

Факултет МАШИНСКИ

1107/5
(Број захтева)

27.06.2013.
(Датум)

Образац 1.
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

МОДЕЛИРАЊЕ СЛОЖЕНИХ ХИБРИДНИХ СТРУКТУРА ФРАКЦИОНОГ ТИПА И ПРИМЕНА У ДИНАМИЦИ СИСТЕМА КРУТИХ И ДЕФОРМАБИЛНИХ ТЕЛА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Механика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МИПАН (Славољуб) ЦАЈИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Ниш

3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: /

Година уписа докторских студија: 2010.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 27.06.2013
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број:1107/5
Датум: 27.06.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Милана Цајића, дипл.инж.маш., бр. 1107/1 од 27.05.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Михаило Лазаревић, проф.др Александар Обрадовић и проф.др Томислав Шекара, ЕТФ Београд, број 1107/4 од 20.06.2013. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 27.06.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«МОДЕЛИРАЊЕ СЛОЖЕНИХ ХИБРИДНИХ СТРУКТУРА ФРАКЦИОНОГ ТИПА И ПРИМЕНА У ДИНАМИЦИ СИСТЕМА КРУТИХ И ДЕФОРМАБИЛНИХ ТЕЛА»** докторанта **МИЛАНА ЦАЈИЋА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту Милану Цајићу, именује се **проф.др Михаило Лазаревић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Милана Цајића, дипл. маш. инж., студента докторских студија за израду докторске дисертације

Одлуком бр. **1107/3** од 13.06.2013, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милана Цајића, дипл. инж. маш., студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **Моделирање сложених хибридних структура фракционог типа и примена у динамици система крутих и деформабилних тела**

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Име:	Милан
Презиме:	Цајић
Датум рођења:	29. 03. 1984.
Место рођења:	Ниш,
Адреса:	Ниш, опш. Пантелеј, Горњи Матејевац бб
Телефон:	018 652 078, 064 45 76 404
E-mail:	mcajic@mi.sanu.ac.rs

Образовање

- 01. 09. 1999. - 06. 06. 2003. Електротехничка школа “Никола Тесла”, Ниш
- 01. 10. 2005. - 25. 01. 2011. Машински факултет, Универзитет у Нишу, смер мехатроника, дипломирани машински инжењер, просек оцена 8.66 (осам и 66/100).

Студентске праксе

- Институт за инжењерску механику, Катедра за механику континуума, Карлсруе Универзитет (Karlsruhe Institute of Technology), Немачка (05. 07. 2010. - 25. 09. 2010)

Радно искуство

- 2011.- 2012. истраживач приправник, Математички институт САНУ, Одељење за механику, Институт САНУ у Београду
- 2012.- истраживач сарадник, Математички институт САНУ, Одељење за механику, Институт САНУ у Београду

Искуства у настави

- Показне вежбе млађим студентима из програмирања PLC контролера, предмет Управљање мехатроничким системима, Машински факултет, Универзитет у Нишу (2009.)
- Одржано предавање на семинару “Математичке методе механике у примени”, Математички институт САНУ (април 2012.)

Познавање комерцијалних софтверских пакета

- Wolfram Mathematica, MatLab, COMSOL Multiphysics

Познавање програмских језика

- C/C++
- Ледер програмирање за PLC контролере

Познавање страних језика

- Енглески језик – напредни ниво, течно говори и пише
- Немачки језик – основни ниво

Породични статус

- Ожењен, отац једног детета

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Милан С. Цајић, дипл. маш. инж., уписао је докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2010/11 године и положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом групе за Механику на Машинском факултету у Београду остваривши просечну оцену студија **10,00 (десет и 00/100)**.

Детаљан преглед номенклатура одслушаних и положених испита, дата је у *Табели бр. 1*.

ESPБ	Прва година		Друга година	
	I семестар	II семестар	III семестар	IV семестар
5	Виши курс математике оцена: 10 (deset)	Одабрана поглавља из механике оцена: 10 (десет)	Напредна роботика-изабрана поглавља оцена: 10 (десет)	Припрема за пријаву докторске дисертације
5	Нумеричке методе оцена: 10 (десет)	Динамика система крутих тела оцена: 10 (десет)	Рачун нецелобројног реда са применама у инжењерству оцена: 10 (десет)	Лабораторија 4 (истраживање и публиковање за дисертацију) оцена: 10 (десет)
5	ОМНИР и комуникације оцена: 10 (deset)	Механика континуума оцена: 10 (десет)	Лабораторија 3 (истраживање и публиковање за дисертацију) оцена: 10 (десет)	
5	Аналитичка механика оцена: 10 (десет)	Лабораторија 2 (истраживање и публиковање за дисертацију) оцена: 10 (десет)		
10	Лабораторија 1 (истраживање и публиковање за дисертацију) оцена: 10 (десет)			
Укупно ESPБ	5+5+5+5+10=30	5+5+5+15=30	5+5+20=30	5+25=30
Просечна оцена	10,00 (десет)			

Табела бр. 1.

У том смислу кандидат је положио 4 обавезна, 5 изборних предмета и 4 предмета везана за лабораторијска истраживања која су реализована публиковањем радова на конференцијама и у часопису.

Кандидат Милан С. Џајић, дипл. маш. инж. је као аутор или коаутор објавио, до сада, 2 рада у часопису националног значаја, 7 радова који су саопштени и објављени у зборницима конференција међународног значаја и националног значаја.

Кандидат Милан С. Џајић, дипл. маш. инж. успешно је одбранио пројекат докторске дисертације на тему **Моделирање сложених хибридних структура фракционог типа и примена у динамици система крутих и деформабилних тела**, чиме је заокружио своја знања из области која се директно односе на проблематику будуће докторске

дисертације, дао је квалитативан хронолошки преглед до сада постигнутих резултата у области истраживања и сачинио концепт структуре своје дисертације.

Кандидат је такође ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, пројекат основних истраживања под називом *Динамика хибридних система сложених структура. Механика материјала*, ев. бр. 174001, за период 2011-2014.

Списак објављених радова и других релевантних резултата који опредељују кандидата за рад на предложеној теми:

Научни радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини, у часопису (M24)

1. Milan Cajić and Mihailo Lazarević, *Equations of motion of robotic system with piezo-modified viscoelastic and magnetorheological elements of fractional order*. Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics, 84th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics, Novi Sad, Serbia, March 18-22, 2013, GAMM.

Научни радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33)

1. M. Cajić, D. Karličić, M. Lazarević, *The state space model of a single-link flexible robot with a fractional order viscoelastic element in the joint*, Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, IconSSM 2013.
2. J. Simonović, M. Cajić, D. Karličić, *The forced vibrations of complex circular membrane system with visco-elastic coupling*, Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, IconSSM 2013.

Научни радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у изводу (M34)

1. D. Karličić, M. Cajić, *Energy Transfer Analysis of an Elastically Connected Circular Double-Membrane Compound System*, 8th European Solid Mechanics Conference July 9-13, 2012., Graz, Austria.
2. M. Cajić, D. Karličić, *Nonlinear Free Vibrations of an Elastically Connected Circular Double-Membrane System*, 8th Serbian Symposium in Non-linear Sciences, October 1-5, 2012, Belgrade, Serbia.
3. D. Karličić, M. Cajić, *Nonlinear Forced Vibrations of an Elastically Connected Circular Double-Membrane System*. 8th Serbian Symposium in Non-linear Sciences, October 1-5, 2012, Belgrade, Serbia.

Научни рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

1. Milan S. Cajić, Mihailo P. Lazarević. *Determination of joint reaction forces in rigid multibody system, two different approaches*, submitted in FME Transactions, May 2013, (*accepted*).

Научни рад у часопису националног значаја (M51)

1. M. Cajić, *An introduction to the theory of three dimensional curved dislocations*. Scientific Technical Review **61** (3-4) (2011) pp.76-88.

Рад саопштен на скупу националног значаја, штампан у целини (M63)

1. M. Cajić, *Parcijalne diferencijane jednačine u kontinuum teoriji krivolinijskih dislokacija*. Zbornik radova sa simpozijuma Matematika i Primene, 27-28 maj 2011., Beograd.

Сагласно програму за докторске студије кандидат је са положеним испитима, истраживањима, публикованим радовима и лабораторијским радом остварио потребан број бодова и уписао трећу годину, чиме је испунио услов за пријаву докторске дисертације.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је својим досадашњим стручним и истраживачким активностима у периоду од 2010. до 2013. године испољио висок степен заинтересованости, одговорности и стручности за инжењерски и научни рад, као и спремност за решавање нових истраживачких задатака.

Публиковани и изложени радови у часописима и на конференцијама међународног и националног значаја указују на изразит смисао кандидата да се бави научно – истраживачким радом.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата су суштински повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације и квалификује кандидата за даљи успешан и ефикасан рад на предложеној теми.

На основу изложених биографских података, положених испита на докторским студијама, научних и стручних активности, објављених радова и истраживања Комисија закључује се да кандидат испуњава све потребне услове за приступање изради докторске дисертације и очекује да резултати истраживања дају значајан научни допринос у областима механике.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет планираних истраживања односи се на развој нових, квалитетнијих модела сложених хибридних структура које су сада фракционог типа добијених применом рачуна нецелобројног реда, са одговарајућом применом у динамици крутих тела и у динамици деформабилних тела.

Већ више од тридесет година примена рачуна нецелобројног реда (*fractional calculus*) привлачи пажњу научне и стручне јавности широм света. Први пут рачун нецелобројног реда са јавља око краја 17. века и везују се за кореспонденцију која је остварена између Лопитала и Лајбница, и то у време када су Њутн и Лајбниц постављали основе диференцијалног и интегралног рачуна. Касније, овом рачуну је посвећивана извесна пажња од стране многих познатих математичара и научника тог доба све до двадесетог века, међу којима су Ојлер, Риман, Лиувил, Абел, Фурије. Тек од седамдесетих година двадесетог века, долази до пуног развоја примене рачуна нецелобројног реда са тенденцијом непрекидног раста примене по обиму и броју публикованих научних радова, књига, конференција.

Примена и присуство рачуна нецелобројног реда у свим гранама науке и технике више је него евидентно јер омогућава да се уочени системи квалитетније, боље моделирају, односно развију и примене квалитетнији системи управљања и у том смислу бројни научни радови и обимна публицистичка делатност у пуној мери су исказали интерес који је за њих био показан. Другим речима, рачун нецелобројног реда се последњих деценија све више примењује у моделирању и анализи својстава динамике механичких система, управљању, стабилности, опису конститутивних релација савремених материјала и структура са својствима вискоеластичности, електровискоеластичности а такође и материјала у биомедицинском инжењерству и др.

Досадашња научна истраживања су показала и доказала предност математичких модела у којима се примењује рачун нецелобројног реда у односу на математичке моделе који користе класичну математичку анализу са целобројним изводима и интегралима. У математичком смислу, за разлику од „класичног“ диференцијалног и интегралног рачуна, овде степен може бити реалан односно комплексан број, тако да су одговарајући оператори диференцирања и интеграљења нелокални оператори и дати системи се сад могу описати са диференцијалним једначинама али нецелобројног реда тако да систем има више степени слободе. У специјалном случају када је степен целобројан онда се претходни оператори свде на „класичне“ операторе диференцирања и интеграљења.

Такође, проучавање проблема вибрација је незаобилазно у инжењерству јер оне имају примену у многим областима инжењерства, док у неким случајевима представљају нежељену појаву која омета правилан рад разматраних техничких уређаја и механизма. Услед спољашњих утицаја у систему крутих или деформабилних тела може доћи до појаве нежељених вибрација система које значајно утичу на поремећај пројектованог кретања или позиционирања, на пример у случају роботских система врха хваталке. У неким случајевима нежељене вибрације могу довести и до оштећења саме структуре система. Вибрације се могу редуковати на више начина од којих се највише користе пасивне, активне а у новије време и активно-пасивне методе, које уводе моделе адаптивних система. Код пасивних метода користе се најчешће синтетички полимери као вискоеластични материјали, који редукују вибрације без утрешка додатне енергије. Код активних метода са интегрисаним управљањем, сензорима и актуаторима постоји утрешак енергије за редукацију вибрација и могуће је

лако прилагодити систем различитим условима уз једноставне измене алгоритма управљања. За активно-пасивне методе може се рећи да су комбинација добрих особина претходне две методе. Најчешће се под овом методом подразумева пригушење вибрација применом пиезо-вискоеластичних хибридних структура и магнето-реолошких или електро-реолошких флуида. Код употребе пиезо-вискоеластичних хибридних структура користе се дисипациона својства вискоеластичних материјала за пригушење вибрација на модовима виших фреквенција док се употребом активног пригушења вибрација пиезоелектричним материјалима покрива шири опсег фреквенција. Посебно, магнето-реолошки и електро-реолошки флуиди функционишу по принципу промене реолошких особина флуида изложеног различитој јачини магнетног односно електричног поља.

Данас су посебно актуелне у научним истраживањима тзв. сложене хибридне структуре које представљају комбинацију вискоеластичних, еластичних и пиезо-електричних материјала користе се за пригушење вибрација у системима крутих и деформабилних тела и могу се описати као дискретне или континулане структуре. Применом нецелобројних извода у моделирању хибридних структура може се узети у обзир предисторија материјала која је присутна код реалних материјала. Такође, нецелобројни извод се показао корисним код описивања вискоеластичних својстава савремених материјала или дисипативних сила у структурној динамици али не и код употребе у инерционим члановима једначина кретања тела. Својства модела хибридних структура са изводима нецелобројног реда зависе од параметара система као што су моду еластичности, време релаксације и ред нецелобројног извода.

Предмет ове докторске дисертације је истраживање у области моделирања сложених хибридних структура чија су својства и динамика описани са изводима (интегралима) нецелобројног реда. Ти модели представљају апстракције реалних елемената и структура са својствима дисипације механичке енергије и као такви примењени у системима крутих и деформабилних тела омогућавају анализу реалног динамичког понашања (кретања) таквих система.

Пригушење нежељених вибрација извршиће се додавањем нових пасивних и активно-пасивних елемената у систем када је посматрани систем сачињен од крутих тела. У случају деформабилних тела разматраће се случај деформабилних сегмената који ће бити моделирани као сложена хибридна структура која пригушује вибрације и даје боље пројектоване карактеристике и својства динамике система у погледу кретања тела. Моделирани деформабилни сегменти имаће специфичне граничне услове карактеристичне за роботске системе, механизме типа отвореног кинематичког ланца са и без гранања и друге примене где је такав гранични проблем деформабилног тела заступљен. При моделирању користиће се оне дефиниције извода и интеграла нецелобројног реда које су најповољније за описивање механичких својстава материјала за постављени модел хибридног система. Биће разрађене методологије интерактивне употребе аналитичких и нумеричких метода за решавање једначина са нецелобројним изводима, којима је описана динамика постављених модела хибридних система. При томе, извршиће се вишепараметарска анализа својстава динамике, стабилности и управљања динамиком модела хибридних система која би дала као резултат оптимизацију параметара датог модела у циљу постизања пројектованих динамичких карактеристика система.

Општи научни циљ дисертације је развој одговарајућих математичких модела фракционог типа који укључују изводе нецелобројног реда, који би на квалитативан начин описали својства пасивних и пасивно-активних елемената за пригушење нежељених вибрација у системима крутих тела са више степени слободе кретања.

Такође, у циљу симулације истих потребно је реализовати и развој одговарајућих нумеричких модела.

Осим тога један од циљева ове докторске тезе био би и формирање методологије на основу интерактивне спреге аналитичких и нумеричких метода за решавање система спрегнутих и неспрегнутих диференцијалних једначина са нецелобројним изводима добијених моделирањем одговарајућих система.

Посебна група резултата очекује се у примени активног пригушења вибрација применом напредних управљачких алгоритама са диференцијално-интегралним операторима нецелобројног реда. Посебно, приказани резултати биће упоређени са другим одговарајућим резултатима из литературе.

Неке од најважнијих публикација у овој области су:

1. Manuel, F. Silva, J. A. T. Machado, and A. M. Lopes, 2004. *Fractional Order Control of a Hexapod Robot*, Nonlinear Dynamics Vol. 38, pp. 417–433.
2. Aleksandar, M. Spasić, Mihailo, P. Lazarević, 2005. *Electroviscoelasticity of liquid/liquid interfaces: fractional-order model*, Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 282, pp. 223–230.
3. Mihailo, P. Lazarević, 2006. Finite time stability analysis of PD^α fractional control of robotic time-delay systems, Mechanics Research Communications, Vol. 33, pp. 269–279.
4. K. Hedrih (Stevanović), 2006. *The Transversal Creeping Vibrations of a Fractional Derivative Order Constitutive Relation of Nonhomogeneous Beam*, Mathematical Problems in Engineering, pp. 1–18.
5. A. C. Galucio, J.F. Dëu and R. Ohayon, 2007. *Hybrid Active-Passive Damping Treatment of Sandwich Beams in Nonlinear Dynamics*, Journal of Vibration and Control, Vol. 13, No. 7, pp. 851–881.
6. J.F. Dëu, A. C. Galucio and R. Ohayon, 2008. *Dynamic Responses of Flexible-Link Mechanisms With Passive/Active Damping Treatment*, Computers & Structures, Vol. 86. No. 3–5, pp. 258–265.
7. A. C. Galucio, J.F. Dëu and F. Dubois, 2008. *The G^α -scheme for Approximation of Fractional Derivatives: Application to the Dynamics of Dissipative Systems*, Journal of Vibration and Control, Vol. 14, No. 9–10, pp. 1597–1605.
8. M. Kuroda, 2008. *Formulation of a State Equation Including Fractional-Order State Vectors*, ASME Journal of Computational Nonlinear Dynamics, Vol. 3, pp. 021201.
9. R. C. Koeller, 2007. *Toward an Equation of State for Solid Materials With Memory by Use of the Half-Order Derivatives*, Acta Mechanica, Vol. 19, pp. 125–133.
10. T. M. Atanacković, B. Stanković, 2007. *On a numerical scheme for solving differential equations of fractional order*, Mechanical Research Communications, Vol. 35, pp. 125–133.
11. Yuriy A. Rossikhin, Marina V. Shitikova, 2010. *Application of fractional calculus for dynamic problems of solid mechanics: Novel trends and recent results*, Applied Mechanical Reviews, Vol. 82, pp. 010801.
12. K. Hedrih (Stevanović), *The fractional order hybrid system vibrations*, Monograph, Chap in Monograph. Advances in Nonlinear Sciences, ANN, Vol. 2, pp. 226–326, 2008.
13. J. N. Reddy, 2010. *Nonlocal nonlinear formulations for bending of classical and shear deformation theories of beams and plates*, International Journal of Engineering Science, Vol. 8, pp. 1507–1518.
14. Edited by Mihailo Lazarević, *Advanced topics on applications of fractional calculus on control problems, system stability and modeling*, ID 9028, WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY PTE LTD, 2013 (accepted, in printing).

15. M. Lazarević, S. Batalov, T. Latinovic, 2013. *Fractional PID Controller Tuned by Genetic Algorithms for a Three DOF's Robot System Driven by DC motors*, 6th Workshop on Fractional Differentiation and Its Applications IFAC Joint Conference SSSC Grenoble, France, February 4-6, pp. 380-385.

3. Полазне хипотезе

На основу изучавања литературе и досадашњих истраживања кандидата у овој области постављена је хипотеза да се применом рачуна нецелобројног реда могу добити квалитетнији модели сложених хибридних структура чија су својства и динамика сада описани са изводима (интегралима) нецелобројног реда, са циљем пригушења вибрација и на тај начин добити боље пројектоване карактеристике и својства динамике система у погледу кретања датог сложеног динамичког система. Такође, могу се развити напредни управљачки алгоритми са диференцијално-интегралним операторима нецелобројног реда у циљу активног пригушења вибрација датог динамичког система хибридне структуре.

Према томе, истраживање се заснива на примени метода рачуна нецелобројног реда, Лагранжеве механике и модалне анализе где су основне научне хипотезе од којих се полази у овој докторској тези дате следствено:

1. Сазнања теорија линеарних и нелинеарних осцилација могу се применити како на дискретне тако и на континуалне системе у истраживању по теми докторске дисертације
2. Моделирања система хибридних структура се може реализовати применом одговарајућих дефиниције извода и интеграла нецелобројног реда које су познате у теорији нецелобројног рачуна
3. Конститутивни модели деформабилних структура су линеарни са могућношћу увођења и модела са геометријском нелинеарношћу
4. Разматраће се системи крутих тела са коначним бројем степени слободе кретања као и континуални системи деформабилних тела који имају бесконачно степени слободе осциловања
5. Проучавање се деформабилне хибридне структуре и својства реолошких материјала које могу да зависе од услова околине
6. На основу развијених одговарајућих математичких модела система хибридне структуре могуће је решити дати систем једначина аналитичким и нумеричким методама односно одредити тачна и апроксимативна решења сопствених облика осциловања структура у систему
7. Могуће је оптимизовати параметре система тако да добијемо пројектоване динамичке карактеристике и својстава као и стабилности датог хибридног система
8. Применом рачунара и софтверских алата, а на основу постављене методологије решавања задатака вишепараметарске анализе својстава динамике, стабилности и управљања изабраним системима, могуће је развити напредни управљачки алгоритам и симулирати динамичко понашање система са задатом тачношћу

4. Научне методе истраживања

Научне методе које ће се примењивати у оквиру ове докторске дисертације су:

- Метода моделирања, као и методе апстракције ће се користити у разматрању и дефинисању нових математичких модела динамичких система хибридне структуре ,
- Метода анализе и синтезе ће се примењивати у проучавању својстава динамике, стабилности и управљања изабраних система,
- Аналитичке методе за решавање система спрегнутих и неспрегнутих обичних и парцијалних диференцијалних једначина нецелобројног реда
- Нумеричке методе за решавање диференцијалних једначина нецелобројног реда уз пратеће софтверске алате и програме
- Метода коначних елемената
- Савремене методе теорије управљања које укључују савремене методе оптимизације засноване на рачуну нецелобројног реда.

5. Очекивани научни допринос

Реализацијом циљева докторске дисертације применом поменутих метода, очекује се да добијени резултати буду оригинални допринос и да имају научни и практични значај. Научни значај се састоји од развоја нове методологије за моделирање сложених хибридних система фракционог типа примењених у апстракцији реалних система крутих и деформабилних тела односно деформабилних сегмената са специфичним граничним условима. Предност оваквог приступа и постављања нове методологије огледаће се у бољим резултатима, добијеним уз примену мањег броја експериментално одређених параметара који се користе у моделу него што је случај код моделирања система са целобројним изводима, што је у литератури и доказано на једноставнијим примерима. Иако ће се аналитички резултати и нумеричке студије добијене у овој дисертацији односити на системе крутих тела и деформабилних сегмената са примерима који се често користе у теоријским разматрањима и литератури, примењене методе и процедура биће примењиви и на реалним системима са више степени слободе који се користе у роботизи, транспортним и ваздухопловним средствима и др.

Према постављеним хипотезама, очекивани научни резултати истраживања у овој дисертацији се могу сумирати као:

Формирање неколико нових модела динамичких система сложене хибридне структуре фракционог типа.

Формирање нове методологије на основу интерактивне спреге аналитичких и нумеричких метода за решавање система спрегнутих и неспрегнутих диференцијалних једначина са нецелобројним изводима добијених моделирањем одговарајућих система.

Установљен поступак оптимизације параметара датог динамичког система у циљу остваривања пројектованих динамичких карактеристика и својстава (првенствено активног пригушења вибрација) као и стабилности датог хибридног система.

Развој напредних управљачких алгоритми са диференцијално-интегралним операторима нецелобројног реда у циљу активног пригушења вибрација датог динамичког система хибридне структуре.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања састоји се од следећих фаза:

- Преглед литературе везане за моделирање вискоеластичних и хибридних структура фракционог типа
- Извођење математичких модела и разрада метода за решавање добијених једначина које описују посматране системе
- Анализа добијених аналитичких и нумеричких резултата
- Оптимизација и одређивање параметара система који дају пројектована динамичка својства система
- Примена напредних управљачких алгоритама са диференцијално-интегралним операторима нецелобројног реда за активно пригушење вибрација

Структура докторског рада би могла да буде следећа

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Основе рачуна нецелобројног реда
4. Математичко моделирање дискретних хибридних елемената за активно-пасивно пригушење вибрација и њихова имплементација у систем спрегнутих крутих тела
5. Математичко моделирање деформабилних сегмената сложене хибридне структуре
6. Аналитичке и нумеричке методе решавања система спрегнутих диференцијалних и парцијалних једначина са изводима нецелобројног реда
7. Оптимизација структурних параметара система
8. Напредни управљачки алгоритами са диференцијално-интегралним операторима нецелобројног реда за активно пригушење вибрација
9. Закључак
10. Литература
11. Прилози

7. Закључак и предлог

Анализом релевантних података из пријаве кандидата Милана Џајића, Д70/10, Комисија закључује да је предложена тема изузетно актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и истраживачке способности за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Милану С. Цајићу, дипл. инж. маш., - Д 70/10

одобри израду докторске дисертације под називом:

**Моделирање сложених хибридних структура фракционог типа и
примена у динамици система крутих и деформабилних тела**

која припада области техничких наука, машинство, ужој научној области **Механика**, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. За **ментора** за рад на дисертацији предлаже се проф. др **Михаило П. Лазаревић**, редовни професор на Катедри за Механику Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 20.06. 2013. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ :

Др **Михаило П. Лазаревић**, редовни
професор, **ментор**, Машински факултет,
Универзитет у Београду

Др Александар Обрадовић, редовни професор,
Машински факултет, Универзитета у Београду

Др Томислав Шекара, ванредни професор,
Електротехнички факултет, Универзитет у
Београду

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Милана Цајића, MSc, студента докторских студија

Име и презиме ментора: др Михаило П. Лазаревић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **M.Lazarević**, Finite Time Stability Analysis of PD ^{α} Fractional Control of Robotic Time Delay Systems, Journal of Mechanics Research Communications, Vol. 33, Iss.2, March-Apr., 2006, pp.269-279, (ISSN: 0093-6413; IF=1.273)
2. Spasić A., **M. Lazarević**, A new approach to the phenomena at the interfaces of finely dispersed systems, Journal of Colloid and Interface Science, 316, (2007), pp.984-995, (ISSN: 0021-9797; IF=3.07)
3. Spasić A., **M. Lazarević**, M. Mitrović, D. Krstić, Colloid electrohydrodynamics, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly CICEQ 63 (5a) pp.511–527, 2009, (ISSN: 1451-9372; IF=0.610)
4. **M.Lazarević**, A.Spasić, Finite-Time Stability Analysis of Fractional Order Time Delay Systems: Gronwall's Approach, Mathematical and Computer Modelling, 2009, 49, (2009), pp.475-481, (ISSN: 0895-7177 ; IF=1.346)
5. Miljković, Z., Mitić, M., **M.Lazarević**, Babić, B., Neural Network Reinforcement Learning for Visual Control of Robot Manipulators, Journal Expert Systems with Applications, pp.1721-1736, 2013, Elsevier. (ISSN 0957-4174; IF=2.203).
6. M.Živanović, **M.Lazarević**, Using the Decomposition Principle to Stabilize the Nominal Motion of a Mechanical System with Given Accuracy, Automation and Remote Control, 2012, Vol.73, No12, 2012, pp.2001-2020, (ISSN: 0005-1179; IF=0.246).

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистара наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум 19.06.2013.

М.П.
