

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

566/2
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)17.03.2016.
(Датум)

З А Х Т Е В
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

**ИНТЕГРИСАНИ ДИЗАЈН ЗУПЧАСТИХ ПРЕНОСНИКА СА КОНТИНУАЛНОМ
ВАРИЈАЦИЈОМ ПРЕНОСНОГ ОДНОСА - CVT**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Опште машинске конструкције

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: САЊА (ЉИЉАНА) ВАСИН
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2010.
- Назив магистарске тезе кандидата: _____
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
- Година одбране магистарске тезе: _____
- 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 17.03.2016
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
- Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 566/2
Датум: 17.03.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Сање Васин**, дипл. инж. маш. - мастер, бр. 2532/1 од 04.12.2015. године да јој се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милосав Огњановић, ред. проф., ментор, др Милета Ристивојевић, ред. проф., др Божидар Росић, ред. проф., др Марко Милош, ванр. проф. и др Душан Ђурчић, научни сарадник, ВТИ Београд, број 566/1 од 10.03.2016. 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 17.03.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **САЊА ВАСИН**, дипл. инж. маш. - мастер испуњава услове за израду докторске дисертације **«ИНТЕГРИСАНИ ДИЗАЈН ЗУПЧАСТИХ ПРЕНОСНИКА СА КОНТИНУАЛНОМ ВАРИЈАЦИЈОМ ПРЕНОСНОГ ОДНОСА - CVT»**.

За ментора студенту **Сањи Васин**, именује се др Милосав Огњановић, 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 за израду докторске дисертације студента докторских студија **Сање Васин**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 2665/2 од 24.12.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата, студента докторских студија **Сање Васин** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом

Интегрисани дизајн зупчастих преносника снаге са континуалном варијацијом преносног односа - CVT

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Сања Васин рођена је 10.06.1986 године у Београду, општина Савски Венац. У Земуну завршила је основну школу “Горња Варош” у периоду 1993-2001. Средњу техничку школу “Нови Београд” уписала је 2001 године и завршила 2005 године на Новом Београду. Основне академске студије уписала је 2005 године на Машинском факултету Универзитета у Београду и завршила 07.07.2008 године и стекла звање Инжењер машинства. Дипломске академске студије уписала је 2008 године и завршила 30.09.2010 године на модулу Дизајн у машинству, чији је руководилац проф. др Милосав Огњановић и стекла звање Дипломирани инжењер машинства – Мастер, на тему: “Развој производа у машинству применом систематског приступа”. На Докторске студије Машинског факултета у Београду уписала се 2010 године са оријентацијом на даље усавршавање на Катедри за Опште машинске конструкције у области Развоја и дизајна машинских система. Као студент Докторских студија ангажована је на одржавању вежби на предметима на основним академским студијама - Машински елементи 1, Машински елементи 2, Основе развоја производа, Дизајн машина, Стручна пракса Б - ДУМ и на дипломским академским студијама - Развој машинских система, Поузданост преносника, Стручна пракса М - ДУМ. Од почетка 2010 године укључена је на пројекту финансираном од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Србије бр. ТР 35006 под називом “Одрживост и унапређење машинских система у енергетици и транспорту применом форензичког инжењерства, еко и робуст дизајна”, где је ангажована и

као студент Докторских студија и запослена као сарадник на пројекту од 01.01.2011 године у својству истраживач-приправник на Машинском факултету у Београду, на одређено време. У овом периоду изложила је и објавила радове на Међународним конференцијама и у часописима, како је дато у списку радова.

Учествовала је у реализацији Међународне конференције, укључујући регистрацију учесника и финансијску администрацију, под називом 29TH Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Београд, Септембра 2012 године. У току докторских студија, успешно је одслушала и завршила следеће семинаре и курсеве са стеченим сертификатима:

- Педагошки курс, Машински факултет Универзитета у Београду, 2010 године
- DANTEC семинар, мерења и хидроенергетски системи, Машински факултет Универзитета у Београду, 2010 године
- Matlab Seminar, Signal processing, Beograd, 2011 године
- Academic skill course, Машински факултет Универзитета у Београду, 2011 године
- Европска достигнућа на пољу мерења и анализе буке и вибрација, TRC, Фрушка Гора, 2012 године
- National Instruments, Машински факултет Универзитета у Београду, 2013 године
- Сертификат за Autodesk Inventor Professional 2013, Машински факултет Универзитета у Београду, 2013 године
- Сертификат за Developing innovative ideas for new companies, University of Maryland, College Park, 2013 године

Члан је Алумни фондације Машинског факултета у Београду.

На Међународној конференцији освојила је награду, прво место - AWARD TO YOUNG RESEARCHER, for contributing to the field of Experimental Mechanics at 30TH DANUBIA ADRIA Symposium on Advances in Experimental Mechanics from September 25-28, 2013 in Primošten, Croatia.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Сања Васин се уписала на Докторске студије Машинског факултета – Универзитет у Београду, школске 2010/2011 године и по програму ових студија, током прва четири семестра остварила је следеће резултате.

Редни број	Предмет	Оцена	ЕСПБ бодова	Професор
Први семестар				
1.	Виши курс математике	10	5	Душан Георгијевић
2.	Нумеричке методе	10	5	Миодраг Сплаевић
3.	ОМНИР и комуникација	10	5	Милош Недељковић
4.	Методе испитивања структура	10	5	Милосав Огњановић
5.	Истраживање и публикавање I	10	5	Милосав Огњановић
Други семестар				
6.	Одабрана поглавља из Меанике	10	5	Јосиф вуковић
7.	Развој производа у машинству	10	5	Милосав Огњановић
8.	Интегритет и век конструкција	10	5	Зоран Радаковић
9.	Истраживање и публикавање II	10	15	Милосав Огњановић

Трећи семестар				
10.	Нумеричке анализе структура	10	5	Александар Симоновић
11.	Поузданост и динамика преносника	10	5	Милосав Огњановић
12.	Истраживање и публикување III	10	20	Милосав Огњановић
Четврти семестар				
13.	Истраживање и публикување IV	10	8	Милосав Огњановић
14.	Пројекат идеје докторске дисертације	10	22	Милосав Огњановић
	Укупно		120 ЕСПБ	

Током рада на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Србије ТР 35006 „Одрживост и унапређење машинских система у енергетици и транспорту применом форензичког инжењерства, еко и робуст дизајна“, у својству истраживача, С. Васин је учествовала у раду више научних конференција и објавио следеће радове.

Списак објављених радова

Радови категорије M20

- [1] **Vasin, S., Ognjanović, M., Miloš, M.:** *Wind turbine with continual variation of transmission ratio – design and testing methodology*, Proceedings of the Romanian Academy - Series A: Mathematics, Physics, Technical Sciences, Information Science, Vol 16, No 2(2015), pp.184-192, ISSN 1454-9069, IF 1,658, M21
- [2] Ognjanović, M., Ristić, M., **Vasin, S.:** *BWE Traction Units Failures Caused by Structural Elasticity and Gear Resonances*, Technical Gazette 20, 4(2013), pp. 599-604. ISSN 1330-3651, IF 0,615, M23

Радови категорије M33

- [1] Ognjanović, M., **Vasin, S.:** *Multidisciplinary Conceptual Design - The Case Study*, Proceedings of Conference IRMES-12, Zlatibor 2012, Serbia, pp. 1-6.
- [2] Ognjanović, M., **Vasin, S.:** *Postulates of Technical prosperity Towards Hystorical and Future Product Development* - Proceedings of 7th International Symposium KOD, Balatonfüred 2012, Hungary, pp. 1-8.
- [3] Ognjanović, M., Ristić, M., **Vasin, S.:** *Failures of Gear Drive Bearings Caused by Structure Elasticity of BWE and by Gear Resonance*, Proceedings of 20th International Conference of Material Handling, Constructions and Logistic „MHCL '12“, Beograd, Serbia, 3-5, October 2012, ISBN 978-86-7083-763-8, pp. 279 – 284.
- [4] Ognjanović, M., Ristić, M., **Vasin, S.:** *Bearings Failure of Gear Drive Unit Caused by Gear Resonance*, Proceedings of 4th International Conference, Sinaia, Romania, 20-23. June 2012, ISSN 2211-0984, ISSN 2211-0992 (electronic), ISBN 978-94-007-6557-3, ISBN 978-94-007-6558-0 (eBook), DOI 10.1007/978-94-007-6558-0, Proceedings – Springer Science+Business Media Dordrecht 2013 pp. 155-164.
- [5] Ognjanović, M., **Vasin, S., Ristić, M.:** *Gear Drive Unit Failure Caused by Structural Elasticity*, Proc. of The Seventh Intern. Symp. KOD 2012 Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, Balaton, Hungary, 24-26. May 2012, ISBN 978-86-7892-399-9, pp. 285 – 290.

- [6] **Vasin, S.**, Miloš, R., Ognjanović, M.: *Gear transmission unit Vibration related to Design parameters and Resonances*, - Proceedings of Fourth Serbian Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Vrnjačka Banja 2013, Serbia, pp. 461-466.
- [7] Ognjanović, M., Babić, J., **Vasin, S.**: *Linking of Function Carriers with Physical Contradictions*, - Proceedings of International Conference on engineering Design, Seoul 2013, Korea, pp. 325-334, ISBN: **978-1-904670-52-0**
- [8] Ognjanović, M., Ristić, M., **Vasin, S.**: *Design Constraints of Automotive Gear Transmission Components*, - Proceedings of 25th Science and Motor Vehicles, Beograd 2015, Serbia, pp. 306-315
- [9] Ognjanović M., Ristić M., **Vasin S.**: *Hybrid technical systems and the new alternative solutions design*, - Proceedings of the 2nd International scientific conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications – COMETA, Jahorina, December 2-5, 2014, ISBN 978-99976-623-2-3, COBISS.RS-ID 4642840, pp 1-8.
- [10] Ognjanović M., **Vasin S.**, Ristić M.: *Hybrid and reverse engineering in actual design of technical systems*, - Proceedings of the Eight International Symposium KOD 2014-Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, Balatonfured, Hungary, ISBN 978-86-7892-615-0, 2014, pp 33-40, COBISS.SR-ID 286511111

Радови катезорупе М34

- [1] **Vasin, S.**, Ognjanović, M., Miloš, M.: *Testing methodology of Gear transmission Wind power plants with Speed control system*, Proceedings of the 30th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Primošten, Croatia, 25-28, September 2013, ISBN 978-86-7083-762-1 pp. 256-257.
- [2] Benur, M., **Vasin, S.**, Golubović-Bugarski V., Ognjanović, M.: *Experimental identification of Disturbance Transmission Factor* - Proceedings of the 30th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Belgrade, Serbia, 25-28, September 2012, ISBN 978-86-7083-762-1 pp. 198-201.
- [3] Ognjanović, M., Ristić, M., **Vasin, S.**: *Test device for simultaneous probabilistic testing of gear flank endurance*, - Proceedings of the 30th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Kempten, Germany, 25-28, September 2014, ISBN 978-86-7083-762-1 pp. 248-251.

Рад катезорупе М50

- [1] Senussi, H. G., Benisa, M., **Vasin, S.**: (2014): Forecasting Optimal Production Program Using Profitability Optimization by Genetic Algorithm and Neural Network, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering 5, 8(2014), pp. 916-921, waset.org/Publication/9998225

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

С. Васин је положила све испите предвиђене програмом Докторских студија са одличним успехом и по овом основу стекла је услов да јој се одобри израда докторске дисертације. Резултати остварених истраживања у којима је учествовала и резултати објављених радова, квалификују је за одобравање даљег рада на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Друга половина двадесетог века и почетак двадесет првог одликују се интензивним развојем технологије укључујући и интензивни развој метода и алата у инжењерском дизајну. Развој ових метода подразумева развој подручја функција (F), развој структура (S) и понашања (B) техничког система. Корелацију ових чинилаца који дефинишу технички систем (TS) односно производ (P) илуструје F-B-S модел [1-3]. У односу на овај модел развој је почео са трансформацијом функције (F) у структуру (S), касније назван *Function-based Design*. Овај приступ и опште познати линијски модел инжењерског дизајна је стандардизован VDI нормама са очекивањем да доведе до убрзаног развоја нових принципа и структура техничких система. Очекивања нису остварена услед недостатка других постулата за овај развој, а то су значајна научна открића, нови извори енергије и др. [4]. Даљи развој вратио се на усавршавање техничких система заснованих на већ познатим принципима, на подизање нивоа квалитета рада и својстава. Стандардизован је V-модел који подржава овај приступ назван *Property-based Design*, а оријентисан на релацију B-S у F-B-S моделу. Уследио је и трећи ступањ овог развоја који подразумева укључивање вештачке интелигенције и интеракцију са когнитивним функцијама корисника и значајно проширење подручја функција постојећих система. Оријентисан је на F-B релацију у F-B-S моделу и подразумева *Effect-based Design* [4]. Предложена тема треба да подржи и унапреди развој овог приступа у инжењерском дизајну.

Предмет истраживања ове дисертације није само F-B релација јер структура и понашање система за ову сврху не постоји, тако да је потребно интегрисање наведених приступа. Интегрисање треба остварити у више праваца и на више нивоа. За технички систем који треба развити потребно је проширити подручје функције, подручје структуре и обезбедити понашање система које се очекује. У том смислу потребно је објединити – интегрисати три наведена приступа у развоју техничких система. Осим тога потребан је развој механичке структуре, затим електронске структуре и софтвера за адаптивно управљање радом система. Интегрисање ових области развоја је други правац интегрисања. Организација и управљање интегративним функцијама за развој техничких система у овом смислу је један од предмета истраживања. Развијени модел треба да буде основа и за развој других мехатроничко-софтверских система, а његова верификација остварена на објекту односно примеру који се очекује као резултат овога рада. Све ово указује на потребу развоја модела интегрисаног развоја односно инжењерског дизајна техничких система овога типа.

Технички системи се развијају за одговарајуће услове експлоатације које у значајној мери дефинишу подручја њихових функције и понашања. Услови експлоатације дефинишу граничне услове које мора задовољити структура. За конкретно конструкцијско решење потребно је истражити (дефинисати) услове рада као што су оптерећења, брзине и сл. затим граничне услове као што су габарити, маса, сигурност и поузданост, као и начин њихове провере у процесу развоја. Ове активности такође треба да буду интегрисане у општи модел интегрисаног приступа.

Конкретан технички систем који треба развити на овом принципу је зупчасти преносник са континуалном варијацијом преносног односа. Зупчасти преносници су трансформатори карактеристика механичке енергије и одликују се значајним предностима у односу на друге системе за ову сврху. Један од значајних недостатака је фиксна величина преносног односа улазне и излазне брзине ротације који дефинишу конструкцијски параметри. Изменама у структури (S) и проширивањем подручја функција (F) треба створити могућности да се постигну жељени ефекти тј. обезбеди континуална варијација преносног односа тј. добије нова врста преносника на принципу CVT – *Continual Variation of Transmission* који је до сада развијан применом других механичких структура.

Подручје где је потреба за оваквом функцијом јако присутна, су ветротурбине. Брзина и снага ветра су изузетно променљиве и стохастичне величине. Постојећим преносницима

остварује се делимична трансформација механичке енергије ветротурбине. У електрични генератор уводи се варијабилна брзина ротације и добија променљива фреквенција електричне струје која се касније доводи на ниво од 50 Hz уз значајне губитке. Потребно је развити преносник који ће варијацијом преносног односа у складу са варијацијом брзине и снаге ветра, остваривати улазни број обртаја у електрични генератор од 1500 o/min како бисе добила електрична струја од 50 Hz и директно синхронизовала на јавну електричну мрежу. Да би се овај циљ остварио потребно је дефинисати подручје варијације преносног односа на основу радних услова које одређује брзина ветра и максимална снага генератора. Потребно је да претходи дефинисање овог подручја на основу постојећих података о овим условима рада. Иза тога следи развој структуре преносника кроз концепцијски дизајн и развој конструкције (избор конструкцијских параметара, димензија и облика делова и склопова – *Embodiment Design*). Овај развој (*Function-based Design*) обухвата проверу напонских стања, сигурност и поузданост делова у раду, у првом реду зупчаника и лежаја. *Поузданост за дизајн* је приступ који треба применити да би се добило конструкцијско решење жељеног нивоа поузданости за жељени радни век и компоненте система којима ће ресурси поузданости истећи приближно у истом временском периоду. Поступак и процедура испитивања развијеног преносника (испитивање прототипа) ради идентификације евентуалних недостатака, је важан задатак и предмет овога рада. Потребно је развити испитну инсталацију и дефинисати процедуру испитивања. Сагледати потенцијална слаба места и идентификацију проблема које треба решити пре увођења система у експлоатацију. Ту се пре свега подразумева хармонизација рада механичких, електронских и софтверских компоненти ове структуре, као и провера понашања и оцена квалитета рада сваког од произведених система пре уградње.

Референтна литература:

Област методологије иновативног инжењерског дизајна

- [1] Gero J. (1996) Creativity, emergence and evaluation in design, - *Knowledge based systems*, 9, pp 435-448.
- [2] Gero J. S., Kannengiesser U. (2004) The situated function-behavior-structure framework, - *Design Studies*, 25(4), pp 373-391.
- [3] Kannengiesser U., Williams G., Gero J. (2013) What do the concept generation techniques of TRIZ, morphological analysis and brainstorming have in common, - *e-Proceedings of the International Conference on Engineering Design – ICED-13*, Seoul-Korea 2013. (ID-506).
- [4] Ognjanović M.: Inovativni razvoj tehničkih sistema, - *Mašinski fakultet Beograd* 2014.
- [5] Camba D. J., Contero M., Company P. (2016) Parametric CAD modeling – An analysis of strategies for design reusability – *Computer-Aided Design*, Vol. 74, 2016, pp. 18-31.
- [6] Fernandes J., Henriques E., Silva A., Moss A. M.(2015) Requirements change in complex technical systems: an empirical study of root causes – *Research in Engineering Design*, Vol. 26, 2015, pp. 37-55.
- [7] Kim E. J., Kim K. M.(2015) Cognitive styles in design problem solving: Insights from network-based cognitive maps – *Design Studies*, Vol. 40, 2015, pp. 1-38.
- [8] Chulvi V., Gonzalez-Cruz M., Mulet E., A.-Zambrano J. (2013) Influence of the type of idea-generation method on the creativity of solutions, *Researches in Engineering Design* (2013), Vol. 24, pp 33–41.
- [9] Krehmer H., Meerkamm H., Wartzack S.: Monitoring a property based product development - from requirements to mature product - *e-Proceedings of the International Conference on Engineering Design – ICED-11*- Copenhagen;
- [10] Liu, S., Boyle, M. (2009) Engineering design: perspectives, challenges, and recent advances - *Journal of Engineering Design*, Vol. 20, 2009, pp. 7-19.

- [11] Hohn B.R.(2013) Future transmissions for wind turbines, *Mechanism and Machine Science*, 13, pp. 99-111, 2013.
- [12] Bachinger M., Stolz M., Horn M.(2015) A novel drive train modeling approach for real-time simulation- *Mechatronics*, Vol. 32, 2015, pp. 67-78.
- [13] Thoma F., Strasser D., Schmaltz P., Yuksek S.: Determination of the reliability for a multy-megawatt wind energy gearbox, -Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2015, VDI-Berichte 2255.1, ISBN 978-3-18-092255-3, pp 29-40.
- [14] Leimann D.O.: Case study and test observations on helical gearing with plain bearings in a 2 MW wind turbine gear unit, -Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2015, VDI-Berichte 2255.1, ISBN 978-3-18-092255-3, pp 41-52.
- [15] Hu Z., Tang J., Zhong J., Chen S.(2016) Frequency spectrum and vibration analysis of high speed gear-rotor system with tooth root crack considering transmission error excitation – *Engineering Failure Analysis*, Vol. 60, 2016, pp. 405-441
- [16] Srikanth P., Sekhar A.S. (2016) Wind turbine drive train dynamic characterization using vibration and torque analysis – *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 98, 2016, pp. 2-20.
- [17] Zhang L., Wang Y., Wu K., Sheng R., Huang Q.(2016) Dynamic modeling and vibration characteristics of a two-stage closed-form planetary gear train - *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 97, 2016, pp. 12-28.
- [18] Yang W., Court R., Jieshing J.(2013) Wind Turbine condition monitoring by the approach of SCADA data analsis, *Renewable Energy* Vol. 53 (2013) pp. 365-376.
- [19] Cho J.-R., Jeong K.-Y., Park M.-H., Shin D.-S., Lim O.-K., Park N.-G.(2013), Finite element structural analysis of wind turbine gearbox considering tooth contact of internal gear system, *Journal of Mechanical Science and Technology* 27 (7) (2013) 2053-2059.
- [20] Girer U., Arnaudov K.: New drive train design for ultra large 15 MW wind turbine, - - Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2013, VDI-Berichte 2199.1, ISBN 978-3-18-092199-0, pp 101-112.
- [21] Datong Q., Wenyu B., Fuping Z.: Dynamic characteristics of gear transmission system of wind turbine at various operation conditions, -Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2013, VDI-Berichte 2199.1, ISBN 978-3-18-092199-0, pp 113-125.
- [22] Leimann D.O. : Evolution in gear micro-geometry design for wind turbine gearboxes with respect to load distribution and noise and vibrations, -Proc. of the *International conference on gears* Munich 2013, VDI-Berichte 2199.1, ISBN 978-3-18-092199-0, pp 139-150.
- [23] Krull F.D.: Windturbine field- and testrig testing as part of the design process for gearboxes. Test- and validation requirements, needs and best practice for windturbine gearboxes. - Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2013, VDI-Berichte 2199.1, ISBN 978-3-18-092199-0, pp 163-175.
- [24] Smolders K., Donker M.V.D., Verdyck B.: Advanced test program to increase reliability and reduce time-to-market for new MMW wind turbine gearbox designs, - Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2013, VDI-Berichte 2199.1, ISBN 978-3-18-092199-0, pp 177-185.
- [25] Diller A., Steinberger G., Pinnekamp B.: High-torque gearboxes for wind turbine test rig applications, - Proceedings of the *International conference on gears* Munich 2013, VDI-Berichte 2199.1, ISBN 978-3-18-092199-0, pp 187-194.
- [26] Kusiak A., Wenyan L., Zhe S.(2010) Dynamic control of Wind Turbines, *Renewable Energy* Vol. 35 (2010) pp. 456-463.
- [27] Zundel M., Comparison of test-rig and field measurements on gearboxes for wind turbines, Winergy AG, Voerde, -*International conference on gears* Munchen-2010, VDI-Berichte, No. 2018, pp. 1085-1094,.

- [28] *Garcia M.P., Tobis A.M., Pinar P.M., Papaelias M.*(2012) Condition monitoring of wind turbines: Techniques and methods, *Renewable Energy* 46 (2012) 169 – 178.
- [29] *Kusiak A., Li W., Soung Z.*(2010), Dynamic control of wind turbines, *Renewable Energy* 35 (2010) 456–463.
- [30] *Balas M.J., Johnson K.* (2009) A special issue of Mechatronics on "Past, present and future modeling and control of Wind Turbine", *Mechatronics* Vol. 19, (2009) pp. 1353-1356.
- [31] *Bartelmus W., Zimroz R.*(2009) Vibration condition monitoring of planetary gearbox under varying external load, *Mechanical Systems and Signal Processing* 23 (2009) 246– 257.
- [32] *Precup R-E., Preitl S.* (2005) Control solutions in Mechatronical systems, *Electrical Engineering* Vol. 18 (2005), pp. 379-394.

3. Полазне хипотезе

Основна полазна хипотеза ових истраживања је могуће уклапање у савремени тренд развоја хибридних техничких система који подразумева подизање нивоа функционисања и квалитета рада постојећих техничких система са одговарајућим жељеним ефектима (*Effect-based Design*). У складу са овим трендом развити систем и моделе интегрисања метода, процедура и области који подржавају развој хибридизованих техничких система жељених перформанси.

Друга хипотеза је заснована на иновационим техникама трагања за идејама и решењима као што су TRIZ и WOIS које треба да доведу до техничке иновације постепеним приближавањем и усклађивањем контрадикција (TRIZ) или интуитивним пробијањем мисаоне баријере (WOIS). Очекује се да у оквиру ових истраживања до решења дође комбинацијом ових приступа.

Трећа хипотеза подразумева могућност развоја техничког система са адаптивним управљањем у складу са наглим и интензивним променама услова рада (експлоатације). Праћење промена ових услова у реалном времену и коришћење сигнала које генеришу ове промене за управљање радом техничког система, на пример променом преносног односа ради одржавања фиксног броја обртаја излазног вратила ветротурбине.

Четврта хипотеза у овом раду полази од претпоставке да развијени технички систем мора бити на високом степену савршености у првом покушају. То подразумева развој техничког система за жељени (потребни) ниво својстава, у овом случају за потребни ниво поузданости у раду за жељени радни век система. Модели за избор димензија и других конструкцијских параметара морају бити засновани на принципима робусности, а добијена конструкцијска решења проверена комбинацијом нумеричких и експерименталних метода.

4. Научне методе истраживања

Методе апстракције представљају основу иновативног развоја техничких система и техничког развоја уопште. Апстракција уз примену принципа Neuristike и иновационих техника, води креирању нових приступа као и нових техничких решења. У овом раду се подразумева и једно и друго, нове интегрисане методе развоја и ново техничко решење.

Аналитичке методе у овом истраживању имају два аспекта примене. Подразумевају екстензивне анализе постојећих конструкцијских решења, анализе стања и ограничења у експлоатационим условима, анализе стања у структури система и одређивање показатеља квалитета рада. Други аспект се односи на широк спектар аналитичких прорачуна током развоја конструкције, робусном и аксиоматском одређивању конструкцијских параметара, заснованих на коришћењу емпиријских података и показатеља.

Моделирање облика уз коришћење комерцијалних софтвера за ову сврху омогућиће визуелизацију развијене структуре преносника, која по потреби може бити искоришћена за виртуелну симулацију рада преносника. Осим тога развијени 3D модели машинских делова омогућују анализу стања напона и деформација под оптерећењем која је основа за оцену и одређивање показатеља исправности и квалитета рада као и поузданости у раду компонената система.

Нумеричке методе у развоју зупчастих преносника, првенствено планетарних, примењују се за статичке и за динамичке анализе. Метода коначних елемената – МКЕ треба да буде примењена за одређивање напона и деформација зупчастих венаца и носача сателита планетарних сетова. Осим тога утврђивање сопствених учестаности и модалних облика осциловања од значаја су за анализу динамичког стања преносника и побуду вибрација.

Експерименталне методе у оквиру овог истраживања односе се на испитивање прототипа развијеног преносника као и на пробна испитивања сваког израђеног преносника. За ову сврху потребно је развити идејно решење пробног стола и процедуру испитивања.

Развој софтвера потребан је за управљање системом за варијацију преносног односа зупчастог преносника у релацији са варијацијом брзине ветра односно ротора ветротурбине и одржавањем сталног броја обртаја излазног вратила. Осим тога, измењена варијанта овог софтвера потребна је за симулацију радних услова при испитивању преносника на пробном столу током испитивања.

5. Очекивани научни допринос

На основу приказаног предмета и циљева истраживања, полазних хипотеза и примењених метода, од предложене теме могу се очекивати следећи научни доприноси.

- Модели и процедура интегрисаног дизајна иновативних решења техничких система високих перформанси (својстава) и ефеката, који укључује сва три подручја F-B-S модела инжењерског дизајна.
- Идејно (концепцијско) решење преносника са континуалном варијацијом преносног односа (CVT) које укључује механичку, електричну, електронску и софтверско управљачку структуру за одржавање сталног броја обртаја излазног вратила ветротурбине.
- Модел развијеног конструкцијског решења преносника ветротурбине са сталним излазним бројем обртаја и континуалном варијацијом преносног односа.
- Модел напонског стања и деформација делова преносника са сопственим учестаностима и облицима осциловања. Оцена могућности резонанције конструкцијског решења.
- Модел идејног решења пробног стола за испитивање развијеног преносника.
- Процедура испитивања преносника на пробном столу.
- Софтвер за управљање варијацијом преносног односа преносника у раду и током испитивања на пробном столу.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђена истраживања треба да буду изведена по следећим фазама које се могу реализовати сукцесивно, а неке делимично или у потпуности симултано.

- *Прва фаза:*

Истраживање литературе у области инжењерског дизајна, развоја зупчастих преносника, принципа реализације CVT, експерименталних и нумеричких процедура. Развој процедуре инжењерског дизајна је у експанзији дужи низ година. Резултати најновијих истраживања и предложене процедуре и методологија воде према иновативном развоју хибридних техничких решења високог нивоа квалитета извршавања функције у интеракцији са когнитивним функцијама корисника. Методологија коју треба у раду развити и верификација на CVT ветротурбине треба да је у складу са актуелним трендовима у овој области.

- *Друга фаза:*

Развој концепције и конструкције преносника са континуалном варијацијом преносног односа CVT за примену код ветротурбина. Концепцијска решења трансмисије ветротурбина углавном су са сталном величином преносног односа и корекцијом фреквенције електричне струје уз високе губитке енергије. Актуелни тренд у развоју концепцијских решења ове трансмисије одвија се у два правца. Један подразумева усклађивање преносног односа са брзином и снагом ветра како би електрични генератор радио са сталним бројем обртаја. Други правац је потпуна елиминација преносника код ветротурбине како би се смањила маса на торњу. Остаје проблем корекције фреквенције електричне струје који се мора решавати на други начин. Питање развоја концепције и конструкције CVT преносника је ључна фаза овога рада како би преовладала примена преносника код ветротурбина.

- *Трећа фаза:*

Развој пробног стола и процедуре за испитивање развијеног преносника који укључује развој механичке, хидрауличке, електричне, електронске и софтверске структуре. Развој обухвата и идентификацију радних услова и услова испитивања укључујући и граничне. Тиме су обухваћена два аспекта експерименталног рада. Један се односи на експлоатациона испитивања чији резултати треба да обезбеде дефинисање режима лабораторијских испитивања. Друго подручје је развој пробног стола и методологије лабораторијских испитивања CVT преносника ветротурбине.

- *Четврта фаза:*

Анализа својстава и показатеља квалитета развијеног система: статичка и динамичка МКЕ анализа, анализа чврстоће и поузданости, развој процедуре експерименталног испитивања и др.

- *Пета фаза:*

Обрада текста рада укључујући и верификацију научних доприноса у часописима на SCI листи, конференцијама и др.

7. Закључак и предлог

Претходно дати приказ показује да је студент Докторских студија Сања Васин успешно положила све испите предвиђене програмом докторских студија и објавила значајан број научних радова. Тиме је стекла услов за одобравање теме за израду докторске дисертације. Предложена тема по свом предмету и циљевима, полазним хипотезама, методама истраживања и очекиваним (могућим) научним доприносима, може да се реализује као успешна докторска дисертација. Тема по свом садржају и циљевима одговара ужој научној области за **Опште машинске конструкције** за коју је матичан Машински факултет. На основу ових чињеница, Комисија предлаже да се Сањи Васин, студенту Докторских студија Машинског факултета, одобри тема Докторске дисертације под називом

Интегрисани дизајн зупчастих преносника са континуалном варијацијом преносног односа - CVT

За ментора Дисертације предлаже се **др Милосав Огњановић**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милосав Огњановић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Милета Ристивојевић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Божидар Росић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Марко Милош,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Душан Ђурчић, научни сарадник
Војнотехнички институт – ВТИ, Београд

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Милосав Огњановић**

Звање: **Редовни професор**

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

1. Ognjanovic M, Simonovic A., Ristivojevic M., Lazovic T.: Research of rail traction shafts and axles fractures towards impact of service conditions and fatigue damage accumulation, - Engineering Failure Analysis 17 (2010) 7-8, pp 1560-1571, ISSN1350-6307 (**IF=0.945**), DOI 10.1016/j.engfailanal.2010.06.007, **M22**
2. Ognjanovic M., Benur M. (2011) Experimental Research for Robust Design of Power Transmission Components, Meccanica, 46 (2011) 4, pp 699-710, ISSN 0025-6455 (**IF=0,892**), DOI: 10.1007/s11012-010-9331-y , **M21**
3. Ognjanovic M., Ciric Kostic S. (2012) Gear Unit Housing Effect on the Noise Generation Caused by Gear Teeth Impacts, – Journal of Mechanical Engineering, 58 (2012) 5, pp 327-337. ISSN 0039-2480 (**IF=0,883**), DOI:10.5545/sv-jme.2010.232, **M22**
4. Ognjanovic M., Milutinovic M. (2013) Design for Reliability Based Methodology for Load Capacity of Automotive Gearbox Identification, - Journal of Mechanical Engineering, Vol. 59 (2013) No. 5, pp 311-322, ISSN 0039-2480 (**IF=0,883**) DOI:10.5545/sv-jme.2012.769 **M22**
5. Ognjanovic M., Ristic M., Zivkovic P. (2014) Reliability for Design of Planetary gear Transmission Units, Meccanica, 49 (4), pp 829-841, ISSN 0025-6455 (**IF=1,747**), DOI 10.1007/s11012-013-9830-8, **M21**

(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
