyho Takácsa, PhD.

v študijnom odbore

5.2.16 Mechatronika

Oponentský posudok habilitačnej práce Ing. Gergelyho Takácsa, PhD. som vypracoval na základe poverenia dekana Strojníckej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave zo dňa 1. 12. 2014. Oponentský posudok bol vypracovaný v zmysle §1 ods. 8 Vyhlášky MŠ SR č. 6/2005 Z. z. zo dňa 8.12.2004 o postupe získavania vedecko – pedagogických titulov alebo umelecko – pedagogických titulov docent a profesor.

Ako podklad k vypracovaniu oponentského posudku som mal k dispozícii:

1. Habilitačnú prácu s názvom Active vibration control and observers for thin cantilever beams (Aktívne tlmenie kmitania a pozorovatele pre tenké votknuté nosníky).
2. Kritéria pre vymenovanie docentov na Strojníckej fakulte STU v Bratislave
3. Zoznam pôvodných publikovaných vedeckých a odborných prác, učebných textov a ohlasov.

Potlačovanie kmitania mechanických štruktúr predstavuje praktické problémy v mnohých aplikáciách ako je to napr. v prípade manipulačného robota u ktorého je potrebné zvýšiť rýchlosť vykonávania operácie pri zníženej hmotnosti ramena. Preto v mechatronike je problém aktívneho potlačenia kmitania stále aktuálny a patrí medzi jej dôležité oblasti bádania. Cieľom tohto multidisciplinárneho bádania je vyvinúť metódy návrhu systémov aktívneho potlačenia kmitania mechanických štruktúr až na úroveň adaptívnych systémov na báze smart materiálov. Týmto prístupom je možné

odstrániť potrebu zosilňovania mechanických štruktúr za účelom minimalizácie kmitania vplyvom poruchových síl, čo umožňuje vytvárať ľahšie a často aj lacnejšie mechanické štruktúry, ktoré sa vyznačujú vynikajúcimi vlastnosťami. Tento výskum integruje viacero oblastí ako napr.: mechaniku, materiály, elektroniku, spracovanie signálov, riadenie a matematiku. Na základe týchto skutočností považujem tému habilitačnej práce za vysoko aktuálnu.

Ing. Gergely Takács, PhD. sa vo svojej habilitačnej práci zaoberá využitím progresívnych metód prediktívneho riadenia s pohyblivým horizontom za účelom riadenia, určenia stavu systému a odhadu jeho parametrov v oblasti potlačenia mechanického kmitania s konkrétnou aplikáciou na tenké votknuté nosníky. Po formálnej stránke je habilitačná práca spracovaná ako súbor publikovaných vedeckých prác doplnených komentárom. Skôr ako habilitant pristúpil k vlastnému riešeniu cieľov habilitačnej práce vykonal v 2. kapitole prehľad súčasného stavu v skúmanej oblasti a to oddelene pre použité prediktívneho riadenia založenom na modeli systému v oblasti aktívneho potlačenia kmitania mechanických štruktúr a pre použitie nelineárneho pozorovateľa stavov systému a odhadu jeho parametrov v kmitavých systémoch.

Problémy riešené v habilitačnej práci, ktoré definované v 1. kapitole je možné zhrnúť do nasledovných bodov:

- Využitie prediktívneho riadenia založenom na modeli systému s garanciou stability a kvality riadenia v oblasti aktívneho riadenia kmitania.
- Zhodnotenie rôznych metód prediktívneho riadenia.
- Vyšetrenie offline a online vlastností rôznych algoritmov prediktívneho riadenia v prípade potlačenia kmitania tenkého votknutého nosníka.
- Využitie nelineárneho odhadcu stavov systému a jeho parametrov v kombinácii s prediktívnym riadením za účelom vytvorenia adaptívneho systému riadenia kmitania.
- Štúdiá realizovateľnosti implementácie odhadcov s pohyblivým horizontom pre dynamiku kmitania.
- Aplikácia nelineárneho odhadcu stavov systému a jeho parametrov pre monitorovanie porúch mechanických štruktúr.

Tieto témy sú v práci spracované v kap. 3 s názvom „Prediktívne riadenie kmitania založené na modeli systému“, v kap. 4 „Pozorovateľ stavov a odhad parametrov pre kmitajúce štruktúry“ a v prílohách A3 až A7, ktoré obsahujú súbor päť článkov s komentármi.

V 3. kapitole habilitant vyšetroval štyri optimalizačné algoritmy, ktoré experimentálne verifikoval na laboratórnom modeli, ktorý bol reprezentovaný tenkým votknutým nosníkom z komerčne čistého hliníka EN AW 1050A s rozmermi 550 x 40 x 3 mm. Ako aktuátor bol použitý piezoelektrický prevodník a výchylka konca nosníka bola meraná laserovým triangulačným systémom. Votknutý nosník bol modelovaný kmitavým mechanickým systémom s jedným stupňom voľnosti. Z hľadiska výpočtovej efektivity riadiacich algoritmov odporúča pre kmitavé systémy s podobnou dynamikou

použiť časovo optimálne multiparametrické programovanie MPC (MP MPC) a Newtonovu – Raphsonovu stratégiu MPC (NR MPC).

Hlavnou témou 4. kapitoly je posúdenie možnosti vytvorenia online diagnostických algoritmov v reálnom čase za účelom detekcie zmien parametrov mechanického systému a zlyhania reťazca akčného člena v systéme riadenia tenkého votknutého nosníka spomínanom v kapitole 3 s tým rozdielom, že je zvýšená jeho hmotnosť a aj poddajnosť. Tento problém bol riešený v dvoch krokoch. Najskôr bol vytvorená online metóda odhadu stavu a fyzikálne interpretovateľných parametrov kmitania votknutého nosníka (tuhosť a činiteľ tlmenia) na báze rozšíreného Kalmanovho filtra v súčinnosti s už vytvoreným MPC kmitania. Na základe toho vznikol adaptívny MPC kmitania votknutého nosníka. Následne v druhom kroku sa použil systém vyvinutý v predchádzajúcom kroku na stanovenie štruktúrnej integrity systému kmitania. Takto navrhnutý systém riadenia je aplikovateľný na pružné mechanické štruktúry s prevažne dominantnou prvou rezonančnou frekvenciou až do 3 – 4 Hz. Ďalšie zvýšenie je možné zvýšením výpočtového výkonu alebo lepšou optimalizáciou softvéru.

Téma habilitačnej práce je náročná. Ing. Takács, PhD. ukázal, že má v tejto v predmetnej oblasti dobré znalosti a dobre sa v nej orientuje. Výsledky, ktoré v nej dosiahol sú pre rozvoj aktívneho riadenia kmitania a prediktívneho riadenia veľmi cenné a tým prispel aj k rozvoju odboru Mechatronika.

Z prehľadu publikačnej činnosti, ktorú som mal k dispozícii vyplýva, že sa jedná o pracovníka s výraznou vedeckou erudiáciou (2 vedecké zahraničné monografie pričom v jednej z nich je samostatný autor a v druhej vedúci autor, 2 vysokoškolské učebnice + 1 v tlači, 2 práce v zahraničných karentovaných časopisoch, 1 práca v ostatnom zahraničnom vedeckom časopise + 1 práca v recenzií + 1 práca v ostatnom domácom vedeckom časopise, 19 príspevkov v ostatných recenzovaných domácich publikáciách + 17 v ostatných recenzovaných zahraničných publikáciách) čo dokumentuje aj odozva na publikované práce (7 citácií vo WOS + 3 pozvané prednášky na medzinárodné konferencie 3 zahraničné citácie v ostatných domácich publikovaných dokumentoch + 10 citácií v ostatných domácich publikovaných dokumentoch).

Otázky

1. Z obr. 3.1 na str. 34 je zrejmé, že akčný člen reprezentovaný piezoelektrickým prevodníkom MIDÉ QP16n a snímač konca výchylky votknutého nosníka Keynce LK-G82 sú nesumiestne umiestnené (noncolocated). Prísne vzato, takéto usporiadanie vedie na systém s neminimálnou fázou teda s nulami v pravej polrovine roviny koreňov. V práci však pre toto usporiadanie používate model podľa rovnice (4.1), teda kmitavý systém s jedným stupňom voľnosti čo je v súlade s väčšinou prác zaoberajúcich sa touto problematikou. Vzhľadom na to, že ste votknutý nosník spolu s akčným členom aj experimentálne identifikovali (str. 2069 príloha A.4) tak by ma zaujímalo nakoľko je vaša aproximácia vzhľadom na použité riadiace algoritmy korektná a koľko vlastných frekvencií dokázal vybudieť piezoelektrický prevodník MIDÉ QP16n na votknutom nosníku?
2. Vzhľadom na to, že vibračná dynamika votknutého nosníka (rovnica 4.1) je z hľadiska riadenia „prívetivá“ neporovnávali ste výsledky dosiahnuté

v habilitačnej práci použitím prediktívneho riadenia s výsledkami dosiahnuté jednoduchšími algoritmami riadenia ako napr. štandardné PID algoritmy riadenia ?

3. Je potrebná kompenzácia hysterézy piezoelektrického akčného člena ?

Môžem konštatovať, že habilitačná práca potvrdzuje, že Ing. Gergely Takács, PhD. je sformovaná vedecká a pedagogická osobnosť. Preto v súlade s §1 ods. 8 Vyhlášky MŠ SR č. 6/2005 Z. z. zo dňa 8.12.2004 o postupe získavania vedecko – pedagogických titulov alebo umelecko – pedagogických titulov docent a profesor

odporúčam

menovanie Ing. Gergelyho Takácsa, PhD. za docenta v študijnom odbore

5.2.16 Mechatronika

V Košiciach 15.2.2015

prof. Ing. Alexander Gmitterko, CSc.