

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1115/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)13.07.2017.
(Датум)

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

НЕЛИНЕАРНА ДИНАМИКА САТНИХ МЕХАНИЗАМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Теорија механизма и машина

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МИША (ДРАГИ) СТОЈИЋЕВИЋ
2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
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: 2011.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 13.07.2017
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

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: 1115/5
Датум: 13.07.2017. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Мише Стојићевића**, маст. инж.маш., бр. 1115/1 од 22.05.2017. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Љубомир Миладиновић, ред. проф., др Бранислав Попконстантиновић, ред. проф., др Драган Петровић, ред. проф., др Зорана Јели, доц. и др Ратко Обрадовић, ред. проф., ФТН Нови Сад, број 1115/4 од 30.06.2017. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 13.07.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **МИША СТОЈИЋЕВИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«НЕЛИНЕАРНА ДИНАМИКА САТНИХ МЕХАНИЗАМА»**.

За менторе студенту **МИШИ СТОЈИЋЕВИЋУ**, именују се др **Љубомир Миладиновић**, ред. проф. и др **Бранислав Попконстантиновић**, ред. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Мише Стојићевића, маг. инж. маш., за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1115/3 од 22.06.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Мише Стојићевића, маг. инж. маш., за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: „Нелинеарна динамика сатних механизма“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Миша (Драги) Стојићевић, рођен је 24.06.1987. године у Пожаревцу. По завршеној основној школи „Иво Лола Рибар“ у Великом Градишту уписао је техничку школу „Никола Тесла“ у Костолцу, где је матурирао 2006. године. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 2006. године, а дипломирао је 2011. године на модулу за Прехрамбено машинство, са средњом оценом 8,47.

Дипломски рад, на тему „Пројектовање структуре и кинематике робота у линији за палетизирање картонских кутија са производима од чоколаде“ кандидат је одбранио на Машинском факултету у Београду, оценом 10.

Школске 2011/2012. уписује Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду. У школској 2011/12 био је ангажован као волонтер на одржавању вежби из предмета Хидраулички и пнеуматски механизми и инсталације и Основне технолошке операције у прехрамбеном машинству на трећој години основних академских студија. Од летњег семестра школске 2011/12 године ради као демонстратор-волонтер на предметима Конструктивна геометрија и графика и Инжењерска графика.

Од 06.03.2014. запослен је као асистент за ужу научну област Теорија механизма и машина и Инжењерско цртање са нацртном геометријом 0 на Машинском факултету Универзитета у Београду на предметима Конструктивна геометрија и графика и Инжењерска графика.

Кандидат је положио све испите на Докторским Студијама са просечном оценом 10,00 (десет).

Учешће на пројектима

Током рада као студент Докторских студија Миша Стојићевић је учествовао на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Српска мини винарија“ евиденциони број 451-03-00605/2012-16/208 по Јавном позиву од 08.12.2011. године. Руководилац пројекта Миодраг Стоименов. Трајање пројекта 01.07.2012-01.07.2013. године

Познавање софтверских пакета и програмских језика

Користи се програмима из пакета Office као и програмима за просторно моделирање и конструисање уз помоћ рачунара: Solidworks, AutoCAD, Catia, Proengineer, Working model. Такође користи се програмским пакетом MatLAB као и програмима за генерисање Г-кода: Mach3, Aspire, OpenSCAM и ArtCAM.

Познавање страних језика:

Течно говори енглески, а служи се немачким језиком.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Преглед положених испита

р.б.	предмет-испит	предметни наставник	Година студија и ЕСПБ				оцена
			I година		II година		
			1. сем.	2. сем.	1. сем.	2. сем.	
1.	Виши курс математике	Проф. др Слободан Радојевић Проф. др Иван Аранђеловић	5				10 (десет)
2.	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић проф. др Александар Цветковић	5				10 (десет)
3.	ОМНИР и комуникација	Проф. др Милош Недељковић	5				10 (десет)
4.	Синтеза механизама	Проф. др Миодраг Стоименов	5				10 (десет)
5.	Истраживање и публиковање 1	Проф. др Миодраг Стоименов	10				10 (десет)
6.	Одабрана поглавља из механике	Проф. др Зоран Митровић		5			10 (десет)
7.	Динамика машина	Проф. др Александар Веґ		5			10 (десет)

8.	Супституција мануелних операција у прехрамбеном машинству	Проф. др Љубомир Миладиновић		5			10 (десет)
9.	Истраживање и публикавање 2	Проф. др Миодраг Стоименов		15			10 (десет)
10.	Пројектовање мехатроничких система	Проф. др Александар Вег			5		10 (десет)
11.	Посебна поглавља из теорије машина	Проф. др Драган Петровић			5		10 (десет)
12.	Истраживање и публикавање 3	Проф. др Миодраг Стоименов			20		10 (десет)
13.	Истраживање и публикавање 4	Проф. др Миодраг Стоименов				8	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације	Проф. др Миодраг Стоименов Проф. др Љубомир Миладиновић Проф. др Драган Петровић Проф. др Бранислав Попконстантин овић Проф. др Стеван Станковски				22	10 (десет)
УКУПНО			120				10 (десет)

1.2.2. Учешће у извођењу наставе

Учествује у извођењу вежби на предметима на Машинском факултету Универзитета у Београду:

- Конструктивна геометрија и графика (од 2012. до 2016)
- Инжењерска графика (од 2012. до 2016.)
- Основне технолошке операције у прехрамбеном машинству (од 2012. до 2015.)

1.2.3. Списак објављених радова

Категорија M23

1. Andrejević, R., Šiniković G., Stojićević M., Stoimenov M., Miladinović Lj., Popkonstantinović B., Ostojić G., Stankovski S.: *A novel walker with mechanically established walking and standing mechanism*, - Tehnički vjesnik Vol 20, No 6, 2013, pp. 927-931, ISSN 1330-3651, IF(2013.)=0.615
2. Popkonstantinovic B., Obradovic R., Obradovic M., Jeli Z., Stojicevic M.: *Geometrical and mechanical characteristics of deformed balance spring obtained by simulation study*, Simulation Vol. 92, No 11, 2016, pp. 981-997, ISSN 0037-5497, IF(2016.)=0.64

Категорија M33

3. Stojićević M., Stoimenov M., Petrović D., Šiniković G., Regodić M.: *Computational modeling and simulation of walking mechanism*, - Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Vlasina 2014., pp 157-165.
4. Stojićević M., Stoimenov M., Stojković M, Milovančević U.: *Simulation of machines for mechanical operation of grapes in winery*, - Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Vlasina 2014., pp 166-172.
5. Popkonstantinović B., Miladinović Lj., Obradović M., Stojićević M.: *Geometrical characteristics and solid modeling of the grasshopper escapement mechanism*, - Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Vlasina 2014., pp 173-181.
6. Stojićević M., Stoimenov M., Petrović D., Bugarić U.: *Mechanism with approximately straight-line path of dyad*, - Proceedings of the 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan 2015.
7. Stojićević M. , Stoimenov M., Jeli Z., Popkonstantinović B., *History of walking machines*, - Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Belgrade 2016., pp 239-244.
8. Jeli Z., Popkonstantinović B., Stojićević M., Andrejević R., Cvetković I.: *3D analysis of geometrical factors and influencing opposing air around satellite dish*, - Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Belgrade 2016., pp 14-22.
9. Popkonstantinović B., Petrović D., Jeli Z., Stojićević M.: *A new approach in lecture delivery at the course on mechanism design at the faculty of mechanical engineering, university of Belgrade*, - Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Belgrade 2016., pp 23-30.
10. Popkonstantinović B., Miladinović Lj., Jeli Z., Stojićević M.: *Event based motion analysis of escapement mechanism 3d model*, - Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Geometry and Graphics moNGeometrija, Belgrade 2016., pp 186-193.

Категорија M63

11. Стојковић М., Коси Ф., Милованчевић У., Стојићевић М.: *Анализа и оптимизација енергетских токова мале српске винарије*, - Зборник радова са 44. конгреса КГХ, Београд 2013., стр. 125-133.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу биографских података, остварених резултата у досадашњем научноистраживачком раду и раду на пољу наставне делатности, положених испита на докторским студијама, као и на основу идеје одбране докторске дисертације, Комисија сматра да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Механизми часовника представљају праву ризницу како теоријских тако и практичних знања и вештина из готово свих области машинства, а посебно теоријске механике и теорије механизма. Како се упркос томе принципи њиховог рада, њихове конструктивне и функционалне карактеристике, геометрија, кинематика, анализа и синтеза мало изучавају у поменутих дисциплинама, они могу бити предмет многих занимљивих и плодних истраживања. Резултати таквих истраживања могу бити значајни не само као препоруке за правилну синтезу сатних механизма, већ и за теоријске дисциплине какве су кинематика, нелинеарна динамика, а посебно теорија нелинеарних осцилација, теорија механизма, за науку о машинским елементима и машинским материјалима, итд. Шта више, резултати ових истраживања могу се проширити и генерализовати и на друге области наука, какве су теорија аутоматског управљања, теорија детерминистичког хаоса, небеска механика, математичке основе теорије пертурбационог рачуна, итд.

Позната је чињеница да сатни механизми припадају областима прецизне механике, који високим степеном равномерности свога хода мере протицање времена [1], [2] и [3]. Најмањи поремећаји равномерности њиховог хода извор су неприхватљиве нетачности и непрецизности ових механичких инструмената. Управо зато се коректан математички и физикални опис функционисања сатних механизма не може исправно остварити занемаривањем малих поремећаја вишег реда, линеаризацијама диференцијалних једначина и апроксимацијама уобичајеним за класични приступ у изучавању механизма [4]. Такве апроксимације елиминисале би саму суштину динамике њиховог рада. Сагласно истакнутим чињеницама [5] и [6], предмет истраживања овог рада јесу управо мали поремећаји вишег реда који нарушавају равномерност хода сатног механизма и тако генеришу грешке мерења тока времена. Да би се разумели ефекти ових малих поремећаја хода часовника неопходно је да се изврши анализа његовог механизма што обухвата класификацију подсклопова и функционалну анализа сваког подсклопа сатног механизма.

Суштински сваки сатни механизам састоји се од пет подсклопова: погонски механизам, преносни механизам, осцилатор, регулатор хода или запречно – импулсни механизма и цифарник са казалькама. Тежиште истраживања ове дисертације биће нелинеарна динамичка својства осцилатора [7] и [8] и запречно импулсних механизма [1], [9] и [10] као функционално најважнијих подсклопова сатног механизма. Карактеристике поменутих подсклопова имају одлучујући утицај на понашање сатног механизма као целине на сам процес мерења тока времена. Хипотетички је став да принудне пригушене осцилације осцилатора сатног механизма као што су клатно [11] или балансни точак са спиралном опругом [12] и [13], немају константну фреквенцу, већ да он трпи мале поремећаје [5] услед интеракције са запречно – импулсним механизмом. Такође, претпоставља се да је кључни фактор овог поремећаја фазна разлика између угаоне брзине осцилација и принудног момента силе који периодично делује на осцилатор. Хипотетички је став да је могуће извести аналитичко - алгебарски израз за промену фреквенце принудних пригушених осцилација сатног осцилатора употребом пертурбационог рачуна [14] и [2]. Познато је да клатно часовника представља физичко клатно чији период осциловања није константан, већ зависи од амплитуде [8] и [15]. Осим тога, ни спирална опруга на балансном точку часовника нема константан коефицијент крутости [12], већ је он функција угла ротације осцилатора. У

складу са наведеним, оправдане су хипотезе да интензитет принудног момента, фактор пригушења односно фактор квалитета осцилатора и амплитуда осциловања имају значајан утицај на равномерност хода часовника. Како сопствена фреквенца осциловања осцилатора часовника (клатна [7] или балансног точка) зависи од геометријских карактеристика, распореда његових маса односно момента инерције осцилатора, разумна је претпоставка да и топлотне дилатације [16] имају знатан утицај на сам процес мерења времена. Претпоставка је и да се ове топлотне дилатације могу компензовати тако да се њихов штетни утицај смањи или евентуално сасвим елиминише [17].

Циљ истраживања у овој докторској дисертацији јесте пре свега да се одреди једна или више погодних метода пертурбационог рачуна [14] и [18] која би довела до уопштених аналитичких формула за промену фреквенце осцилатора услед његове интеракције са запречно – импулсним механизмом. Претпоставка је да ће поменути аналитички изрази моћи да се изведу употребом методе усредњавања по Кривову и Богољубову [14] и [18], као и метода вишеструких скала односно размера времена [18]. Циљ овог истраживања је да се добијене формуле општег карактера конкретизују за неколико типичних врста запречно – импулсних механизма и да се изврши евентуално и њихова класификација у зависности да ли они повећавају или смањују сопствену фреквенцу сатног осцилатора. Даље, циљ је да се изврши провера ваљаности ових формула методом компјутерских симулација и анализе кретања и тако верификују не само добијени аналитички изрази, већ и употребљене методе пертурбационог рачуна [14] и [18]. Осим формално – математичког и квантитативног описа, циљ овога рада представља и физикално и квалитативно разјашњење горе описаног феномена. Циљ истраживања у овој дисертацији јесте и проучавање утицај топлотних дилатација на стабилност фреквенце осцилација сатног осцилатора [17] и [16]. Сагласно томе, циљ је да се пронађу погодне аналитичке и нумеричке методе, као и процедуре компјутерског моделирања и симулације којима би се извршила компензација ових штетних утицаја. Финални циљ ове докторске дисертације јесте и синтеза и изградња потпуно функционалног компјутерског 3Д модела сатног механизма, укључујући и компјутерску симулацију и анализу његовог рада [19] и [20].

Литература

1. Denny, M.: *The pendulum clock: a venerable dynamical system*. - European journal of physics, Vol. 23, No.4, (2002). pp. 449.
2. Bennett, M., Schatz, M. F., Rockwood, H., & Wiesenfeld, K.: *Huygens's clocks* - Proceedings: Mathematics, Physical and Engineering Sciences, 2002. pp. 563-579.
3. Headrick, M. V.: *Origin and evolution of the anchor clock escapement*. - IEEE Control Systems, Vol. 22, No. 2, (2002). pp. 41-52.
4. Marinca, V., Herisanu, N.: *Nonlinear dynamical systems in engineering: Some approximate approaches*, - Springer Science & Business Media, New York, 2012.
5. Mao, J., Fu, Y., & Li, P.: *Dynamics of periodic impulsive collision in escapement mechanism* - Shock and Vibration, Vol. 20, No. 5, 2013., pp. 1001-1010.
6. Roup, A. V., Bernstein, D. S., Nersesov, S. G., Haddad, W. M., Chellaboina, V.: *Limit cycle analysis of the verge and foliot clock escapement using impulsive differential equations and Poincare maps* - International Journal of Control, Vol. 76, No. 17, 2003., pp. 1685-1698.
7. Hoyngh, P. *Dynamics and performance of clock pendulums*, - American Journal of Physics, Vol. 82, No 11, 2014., pp. 1053-1061.

8. Feinstein, G., *Impulsing the Pendulum: Escapement Error*, - NAWCC bulletin Vol. 48, No. 5, 2006., pp. 569-575.
9. Moline, D., Wagner, J., & Volk, E.: *Model of a mechanical clock escapement*. - American Journal of Physics, Vol. 80, No. 7, 2012., pp. 599-606
10. Roup, A. V., Bernstein, D. S.: *On the dynamics of the escapement mechanism of a mechanical clock* - In Decision and Control, Proceedings of the 38th IEEE Conference Vol. 3, 1999., pp. 2599-2604
11. Matthys, Robert J.: *Accurate clock pendulums*. - OUP Oxford, 2004.
12. Popkonstantinovic, B., Obradovic, R., Obradovic, M., Jeli, Z., Stojicevic, M.: *Geometrical and mechanical characteristics of deformed balance spring obtained by simulation study*. - Simulation, Vol. 92, No. 11, 2016., pp. 981-997.
13. Xie, L. H., & Du, R. X.: *Mechanics of Hairspring in Mechanical Watch Movement*. In *Applied Mechanics and Materials* - Trans Tech Publications. Vol. 117, 2012., pp. 252-255.
14. Bellman, R.: *Perturbation Techniques in Mathematics, Engineering & Physics*, Dover Publications 2003.
15. Denny, M.: *The pendulum clock: a venerable dynamical system*. - European journal of physics, Vol. 23, No.4, (2002). pp. 449.
16. Popkonstantinović, B., Miladinović, L., Obadović, M., Ostojić, G., Stankovski, S. *Mathematical Principles and Optimal Design Solutions to Compensation for the Pendulum Temperature Dilatation*. - Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 10, No. 8, 2013., pp. 117-128.
17. Popkonstantinovic, B., Miladinovic, L., Stoimenov, M., Petrovic, D., Petrovic, N., Ostojic, G., & Stankovski, S.: *Practical method for thermal compensation of long-period compound pendulum*. - NISCAIR-CSIR, India, 2011., pp.657-664
18. Marinca, V., Herisanu, N.: *The Method of Multiple Scales*, - Nonlinear Dynamical Systems in Engineering, Springer Berlin Heidelberg., 2012 , pp. 83-102.
19. Popkonstantinović, B., Miladinović, L., Stoimenov, M., Petrović, D., Ostojić, G., Stankovski, S.: *Design, modelling and motion simulation of the remontoire mechanism*. - Transactions of Famena, Vol. 35, No. 2, 2011., pp. 79-93
20. Popkonstantinovic, B., Miladinovic Lj., Obradovic M., Stoicevic M.: *Geometrical Characteristics and Solid Modeling of the Grasshopper Escapement Mechanism*, - Proceedings of 4th International Scientific Conference "monGeometrija, Vlasina 2014.", pp. 173-181.

3. Полазне хипотезе

Линеарна теорија осцилација показује да је фреквенца принудних пригушених осцилација константна ако је коефицијент пригушења константан. Емпиријске чињенице противе се резултатима линеарне теорије осцилација и откривају да фреквенца принудних пригушених осцилација може да се промени услед интеракције осцилатора са запречно – импулсним механизмом. У овој дисертацији претпоставља се и треба да се докаже да фреквенца сатног осцилатора (клатна или балансног точка) зависи од фазне разлике између угаоне брзине осцилација и принудног момента силе који периодично делује на осцилатор. Осим тога, полазећи од чињенице да сопствена фреквенца осцилатора часовника зависи од његовог

момента инерције, претпоставља се да температурске дилатације имају значајан утицај на поменути фреквенцу. Претпоставка је да се погодном конструкцијом осцилатора ови утицаји могу смањити или потпуно елиминисати.

Сагласно истакнутом, кључне полазне хипотезе у овој дисертацији гласе:

- Коришћењем метода пертурбација могуће је извести аналитичке изразе за промену фреквенце принудних пригушених осцилација сатног осцилатора услед његове интеракције са запречно – импулсним механизмом.
- Аналитички изрази за промену сопствене фреквенце осцилатора услед његове интеракције са запречно – импулсним механизмом могу бити проверени компјутерском симулацијом принудних пригушених осцилација. Такође, претпоставка је да ће ова верификација потврдити тачност изрази добијених теоријом пертурбационог рачуна.
- Могуће је извести аналитичке поступке за компензацију топлотних дилатација осцилатора часовника.
- Може бити формулисана и успешно спроведена итеративна процедура за приближну компензацију топлотних дилатација осцилатора часовника (клатна) коришћењем одговарајуће компјутерске апликације за 3Д моделирање.
- Могуће је остварити синтезу и генерисање потпуно функционалног компјутерског 3Д модела сатног механизма и извршити успешну компјутерску симулацију његовог рада.

4. Научне методе истраживања

У поступку реализације научних резултата, у овој докторској дисертацији примењене су следеће опште научне методе:

- методе диференцијалног и интегралног рачуна
- нумеричке методе
- методе компјутерског моделирања облика
- методе компјутерске симулације и анализе кретања

У поступку реализације научних резултата, у овој докторској дисертацији примењене су следеће посебне научне методе:

- метода пертурбационог рачуна - поступак усредњавања по методи Крилову и Богољубову
- метода пертурбационог рачуна – метода вишеструких скала односно времена
- метода компјутерске симулације „Event based motion study“ у апликацији SolidWorks.

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос ове докторске дисертације може се сагледати кроз следеће чињенице:

- примењене методе и постигнути резултати у дисертацији генерално унапређују теоријску механику и теорију механизма, а посебно динамику и нелинеарну теорију осцилација. Рад даје и допринос теорији пертурбационог рачуна јер проналази и користи погодне методе пертурбација за дефинисање промене фреквенце сатног осцилатора услед његове интеракције са запречно импулсним механизмом. Објашњења употребе методе пертурбација која су изложена у овој дисертацији представљају користан савет и путоказ за њихово коришћење и у другим областима механике и физике.
- дисертација унапређује методе 3Д моделирања јер инвентивно користи посебно дефинисане итеративне процедуре компјутерског моделирања осцилатора са циљем постизања компензације његових топлотних дилатација
- дисертација презентира инвентивно коришћење посебних метода компјутерске симулације које се не заснивају на току времена као независној променљивој, већ на унапред

дефинисаним догађајима односно, стањима механизма у току његовог рада (event based motion study).

- резултати научних истраживања у овој докторској дисертацији значајни су за квалитативно и квантитативно разумевање нелинеарне динамике механизма часовника, па се зато могу користити као практичне препоруке за ефикаснији дизајн механичких часовника што доводи до тачнијег и прецизнијег мерења тока времена. Посебно, резултати ове дисертације могу бити искоришћени за дизајн подсклопова запречно - импулсних механизма и осцилатора, као најважнијих делова сатних механизма.

6. План истраживања и структура рада

Ова докторска дисертација посвећена је истраживањима нелинеарних динамичких својстава сатних механизма као суштинских феномена који врше поремећаје равномерности хода часовника и тако генеришу грешке процеса мерења протока времена. Генерални је циљ овог научног истраживања да се открију, дефинишу и објасне поступци синтезе подсклопова сатног механизма на такав начин да се поменути поремећаји умање или сасвим елиминишу.

Након увода, у коме се приказује начелна класификација подсклопова сатног механизма, дисертација излаже функционалну анализу сваког појединог подсклопа и објашњава главне узроке поремећаја равномерности хода часовника. Рад посебно презентира класификацију већине познатих запречно – импулсних механизма, на основу њихових конструктивних и функционалних карактеристика.

Тежиште истраживања се потом преноси на динамичке карактеристике осцилатора и запречно - импулсних механизма као функционално најважнијих подсклопова сатног механизма. Фокус пажње је на нелинеарним динамичким феноменима које индукује интеракција осцилатора са запречно – импулсним механизмом. Ова интеракција анализира се теоријом пертурбација, која доводи до аналитичких израза за промену фреквенце осциловања сатног осцилатора у функцији фазне разлика између угаоне брзине осцилација и принудног момента силе који периодично делује на осцилатор. Анализа геометрије и кинематике неких типичних запречно – импулсних механизма открива физикални узрок поменуте фазне разлике. Осим тога, пертурбационим рачуном изводи се приближна формула за циркуларну грешку физичког клатна, као још једног чиниоца нелинеарне динамике сатног механизма. Завршни део ове фазе рада посвећен је верификацији аналитичких формула добијених пертурбационим рачуном компјутерском симулацијом принудних пригушених осцилација.

Други део ове дисертације бави се утицајима топлотних дилатација осцилатора часовника на фреквенцу његових сопствених осцилација. Изводе се како аналитички поступци, тако и итеративне процедуре за компензацију топлотних дилатација коришћењем одговарајуће компјутерске апликације за 3Д моделирање.

Последња фаза ове докторске дисертације бави се синтезом и изградњом потпуно функционалног компјутерског 3Д модела сатног механизма. Посебна пажња посвећена је синтези запречно – импулсног механизма и осцилатора. Одабран је један посебан тип запречно – импулсни механизам са повратним трзајем, а осцилатор представља физичко клатно са двоструким теговима и компензованим топлотним дилатацијама. Извршена је и компјутерска симулација и анализа рада сатног механизма и документована одговарајућим нумеричким подацима и дијаграмима.

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве предложене теме докторске дисертације кандидата Мише Стојићевића, маг. инж. маш., Комисија за оцену подобности теме закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације. Кандидат испуњава све Законом и Статутом Машинског факултета предвиђене услове и има способности за рад на докторској дисертацији.

На основу свега горе наведеног Комисија предлаже Научно-наставном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Миши Стојићевићу, маг. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације под називом

„Нелинеарна динамика сатних механизма“

у научној области Машинство – ужа научна област Теорија механизма и машина, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За менторе докторске дисертације предлажу се проф. др Љубомир Миладиновић, редовни професор на Катедри за Теорију механизма и машина Машинског факултета Универзитета у Београду и проф. др Бранислав Попконстантиновић, редовни професор на Катедри за Теорију механизма и машина Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд 27.06.2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Љубомир Миладиновић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Бранислав Попконстантиновић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Драган Петровић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Зорана Јели, доцент
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Ратко Обрадовић, редовни професор
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Љубомир Миладиновић

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

„Нелинеарна динамика сатних механизма“ кандидата Мише Стојићевића, магистарски рад.

1. Gordana Gajić, Stevan Stankovski, Gordana Ostojic, Zdravko Tesic & **Ljubomir Miladinovic** (2012): Method of evaluating the impact of ERP implementation critical success factors – a case study in oil and gas industries, Enterprise Information Systems, DOI:10.1080/17517575.2012.690105, str. 1-23, IF 2010 = 0,786, M21
2. Dragana Škrinjar, Igor Baranovski, Dragan Dragičević, Stevan Stankovski, Gordana Ostojić, **Ljubomir Miladinović**: Development of a Didactic Set of Pneumatics and Servo Pneumatics in Engineering Education, Transactions of Famena, XXXVI-3, 2012, pp 69-78, ISSN 1333-1124, IF 2012 = 0,143
3. Gordana Ostojic, Stevan Stankovski, Zeljko Ratkovic, **Ljubomir Miladinovic**, Rado Maksimovic: Development of hydro potential in Republic Srpska, Renewable & Sustainable Energy Reviews, Volume 28, December 2013, pp 196 – 203, ISSN 1364-0321, IF 2013 = 5,627, M21
4. Branislav Popkonstantinović, **Ljubomir Miladinović**, Marija Obadović, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski: Mathematical Principles and Optimal Design Solutions to Compensation for the Pendulum Temperature Dilatation, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 10, No. 8, 2013, pp 117 – 128, ISSN 1785-8860, IF 2012 = 0,588, M23
5. Raša Andrejević, Goran Šiniković, Miša Stojićević, Miodrag Stoimenov, **Ljubomir Miladinović**, Branislav Popkonstantinović, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski: A Novel Walker with Mechanically Established Walking and Standing Mechanism, Tehnički vjesnik, Vol.20 No.6 Prosinac 2013., pp 927 – 931, ISSN 1848-6339, IF 2012 = 0,601

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Бранислав Попконстантиновић

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

„Нелинеарна динамика сатних механизма“ кандидата Мише Стојићевића, магистар инжењерских машина.

1. **Branislav Popkonstantinovic**, Ratko Obradovic, Marija Obradovic, Zorana Jeli, Miša Stojicevic, *Geometrical and mechanical characteristics of deformed balance spring obtained by simulation study*, SIMULATION-TRANSACTIONS OF THE SOCIETY FOR MODELING AND SIMULATION INTERNATIONAL, (2016), vol. 92 br. 11, str. 981-997, ISSN: 1741-3133, IF(2016)=0.713,
2. Vasiljevic Dragan, Stosic Biljana, **Popkonstantinovic Branislav**: *Invention Reasoning Scheme Based on Workshop Design Konstruktion (WDK) Artefact Models and its Application in the Patent Search*, International Journal of Engineering Education, (2016), vol. 32 br. 5, str. 1999-2015, ISSN 0949-149X, IF(2016)=0.609
3. Malešević B., Petrović M., Obradović M., **Popkonstantinović B.**: *On the extension of the Erdős-Mordell type inequalities*, MATHEMATICAL INEQUALITIES & APPLICATIONS, (2014), vol. 17 br. 1, str. 269-281, ISSN: 1848-9966, IF(2014)=0.645
4. Obradovic Ratko, Beljin Branislav, **Popkonstantinovic Branislav**: *Approximation of Transitional Developable Surfaces between Plane Curve and Polygon*, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, (2014), vol. 11 br. 9, str. 217-238, IF(2014)=0.649
5. Andrejevic Rasa, Sinikovic Goran, Stojicevic Misa, Stoimenov Miodrag, Miladinovic Ljubomir, **Popkonstantinovic Branislav**, Ostojic Gordana, Stankovski Stevan: *A Novel Walker with Mechanically Established Walking and Standing Mechanism*, TEHNICKI VJESNIK-TECHNICAL GAZETTE, (2013), vol. 20 br. 6, str. 927-931, ISSN 1848-6339, IF(2013)=0.615
6. **Popkonstantinovic Branislav**, Miladinovic Ljubomir, Obradovic Marija, Ostojic Gordana, Stankovski Stevan: *Mathematical Principles and Optimal Design Solutions to Compensation for the Pendulum Temperature Dilatation*, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, (2013), vol. 10 br. 8, str. 117-128, ISSN: 1785-8860, IF(2013)=0.471

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
