

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

632/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)09.07.2020.
(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

КОНЦЕПЦИЈСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЈЕДНЕ КЛАСЕ КОМПЛЕКСНИХ МАШИНА АЛАТКИ

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ГОРАН (ВОЈИН) ВАСИЛИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2013.

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: 2013.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 09.07.2020

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: 798/4
Датум: 09.07.2020. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Горана Василића**, маг. инж. маш., бр. 632/1 од 20.05.2020. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Саша Живановић, ванр. проф., др Радован Пузовић, ред. проф., др Бранко Кокотовић, доц., др Никола Славковић, доц. и др Слободан Табаковић, ред. проф., ФТН Нови Сад, број 798/3 од 08.07.2020. 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 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 09.07.2020. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ГОРАН ВАСИЛИЋ**, маг. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«КОНЦЕПЦИЈСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЈЕДНЕ КЛАСЕ КОМПЛЕКСНИХ МАШИНА АЛАТКИ»**.

За ментора студенту **Горану Василићу**, именује се **др Саша Живановић, ванр. 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 **Горана Василића**, студента докторских академских студија, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 798/2 од 25.6.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме и подобности кандидата **Горана Василића**, студента докторских академских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације под називом:

КОНЦЕПЦИЈСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЈЕДНЕ КЛАСЕ КОМПЛЕКСНИХ МАШИНА АЛТКИ

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Општи биографски подаци

Горан Василић, је рођен 22.7.1977. године у Београду, Република Србија. Завршио је основну школу "Јован Стерија Поповић" на Новом Београду. Завршио је средњу електро-техничку школу "Раде Кончар" у Београду, смер "Електро-техничар погона".

Завршио је Машински факултет у Београду по петогодишњем систему школовања, смер "Војно машинство". Дипломски рад је одбранио са оценом 10 (десет) и стекао звање - дипломирани инжењер машинства. Просечна оцена током студија је 7,60 (седам и 60/100).

Завршио је и мастер студије на Машинском факултету у Београду, смер "Производно машинство" и стекао звање - мастер инжењер машинства. Мастер рад је одбранио са оценом 10 (десет) и стекао звање - мастер инжењер машинства. Просечна оцена током мастер студија је 9,5 (девет и 50/100).

Током студија радом у више приватних фирми стиче практична знања из области производних технологија и то: израда 3D модела сложене геометрије применом напредних техника моделирања, пројектовање алата за обликовање лима, пројектовање алата за

бризање пластике, израда програма за CNC машине алатке, пројектовање технологије за израду делова конвенционалним и неконвенционалним методама обраде.

За постигнуте резултате током похађања Мастер академских студија добио је следећа признања:

- Награда за остварен изванредан успех у школској 2011./2012. години на првој години Мастер академских студија и свим положеним испитима;
- Награда за остварен изванредан успех у школској 2012./2013. години на другој години Мастер академских студија и свим положеним испитима;
- Уверење о успешно завршеном курсу за коришћење CAD софтвера Autodesk Inventor који је организован у оквиру сталне школе иновације знања;
- Захвалницу за учешће на конкурс за пројекат у целости реализован у програмском пакету Autodesk Inventor.

Докторске студије на Машинском факултету у Београду уписао је школске 2013/14 године и добија индекс са бројем Д20/13. Као потенцијалног ментора докторске дисертације, кандидат је одабрао професора др Сашу Живановића. На предлог ментора докторске дисертације, утврђена је област истраживања, правац научно истраживачког рада као и програм усавршавања докторанта. Пројекат идеје докторске дисертације под радним насловом „Концепцијско пројектовање једне класе комплексних машина алатки“ је прихваћена од стране комисије коју су чинили професори са катедре за Производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидат је положио све испите који су предвиђени за докторске студије планом и програмом Машинског факултета, Универзитета у Београду.

Од 2014. год. кандидат је запослен у Високој инжењерској школи струковних студија „Техникум Таурунум“ у Београду на којој држи наставу из области производних технологија. Предмети на којима је ангажован за одржавање наставе, рачунских и практичних вежби су:

- Машинска обрада 2,
- Пројектовање технолошких процеса,
- Системи контроле у производном инжењерству,
- Пројектовање применом рачунара,
- Аутоматизација производних процеса,
- НУ обрадни системи,
- 3D Моделирање у инжењерству,
- Технологије и програмирање CNC система.

Анонимним анкетама која се спроводи на крају сваког семестра и према правилнику о студентском вредновању педагошког рада наставника и сарадника на високо школским установама, кандидат је за педагошки рад оцењен одличним оценама на свим предметима.

Познавање страних језика

- Енглески језик – говори, чита, пише.

Познавање рада на рачунару

- Напредно коришћење софтверских пакета: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access итд.), LaTeX, ProENGINEER, PTC Creo, SolidWorks, Autodesk Inventor, MatLab, Basic, Fortran, Arduino Software, FESTO FluidSim, SiemensLOGO Comfort, CorelDRAW, Corel Photo-Paint.

Поседовање знања из области напредног програмирања CNC машина алатки

- Параметарско програмирање, програмирање помоћу математичких функција и тригонометријски описаних путања алата, програмирање помоћу WHILE и дуплих WHILE петљи, израда универзалних и генерализованих програма за типске захвате, израда програма у трансформисаним координатним системима (ротирани и транслирани) итд.

Истраживачке области

- Производне технологије: Машине алатке са паралелном кинематиком; Машине алатке са хибридном кинематиком; Комплексне машине алатке; Индустријски роботи.
- Програмирање: Виртуелне машине алатке; Објектно програмирање нумерички управљаних машина алатки; Развој софтвера за различите анализе машина алатки.

1.2 Активности на докторским студијама

Кандидат **Горан Василић**, уписао је Докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2013/2014. године. Кандидат је положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100). Списак положених испита, остварених ЕСП бодова и оцена приказан је у табели.

Р.б.	Семестар	Предмет	ЕСПБ	Оцена
1.	1	Виши курс математике	5	10
2.	1	Нумеричке методе	5	10
3.	1	ОМНИР и комуникација	5	10
4.	1	Аквизиција и обрада експерименталних података	5	10
5.	1	Истраживање и публиковање 1	10	10
6.	2	Одабрана поглавља из механике	5	9
7.	2	CAD/CAM системи и интеграција пројектовања производа и технологија	5	10
8.	2	Теорија резања	5	10
9.	2	Истраживање и публиковање 2	15	10
10.	3	Интелигентни индустријски роботи	5	10
11.	3	Испитивање и оптимизација обрадног система	5	10
12.	3	Истраживање и публиковање 3	20	10
13.	4	Истраживање и публиковање 4	8	10
14.	4	Пројекат идеје докторске дисертације	22	10
Укупно ЕСПБ			120	

Кандидат је остварио укупно 120 ЕСПБ бодова, чиме је испунио основни услов да пријави докторску дисертацију.

1.3 Списак објављених научних радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Горан Василић у категорији M20 има три објављена рада. Од тога један у врхунском међународном часопису M21, један у међународном часопису M23 и један у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком Матичног одбора за

машинство Министарства просвете, науке и технолошког развоја М24. Списак свих до сада објављених радова по категоријама даје се у наставку.

1.3.1 Радови објављени у научним часописима међународног значаја (Категорија М20)

- [1] **Vasilic, G.**, Zivanovic, S., *Configuring and analysis of complex multi-axis reconfigurable machine for wire cutting process*, Mechanism and Machine Theory, ISSN 0094-114X, Vol. 149, July 2020, 103833, pp.1-16. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2020.103833 (**M21**, IF(2019): 3.312, 30/130, извор KoBSON).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094114X20300549>
- [2] **Vasilic, G.**, Zivanovic, S., Kokotovic, B., Dimic, Z., *Configuring and analysis of a class of generalized reconfigurable 2-axis parallel kinematic machine*, Journal of Mechanical Science and Technology, ISSN 1738-494X, Vol.33, No.7, 2019, pp.3407-3421. DOI: 10.1007/s12206-019-0636-z (**M23**, IF(2019): 1.345, 97/130, извор KoBSON).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-019-0636-z>
- [3] Zivanovic, S., **Vasilic, G.**, *A New CNC Programming Method using STEP-NC Protocol*, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, FME Transactions, ISSN 1451-2092, Vol. 45, No. 1, pp. 149-158, 2017. DOI:10.5937/fmet1701149Z **M24**
<https://pdfs.semanticscholar.org/d5d6/e69c4b19a0c45377c9534279b8a3a592f5d2.pdf>

1.3.2 Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (Категорија М30)

- [4] Zivanović S., **Vasilic, G.**, *Variants of configuring the 2-axis reconfigurable parallel mechanism - MOMA*, Proceedings of 2nd International Scientific Conference Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications COMETA 2014, pp.33-40, University of East Sarajevo, Faculty of Mechanical Engineering, Jahorina, B&H, Republic of Srpska, 2-5. December 2014, ISBN 978-99976-623-2-3. **M33**
- [5] Zivanovic, S., Slavkovic, N., Dimic, Z., **Vasilic, G.**, Puzovic, R., Milutinovic, D., *Virtual machine tools and robots for machining simulation based on STEP-NC program*, Pro-ceedings of 6th International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN 2017, pp.41-51, Thessaloniki - Greece, 5-6 october, 2017. ISBN: 978-618-80878-4-2. **M33**
- [6] **Vasilic, G.**, Zivanovic, S., Kokotovic, B., *Modelling and analysis of 3-axis reconfigurable hybrid kinematics mechanism with translatory actuated joints*, Proceedings of 5th International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies, NEWTECH 2017, Editors: Majstorovic, V., Jakovljevic, Z., Lecture Notes in Mechanical Engineering, ISBN 978-3-319-56430-2 (eBook), pp. 429-441, 5th – 9th June 2017, Belgrade, Serbia, Springer International Publishing AG 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-56430-2_32. **M33**

1.3.3 Радови објављени у часописима националног значаја (Категорија М50)

- [7] Živanović, S., Dimić, Z., **Vasilic, G.**, Kokotović, B., *Konfigurisanje virtuelne rekonfigurabilne dvoosne mašine sa paralelnom kinematikom integrisane sa CNC sistemom otvorene arhitekture na bazi EMC2 softvera*, TEHNIKA: Časopis saveza inženjera i tehničara Sr-bije, Broj 4/2018, Godina LXXIII 2018, str 519-526, ISSN 0040-2176, UDC:621.9.022. DOI:10.5937/tehnika1804519Z **M51**
- [8] **Vasilic, G.**, Živanović, S., *Modeliranje i analiza rekonfigurabilnog dvoosnog paralelnog mehanizma MOMA sa osnaženim translatornim zglobovima*, TEHNIKA: Časopis saveza

инženjera i tehničara Srbije, Tehnika-Mašinstvo, Broj 1/2016, Godina LXX 2016, str 57-63, ISSN 0040-2176 **M51**

- [9] **Vasilic, G.**, Živanović, S., *Modelling and analysis of 2-axis reconfigurable parallel mechanism MOMA with translatory actuated joints*, TECHNICS special edition, Magazine of the Society of Engineers and Technicians of Serbia, Mechanical Engineering, Year LXXI 2016, pp. 59-66, ISSN 0040-2176, UDC: 62(062.2)(497.1) DOI: 10.5937/tehnika1601057V **M51**

1.3.4 Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини (Категорија M60)

- [10] **Vasilic, G.**, Živanović, S., *Analiza radnog prostora rekonfigurabilnog četvoroosnog mehanizma sa hibridnom kinematikom za proces obrade sečenja žicom*, 41. JUPITER konferencija, 37. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-978-6, str. 3.45-3.53, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 05-06. jun 2018. **M63**
- [11] **Vasilic, G.**, Živanović, S., *Analiza radnog prostora rekonfigurabilnog dvoosnog paralelnog mehanizma MOMA*, 40. JUPITER konferencija, 36. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-893-2, str. 3.47-3.54, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 17-18. maj 2016. **M63**
- [12] **Vasilic, G.**, Živanović, S., Kokotović, B., Glavonjić, M., *Optimizacija dužina spojki dvoosnog rekonfigurabilnog paralelnog mehanizma - MOMA*, 39. JUPITER konferencija, 35. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-838-3, str. 3.28-3.35, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, oktobar 2014. **M63**

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу информација представљених у овом Реферату, Комисија закључује следеће:

Кандидат **Горан Василић**, је својим досадашњим истраживачким активностима показао посебну заинтересованост, квалитет и изражену способност за научноистраживачки рад. Публиковани научни радови у међународним часописима, часописима националног значаја и у зборницима радова скупова међународног и националног значаја, указују на изразит смисао кандидата да се бави комплексним теоријским и експерименталним истраживањима.

С обзиром да су досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације, комисија сматра да кандидат има научно-стручну усмереност у области које покрива предложена тема.

На основу биографских података кандидата, положених испита на докторским студијама, његових научних и стручних активности, афинитета, исказаног интересовања, као и објављених радова, Комисија закључује да кандидат **Горан Василић** испуњава потребне услове и да је оспособљен за успешан самостални теоријски и експериментални рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Научна област у којој се спроводе истраживања у оквиру ове докторске дисертације односи се на производно машинство, са посебним освртом на концепцијско пројектовање машина алатки. Основни предмет дисертације је пројектовање једне нове класе комплексних машина алатки по основу своје концепције, метода којима је конципирана, пројектована и оптимизирана, метода за програмирање, процедура за испитивање и верификацију, процеса које изводи, материјала који обрађује итд. Комплексна машина алатка се посматра као једна

од свих могућих у привременој групи машина, које су другачије од већине осталих по бар једном делу своје структуре или по бар једној намени. На овај начин су обухваћене машине специфичне концепције по неком од ових основа: мултифункционалност, реконфигурабилност, адаптивност управљања, компензација утицаја неких феномена у обрадном систему итд. Даљим уопштавањем, комплексна машина алатка се посматра и као мехатронски производ, за који треба применити традицију коју чине и методи конципирања, димензионисања, испитивања, верификације као и управљања и програмирања. На тај начин се остварује циљ модерне интерпретације модуларних система, фамилија машина алатки, реконфигурабилних и мултифункционалних машина алатки и обрадних система, технолошких система и корелација машина алатки и технологија. Оваква интерпретација обухвата и виртуелне моделе и прототипове машина алатки, дигиталну технологију, симултаност процеса развоја коришћењем савремених CAD/CAM/CAE окружења. Истраживања која су обухваћена овом докторском дисертацијом ће развијену класу комплексних машина алатки свакако уврстити у групу машина алатки нове генерације која се по свом концепту и/или карактеристикама разликују од до сада познатих машина алатки.

Очекује се да овом дисертацијом буду остварени следећи циљеви:

- Савремена интерпретација постојећих метода и процедура за концепцијско пројектовање машина алатки.
- Развој и примена математичких модела машина алатки за идентификацију геометрије и кинематике једне класе комплексних машина алатки.
- Развој конфигуратора као система за концепцијско пројектовање једне класе комплексних машине алатки.
- Оформити окружење за програмирање са виртуелном машином алатком уз примену стандарда ISO 6983 као и новог метода програмирања према стандарду ISO 10303-238.
- Развој управљања на РС платформи и окружења за програмирање.
- Развој и израда експерименталног едукационог окружења са једном комплексном машином алатком за рад у лабораторијским условима .
- Верификација система за концепцијско пројектовање једне класе комплексних машина алатки на примеру развојног испитивања једне комплексне машине алатке са отвореном архитектуром управљања на РС платформи.

2.1 Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације

У наставку се даје преглед неких од литературних извора на које се ослања ова докторска дисертација.

- [1] M. Weck and D. Staimer, *Parallel Kinematic Machine Tools Current State and Future Potentials*, CIRP Annals - Manufacturing Technology, (2002), Vol.51(2): 671-683. DOI:10.1016/S0007-8506(07)61706-5
- [2] J. Wu, J. Wang, T. Li and L. Wang, *Analysis and Application of a 2-DOF Planar Parallel Mechanism*, ASME Journal of Mechanical Design, (2006), Vol.129(4): pp.434-437. DOI:10.1115/1.2437800
- [3] J. Wu, J. Wang, T. Li and L. Wang, *Dynamic Analysis of the 2-DOF Planar Parallel Manipulator of a Heavy Duty Hybrid Machine Tool*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2007), Vol.34(3-4): pp.413-420. DOI:10.1007/s00170-006-0605-4

- [4] J. Wu, T. Li, X. Liu and L. Wang, *Optimal Kinematic Design of 2-DOF Planar Parallel Manipulator*, Tsinghua Science and Technology, (2007), Vol.12(3): 269-275. DOI:10.1016/S1007-0214(07)70040-8
- [5] Y.J. Nam, M.K. Park, *Workspace Optimization and Kinematic Performance Evaluation of 2-DOF Parallel Mechanisms*, Journal of Mechanical Science and Technology, (2006), Vol.22(10): pp.1614-1625 DOI:10.1007/BF02916265
- [6] M. G. Mehrabi, A. G. Ulsoy and Y. Koren, *Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing*, Journal of Intelligent Manufacturing, (2000), Vol.11(4): pp.403-419. DOI:10.1023/A:1008930403506
- [7] R. G. Landers, B. K. Mid and Y. Koren, *Reconfigurable Machine Tools*, CIRP Annals - Manufacturing Technology, (2001), Vol.50(1): pp.269-274. DOI:10.1016/S0007-8506(07)62120-9
- [8] Y.M. Moon, S. Kota, *Design of Reconfigurable Machine Tools*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, (2002), Vol.124(2): pp.480-483. DOI:10.1115/1.1452748
- [9] Z.M. Bi, *Development and Control of a 5-Axis Reconfigurable Machine Tool*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2007), Vol.34: pp.430-439. DOI:10.1007/s00170-006-0615-2
- [10] Z.M. Bi, Y.T. Lang, M. Verner, P. Orban, *Development of Reconfigurable Machines*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2008): Vol.39: pp.1227-1251. DOI:10.1007/s00170-007-1288-1
- [11] C. Peng, W. JinSong, L. TieMin, L. XinJun, G. LiWen, *Step Kinematic Calibration of a 3-DOF Planar Parallel Kinematic Machine Tool*, Sci China Ser E-Tech Sci, (2008), Vol.51(12): pp.2165-2177 DOI:10.1007/s11431-008-0218-2
- [12] L.W. Tsai, S. Joshi, *Kinematic Analysis of 3-DOF Position Mechanisms for Use in Hybrid Kinematic Machines*, Journal of Mechanical Design, (2002), Vol.124(2): pp.245-253. DOI:10.1115/1.1468860
- [13] D. Kanaan, P. Wenger, D. Chablat, *Kinematic Analysis of a Serial-Parallel Machine Tool: The VERNE Machine*, Mechanism and Machine Theory, (2009), 44(2): pp.487-498. DOI:10.1016/j.mechmachtheory.2008.03.002
- [14] T.H. Chang, S.L. Chen, Y.C. Liu, I. Inasaki, *Post-Processor Development of a Hybrid TRR-XY Parallel Kinematic Machine Tool*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2002), Vol.20: pp.259-269. DOI:10.1007/s001700200151
- [15] X. Liu, Z. Li, X. Chen, *Structural Optimization of Typical Rigid Links in a Parallel Kinematic Machine*, Frontiers of Mechanical Engineering, (2011), Vol.6: pp.344-353. DOI:10.1007/s11465-011-0227-x
- [16] C. Munzinger, M. Krauß, M. Kipfmüller, *Simulation of Parallel Kinematic Machine Tools With Minimal Effort*, Production Engineering, (2010.), Vol.4: pp.491-499. DOI:10.1007/s11740-010-0259-9
- [17] X. Tang, L. Tang, J. Wang, D. Sun, *Workspace Quality Analysis and Application for a Completely Restrained 3-Dof Planar Cable-Driven Parallel Manipulator*, Journal of Mechanical Science and Technology, (2013), Vol.27(8): pp.2391-2399. DOI:10.1007/s12206-013-0624-7
- [18] G. Huang, S. Guo, D. Zhang, H. Qu, H. Tang, *Kinematic Analysis and Multi-Objective Optimization of a New Reconfigurable Parallel Mechanism With High Stiff-ness*, Published by Cambridge University Press, (2017), Vol.36(2): pp.187-203. DOI:10.1017/S0263574717000236
- [19] T. Moriwaki, *Multi-functional machine tool*, CIRP Annals - Manufacturing Technology, (2008), Vol.57(2): pp.736-749. DOI:10.1016/j.cirp.2008.09.004

- [20] V.N. Zharinov, V.L. Zinov, R.G. Kudoyarov, E.M. Durko, *Developing New Multipurpose Machine Tools for the Manufacture of Complex Parts*, Russian Engineering Research, (2008), Vol.28(1): pp.79-82 DOI:10.1007/s11980-008-1018-8
- [21] M. Glavonjić, S. Živanović, B. Kokotović, *Koncepcije Multifunkcionalnih i Rekonfigurabilnih Stonih Petoosnih Mašina Alatki*, INFOTEH-JAHORINA, (2014), Vol.13: pp.539-54.
- [22] Y. Ito, *Modular Design for Machine Tool*, The McGraw-Hill Companies, ISBN 9780071496605, ICCN 2007041214, 2008.
- [23] Staroveški, T., Brezak, D., Udiljak, T. (2013). “*LINUXCNC – the Enhanced Machine Controller: application and an overview*,” Tehnički vjesnik / Technical Gazette 20(6), 1103-1110.
- [24] D. Milutinovic, M. Glavonjic, N. Slavkovic, Z. Dimic, S. Zivanovic, B. Kokotović, Lj. Tanovic, *Reconfigurable Robotic Machining System Controlled and Programmed in a Machine Tool Manner*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2011), Vol.53: pp.1217-1229. DOI:10.1007/s00170-010-2888-8
- [25] M. Glavonjic, D. Milutinovi, S. Zivanovic, Z. Dimic, Vladimir Kvrđić, *Desktop 3-Axis Parallel Kinematic Milling Machine*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2010), Vol.46: pp.51-60. DOI:10.1007/s00170-009-2070-3
- [26] M. Glavonjic, D. Milutinovic, S. Zivanovic, *Functional Simulator of 3-Axis Parallel Kinematic Milling Machine*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2009), Vol.42: pp.813-821 DOI: 10.1007/s00170-008-1643-x
- [27] Z. Dimic, D. Milutinovic, S. Zivanovic, V. Kvrđić, *Virtual Environment in Control and Programming System for Reconfigurable Machining Robot*, Tehnički vjesnik,(2016), Vol.23(6): pp.1821-1829
- [28] S. Zivanovic, N. Slavkovic, D. Milutinovic, *An approach for applying STEP-NC in robot machining*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol.49, 2018,, pp. 361–373, DOI: dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2017.08.009
- [29] D. Lukic, S. Zivanovic, J. Vukman, M. Milosevic, S. Borojevic, S., A. Antic, *The possibilities for application of STEP-NC in actual production conditions*, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 32, No. 7, 2018, pp. 1-12, doi: 10.1007/s12206-018-06 –y.

Референца [1] даје преглед истраживања на тему машина алатки са паралелном кинематиком. Анализа двоосних паралелних механизма која укључује кинематику, динамику, оптимизацију параметара механизма је обухваћена референцама [2-5]. Ове референце су од значаја за саму дисертацију у погледу анализа базног двоосног паралелног механизма, који се налази у основи разматране класе комплексних машина алатки. Референце [6-10] се односе на реконфигурабилне технолошке системе и реконфигурабилне машине алатке, њихово пројектовање и развој, што је такође једна од значајних поставки у дисертацији. Референце [11-14] су за израду ове дисертације од значаја због даље надоградње основног двоосног паралелног механизма, на троосни или хибридни као комбинацију паралелног и серијског механизма. Референце [15-18] обухватају тематски структуралну и кинематичку анализу машина са паралелном кинематиком и паралелних манипулатора, анализу радног простора и оптимизацију параметера реконфигурабилних паралелних механизма. Референце [19-22] тематски обухватају мултифункционалне машине алатке, које имају и особину реконфигурабилности и модуларности. Референце [23-27] обухватају тематски примену отвореног система управљања LinuxCNC какав ће бити примењен и на експерименталној машини која треба да буде један од резултата дисертације. Референце [28,29] обухватају примере имплементације новог метода програмирања према STEP-NC протоколу, који се планира тестирати на двоосном раванском реконфигурабилном механизму са паралелном кинематиком.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе које су наведене представљају полазну тачку за истраживања и анализе усмерене ка развоју и концепцијском пројектовању једне класе комплексних машина алатки:

Прва хипотеза: Могуће је развити методологију за концепцијско пројектовање једне класе комплексних машина алатки.

Друга хипотеза: Могуће је успоставити генерализовани модел за идентификацију геометрије и кинематике у оквиру фамилије у разматраној класи комплексних машина алатки.

Трећа хипотеза: Могуће је развити конфигуратор за концепцијско пројектовање једне класе комплексних машина алатки.

Четврта хипотеза: Могуће је развити реконфигурабилно управљање на бази управљачког софтвера отворене архитектуре.

Пета хипотеза: Могућ је развој класе комплексних машина алатки које могу користити различите методе обраде.

4. Научне методе истраживања

Научне методе истраживања су мултидисциплинарне и математику и програмирање придружују делу машинства који покрива производне технологије. Као резултат ове синтезе, у докторској дисертацији су планиране следеће методе истраживања:

- Методе формирања математичких кинематичких модела паралелних, хибридних и комплексних механизма;
- Методе за оптимизацију геометрије механизма машине алатке према постављеним захтевима;
- CAD/CAM/CAE за конципирање, пројектовање, програмирање, симулације рада виртуелне машине по задатом програму, односно за конфигурисање виртуелног прототипа.
- Методе за конфигурисање виртуелних машина које раде у различитим окружењима и симулирају рад реалне машине;
- Методе програмирања и верификације програма за изабрану класу комплексних машина алатки.
- Методе којима се конфигурише реконфигурабилно управљање отворене архитектуре.

5. Очекивани научни допринос

Према постављеним циљевима докторске дисертације и наведеним хипотезама, а користећи дефинисане методе, очекује се да докторска дисертација на предложеној тему садржи следеће научне доприносе:

- Генерализовани модел за идентификацију геометрије и кинематике у оквиру фамилије основног двоосног реконфигурабилног паралелног. Тако успостављени модел је основа будућег софтвера за анализу и оптимизацију параметара двоосног реконфигурабилног паралелног механизма при развоју нових машина из разматране класе комплексних машина алатки.

- Методологија за концепцијско пројектовање једне класе комплексних машина алатки, којима су обухваћене машине специфичне концепције по неком од ових основа: кинематике, мултифункционалности, реконфигурабилности, адаптивности управљања, итд.
- Конфигуратор виртуелних машина алатки за разматрану класу комплексних машина алатки интегрисане са системом за програмирање и управљање.

Развијена методологија за концепцијско пројектовање и генерализовани модел за идентификацију геометрије и кинематике основног двоосног реконфигурабилног паралелног механизма ће бити верификовани кроз симулацију и лабораторијску експерименталну верификацију на неким од реализованих прототипова изабраних машина алатки из класе комплексних машина алатки. Научни допринос резултата досадашњих истраживања већ је верификован и од стране научне јавности објављивањем два рада категорије M21 и M23, а који су у директној вези са очекиваним доприносом.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања састоји се из следећих фаза:

1. Анализа литературе, претходних истраживања као и добијених резултата везаних за машине алатке са паралелним и хибридниим механизмима.
2. Анализа концепта реконфигурабилних машина и мултифункционалних машина алатки.
3. Анализа концепта комплексних машина алатки.
4. Анализа метода за решавање кинематичких проблема паралелних механизма.
5. Развој концепта за пројектовање и конфигурисање хибридних и комплексних машина алатки заснованих на двоосном раванском паралелном механизму са паралелном кинематиком.
6. Развој виртуелне машине алатке намењене за анализу различитих конфигурација двоосне реконфигурабилне машине са паралелном кинематиком.
7. Развој реконфигурабилног управљања.
8. Експериментална верификација реализованих машина алатки базираних на двоосном раванском реконфигурабилном механизму са паралелном кинематиком.
9. Анализа и дискусија остварених резултата.

Структура предложене докторске дисертације обухвата следеће целине:

1. Увод. Осврт на досадашња истраживања из области машина алатки са паралелном, хибридном кинематиком, реконфигурабилних и мултифункционалних машина алатки. Концепт комплексних машина алатки
2. Опис постојећег двоосног раванског реконфигурабилног механизма са паралелном кинематиком
 - 2.1. Конфигурација раванског реконфигурабилног механизма са паралелном кинематиком
 - 2.2. План градње и конфигурисање раванског реконфигурабилног механизма са паралелном кинематиком
3. Уопштене једначине које представљају решења кинематичких проблема
4. Анализе двоосног раванског реконфигурабилног механизма са паралелном кинематиком
 - 4.1. Анализе радних простора различитих конфигурација

- 4.2. Анализе детерминанти Јакобијан матрице различитих конфигурација
- 4.3. Анализа резолуције различитих конфигурација
- 4.4. Оптимизација дужине спојки
- 4.5. Софтвер за анализу раванског паралелног механизма са паралелном кинематиком
- 4.6. Упоредни приказ резултата анализа неких конфигурација и тумачење добијених резултата
5. Веза између резолуције раванског реконфигурабилног механизма са паралелном кинематиком и вредности детерминанте Јакобијан матрице
6. Концепт комплексних машина алатки заснованих на двоосном раванском реконфигурабилном механизму са паралелном кинематиком
 - 6.1. Троосна хоризонтална глодалица са хибридном механизмом који садржи један равански реконфигурабилни механизам
 - 6.2. Троосне, четвороосне и петоосне вертикалне глодалице које садрже један равански реконфигурабилни механизам и пасивне осе
 - 6.3. Троосна вертикална глодалица са хибридном механизмом који садржи измењен равански реконфигурабилни механизам
 - 6.4. Четвороосна комплексна машина за процес обраде сечења жицом
 - 6.5. Петоосна комплексна машина алатка са хибридном кинематиком
7. Проширене једначине кинематички проблема
8. Утицај карактеристика раванског паралелног механизма на карактеристике вишеосних машина
9. Управљање и програмирање класом машина алатки базираних на двоосном реконфигурабилном механизму са паралелном кинематиком
10. Тестирање и експериментална верификација машина
 - 10.1. Двоосни равански паралелни механизам
 - 10.2. Троосна машина алатка са хибридном кинематиком – хоризонтална глодалица
 - 10.3. Четвороосна комплексна машина алатка за процес обраде сечења жицом
11. Двоосни равански паралелни механизам као машина алатка нове генерације.
12. Програмирање комплексних машина алатки базираних на двоосном реконфигурабилном механизму са паралелном кинематиком према STEP-NC протоколу
13. Планови будућих истраживања
14. Закључци
15. Литература

7. Закључак и предлог

На основу детаљне анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата **Горана Василића, маг. инж. маш.** Комисија за подношење реферата закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације, као и да пружа могућност остваривања значајних научних доприноса. Кандидат, који је студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду и има научноистраживачке способности за рад на предметној докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија за подношење реферата предлаже Већу Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату **Горану Василићу, маг. инж. маш.** одобри израду докторске дисертације под називом:

КОНЦЕПЦИЈСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЈЕДНЕ КЛАСЕ КОМПЛЕКСНИХ МАШИНА АЛТКИ

Научна област предложене докторске дисертације је Машинство. Ужа научна област је **производно машинство.**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр 798/2 од 25.6.2020. за ментора током рада на докторској дисертацији именован је др Саша Живановић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 06. јула 2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Саша Живановић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

др Радован Пузовић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

Др Бранко Кокотовић, доцент
Универзитета у Београду, Машински факултет

Др Никола Славковић, доцент
Универзитета у Београду, Машински факултет

Др Слободан Табаковић, редовни професор
Универзитета у Новом Саду, Факултет Техничких наука

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: др Саша Живановић

Звање: ванредни професор

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

1. Vasilic, G., Zivanovic, S. (2020). Configuring and analysis of complex multi-axis reconfigurable machine for wire cutting process, Mechanism and Machine Theory, ISSN 0094-114X, Vol. 149, 103833, pp.1-16, DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2020.103833, (M21, IF(2018): 3.632, 16/129).
2. Vasilic, G., Zivanovic, S., Kokotovic, B., Dimic, Z. (2019). Configuring and analysis of a class of generalized reconfigurable 2-axis parallel kinematic machine, Journal of Mechanical Science and Technology, ISSN 1738-494X, Vol.33, No.7, pp.3407-3421, DOI: 10.1007/s12206-019-0636-z, (M23, IF(2018): 1.356, 87/129).
3. Slavkovic, N., Zivanovic, S., Milutinovic, D. (2019). An indirect method of industrial robot programming for machining tasks based on STEP-NC, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, ISSN 0951-192X, Vol.32, No.1, pp.43-57, DOI: 10.1080/0951192X.2018.1543952, (M22, IF(2018): 2.179, 23/49).
4. Lukic, D., Zivanovic, S., Vukman, J., Milosevic, M., Borojevic, S., Antic, A. (2018). The possibilities for application of STEP-NC in actual production conditions, Journal of Mechanical Science and Technology, ISSN 1738-494X, Vol. 32, No. 7, pp. 1-12, DOI: 10.1007/s12206-018-06 –y, (M23, IF(2018): 1.356, 87/129).
5. Toquica, J.S, Živanović, S., Alvares, A.J., Bonnard, R. (2018). A STEP-NC compliant robotic machining platform for advanced manufacturing, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, ISSN 0268-3768, Vol. 95, pp. 3839-3854, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1466-8>, (M22, IF(2018): 2.750, 21/49).
6. Zivanovic, S., Slavkovic, N., Milutinovic, D. (2018). An approach for applying STEP-NC in robot machining, Robotics and Computer–Integrated Manufacturing, ISSN 0736-5845, Vol.49, pp. 361–373, DOI: [dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2017.08.009](https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.08.009), (M21, IF(2018): 4.392, 8/49).

7. Zivanovic, S., Puzovic, R. (2016). Wire EDM machining simulations based on STEP-NC program, Tehnički vjesnik / Technical Gazette, ISSN 1330-3651, Vol. 23, No. 6, pp.1831-1838, DOI:10.17559/TV-20151122180547, (M23, IF(2018): 0.723, 61/85).
8. Zivanovic, S., Glavonjic, M., Milutinovic, D. (2015). Configuring A Mini-Laboratory and Desktop 3-Axis Parallel Kinematic Milling Machine, Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, ISSN 0039-2480, Vol.61, No1, pp.33-42, DOI:10.5545/sv-jme.2013.1619, (M23, IF(2018): 0.685, 100/132).
9. Slavkovic, N., Zivanovic, S., Kokotovic, B., Dimic, Z., Milutinovic, M.: *Simulation of compensated tool path through virtual robot machining model*, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, ISSN 1678-5878, Vol 42:374, 2020, pp1-17, DOI: 10.1007/s40430-020-02461-9 (M22, IF(2018): 1.743, 67/129).
10. Vorkapic, N., Pjevic, M., Popovic, M., Slavkovic, N., Zivanovic, S.: *An additive manufacturing benchmark artifact and deviation measurement method*, Journal of Mechanical Science and Technology, ISSN 1738-494X, Vol 34, No 7, 2020, pp. 3015-3026, DOI:10.1007/s12206-020-06 –y (M23, IF(2018): 1.356, 87/129).

(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
