

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

902/5
(Број захтева)
09.07.2026.
(Датум)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

Развој, моделирање и експериментална валидација хибридног фотонапонско-термичког (PV/T) система са акумулатором топлотне енергије

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинство (ужа научна област: Термомеханика)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: ДАНИЈЕЛА (Ранко) КАРДАШ АНЧИЋ
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Бањој Луци – Машински факултет Бања Лука
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2014.
4. Година уписа на докторске студије: 2017.
5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Мирко Коматина

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Danijela Kardaš Ančić; Mirko Komatina; Petar Gvero; Bojan Knežević; Milan Pupčević, Experimental comparison of the electrical efficiency of photovoltaics and photovoltaics-thermal hybrid system in real operation conditions, Energy, 2026, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2026.140561>.
2. Danijela Kardas-Ancic; Mirko Komatina, Petar Gvero, Photovoltaic module temperature estimation under various environmental conditions: Preliminary experimental and theoretic study, Thermal Science 2025, <https://doi.org/10.2298/TSCI241224049K>.
3. Dejan Cvetinović; Aleksandar Erić; Slobodan Cvetković; Mirko Komatina; Nebojša Manić; Bojan Janković, Performance assessment and techno-economic analysis of the thermal plasma gasification of biomass using air and steam as gasification medium, Applied Thermal Engineering, Volume 276, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2025.126940>.
4. Mihailo Milanovic, Mirko Komatina, Marvin Scherzinger; Nebojsa Manic; Martin Kaltschmitt, Influence of heat supply method on drying kinetics of apple and nectarine pomace, Biomass Conversion and Biorefinery, 2024, <http://dx.doi.org/10.1007/s13399-024-05633>.
5. Haydar Kepekci; Mirko Komatina, S., CFD investigation on heat transfer performance of different pipe geometries at various Reynolds number, Thermal Science 2025, <https://doi.org/10.2298/TSCI250105076K>

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 09.07.2026. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена:

Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 902/5
Датум: 09.07.2026. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 – др. закон 76/2023 и 19/2025), члана 64. Статута Универзитета у Београду – Машинског факултета – пречишћен текст, арх. бр. 667/4 од 31.03.2026. године. и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету – пречишћени текст, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 09.07.2026. године донело је:

О Д Л У К У

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Данијеле Кардаш Анчић**, маг. инж. маш. под насловом **„Развој, моделирање и експериментална валидација хибридног фотонапонско-термичког (PV/T) система са акумулатором топлотне енергије“**.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Милош Бањац, ред. проф., др Мирко Коматина, ред. проф. и др Петар Гверо, ред. проф., Универзитет у Бањој Луци – Машински факултет.

За **ментора** докторске дисертације именује се **др Мирко Коматина, ред. проф.**

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о подобности кандидаткиње и научној заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње

Данијеле Кардаш Анчић, маг. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета бр. 902/3 од 11.06.2026., именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидаткиње и научне заснованости теме докторске дисертације под насловом: **„Развој, моделирање и експериментална валидација хибридног фотонапонско-термичког (PV/T) система са акумулатором топлотне енергије“** кандидаткиње Данијеле Кардаш Анчић, маг. инж. маш.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидаткиње, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидаткињи

1.1. Биографски подаци

Данијела Кардаш Анчић рођена је 22. октобра 1988. године. Основне и Мастер академске студије завршила је на Машинском факултету Универзитета у Бањој Луци, где је стекла звање мастера енергетског и саобраћајног машинства. Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2017/2018. године, под бројем индекса Д01.

Од 1. марта 2014. године запослена је на Машинском факултету Универзитета у Бањој Луци, на Катедри за термотехнику, у звању вишег асистента. Учествоје у извођењу наставе на Основним и Мастер академским студијама на више предмета из области термодинамике, обновљивих извора енергије, расхладних постројења, трансформатора топлоте и енергетске ефикасности. Претходно је, у периоду од 1. септембра 2012. до 31. октобра 2013. године, радила као наставник математике у Основној школи „Меша Селимовић“ у Прњавору.

У свом досадашњем стручном и научноистраживачком раду кандидаткиња је била ангажована на већем броју националних и међународних пројеката из области енергетике, соларних енергетских система, енергетске ефикасности и енергетског сиромаштва. Издвајају се ангажмани на пројекту Хоризонт Европа ENPOWER и EPACMUS+ ENERGET, као и на стручним пројектима које је имплементирао Развојни

програм Уједињених нација у БиХ (УНДП) у периоду од осам година. Остварила је и више међународних мобилности и усавршавања, укључујући боравке на Универзитетима у Рејкјавику (Исланд) и НТНУ у Трондхајму (Норвешка), као и учешће у летњим и зимским школама из области декарбонизације, климатских промена и одрживе енергетике.

За свој досадашњи рад кандидаткиња је добила више признања и стипендија, међу којима се издвајају стипендија Министарства просвете, науке и научно-технолошког развоја Србије у оквиру пројекта „Србија за Србе из региона“, признање Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци за постигнут изузетан успех на првом и другом циклусу студија, стипендија Фонда српске народне одбране у Америци „Др Михајло Пупин“, стипендија за најбоље студенте Р. Српске Фонда Др Милан Јелић као и стипендија за 25 најбољих студената Босне и Херцеговине „Путујмо у Европу 2011“. Супруга је и поносна мајка Ирине и Василија.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Кандидаткиња Данијела Кардаш Анчић уписала је Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2017/2018. године, под бројем индекса Д01.

Положила је све испите предвиђене Планом усавршавања студената Докторских студија, укључујући и Пројекат идеје докторске дисертације, чиме је остварила укупно 120 ЕСП бодова и испунила основни услов за пријаву докторске дисертације. Списак положених предмета, остварених ЕСП бодова и оцена дат је табеларно.

Редни број	Назив предмета	Година студија, семестар и број ЕСПБ				Оцена
		1. година		2. година		
		I	II	III	IV	
1.	Виши курс математике (о)	5				10 (десет)
2.	Нумеричке методе (о)	5				10 (десет)
3.	ОМНИР и комуникација (о)	5				9 (девет)
4.	Одабрана поглавља из ТМД (и)	5				8 (осам)
5.	Одабрана поглавља из механике флуида (о)		5			9 (девет)
6.	Рационализација потрошње енергије у домаћинствима и индустрији (и)		5			10 (десет)
7.	Обновљиви извори енергије (и)		5			10 (десет)

8.	Моделирање и оптимизација расхладних система (и)			5		10 (десет)
9.	Одабрана поглавља из простирања топлоте и супстанције (и)			5		10 (десет)
10.	Истраживање и публикување 1	10				10 (десет)
11.	Истраживање и публикување 2		15			10 (десет)
12.	Истраживање и публикување 3			20		10 (десет)
13.	Истраживање и публикување 4				8	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације				22	10 (десет)

Легенда: о – обавезни предмет, и – изборни предмет.

Из приложене документације произилази да је њено досадашње научноистраживачко ангажовање уско повезано са предложеном темом докторске дисертације и усмерено ка анализи рада фотонапонских и хибридних фотонапонско-термичких система у реалним условима експлоатације.

Научно-истраживачко искуство кандидаткиње потврђују објављени радови у међународним часописима и саопштења на међународним научним скуповима, као и континуирано учешће у научно-истраживачким и развојним пројектима из области соларне енергије, енергетске ефикасности и одрживе енергетике. Посебно је значајно што су радови и пројекти директно повезани са анализом температуре фотонапонских панела, перформанси PV система и хибридних PV/T система, што представља непосредну научну основу за израду предложене дисертације.

Списак објављених радова

Радови у међународним часописима

1. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, P. Gvero, B. Knežević, M. Pupčević, „*Experimental comparison of the electrical efficiency of photovoltaics and photovoltaics-thermal hybrid system in real operation conditions*“, Energy, Vol. 348, 2026, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2026.140561>. (M21a+)
2. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, P. Gvero, „*Photovoltaic module temperature estimation under various environmental conditions: experimental and theoretic study*“, Thermal Science, Vol. 29, 2025, <https://doi.org/10.2298/TSCI241224049K>. (M22)

3. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, A. Čikić, P. Gvero, S. Muhić, „*Experimental Study and Performance Analysis of the Photovoltaic System Output under Real Weather Conditions*“, Tehnički glasnik / Technical Journal, rad prihvaćen za objavljivanje. (M23)

Радови саопштени на међународним скуповима (M33)

1. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, P. Gvero, M. Kotur, M. Pupčević, *Preliminary experimental analysis of heat transfer and thermal energy storage behavior in a photovoltaic-thermal system*, међународна научна конференција Alternative energy sources, materials and technologies (AESMT'26), 12 - 13 мај 2026., Sofia, Bulgaria.

2. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, P. Gvero, B. Knežević, M. Pupčević, „*Eksperimentalno istraživanje uticaja klimatoloških parametara na temperaturu PV modula*“, 6. naučno-stručni simpozijum ENEF 2025, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina.

3. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, P. Gvero, „*Experimental and theoretic study of the impact of real atmospheric conditions on photovoltaic module temperature*“, 21st International Conference on Thermal Science and Engineering of Serbia - SimTerm 2024, Niš, Serbia.

4. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, P. Gvero, „*Theoretic photovoltaic cell/module temperature based on real weather data for continental climate*“, 20th International Conference on Thermal Science and Engineering of Serbia - SimTerm 2022, Niš, Serbia.

5. **D. Kardaš Ančić**, M. Komatina, „*Mathematical models for PV module temperature using weather data*“, 10th International Conference of Applied Science - ICAS 2022, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.

6. **D. Kardaš**, B. Knežević, M. Pupčević, „*An experimental study on energy generation from photovoltaic-thermal hybrid systems*“, V International Scientific Conference „High Technologies. Business. Society 2020“, Borovec, Bulgaria.

Учесће у научно-истраживачким и развојним пројектима

- Хоризонт Европа пројекат „*ENPOWER – Јачање научних капацитета за енергетско сиромаштво*“, координатор пројекта Машински факултет Универзитета у Бањој Луци, 2024 – 2027
- Контакт особа и сарадник на ERASMUS+ пројекту „*ENERGET – Empowering next-gen energy leaders for a green energy transition*“, координатор пројекта Универзитет Св. Кирила и Методије, С. Македонија, 2025-2027
- Сарадник на пројекту „*Тестна лабораторија за соларно хлађење и гријање простора примјеном Пелтијеових термоелектричних модула*“, научно-истраживачки пројекат финансиран од стране Министарства за научно-технолошки развој, високо образовање и информационо друштво Р. Српске, 2024-

2026

- „Корелација између квалитета омотача и квалитета унутрашњег ваздуха у згради образовне намјене“, научно-истраживачки пројекат финансиран од стране Министарства за научнотехнолошки развој, високо образовање и информационо друштво Р. Српске, 2024-2026
- Спољни сарадник на пројекту: *“Forward_Looking Framework for Accelerating Households” Green Energy Transition - FF GreEN*, пројекат финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије, пројекат бр. 4344, грант. TF C1389YF, 2024 - 2026
- „Термодинамичка анализа и мехатроничка синтеза соларних електрана у урбаним срединама“, научно-истраживачки пројекат финансиран од стране Министарства за научно-технолошки развој, високо образовање и информационо друштво Р. Српске, 2018-2022
- *HERD QIMSEE (Programme in Higher Education, Research and Development in the Western Balkans – Quality Improvement of Master Programs in Sustainable Energy and Environment)*, Број пројекта: 25133300, 2014 – 2017.
- *SD TRAIN (TEMPUS-1-2012-1-SE-TEMPUS-JPHES SDTRAIN: Training Courses for Public Services in Sustainable Infrastructure Development in Western Balkans*, Краљевски Институт за Технологију, Стокхолм, 2012-2015.

Учешће у стручним пројектима

- „Соларне електране у урбаним срединама“, пројекат финансиран од стране Фонда за заштиту животне средине и енергетску ефикасност Р. Српске, 2018-2020
- *GCF Funded Climate Change Mitigation Project “Scaling-up Investment in Low-Carbon Public Buildings”*, UNDP у Босни и Херцеговини, национални консултант, 2019-2020
- Пројекат *“Green Economic Development”*, УНДП (Развојни програм Уједињених нација) у Босни и Херцеговини, национални консултант, 2014-2019

1.3. Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми

На основу приложене документације, научних радова, учешћа у пројектима, наставног ангажовања и мишљења потенцијалног ментора, може се закључити да кандидаткиња поседује потребна теоријска знања, истраживачко искуство и методолошку оспособљеност за самосталан научно-истраживачки рад у области предложене теме докторске дисертације.

Досадашњи резултати кандидаткиње, нарочито у области анализе температуре фотонапонских панела, електричних перформанси фотонапонских система и експерименталних истраживања хибридних PV/T система, представљају чврсту основу за успешну израду докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Савремени трендови у развоју енергетских система усмерени су ка повећању удела обновљивих извора енергије и смањењу емисије гасова са ефектом стаклене баште. У том контексту, соларна енергија представља један од најзначајнијих и најперспективнијих извора, пре свега због своје доступности и еколошке прихватљивости. Фотонапонски системи омогућавају директну конверзију сунчевог зрачења у електричну енергију, али њихова ефикасност остаје ограничена, што представља значајан изазов у широј примени ове технологије [1, 2].

Један од кључних фактора који утиче на перформансе фотонапонских система јесте температура фотонапонских ћелија. Повећање температуре доводи до смањења напона и излазне снаге, при чему се у литератури наводи да се ефикасност смањује за приближно 0,3–0,5% / °C [3-5]. У реалним условима рада, температура панела може значајно премашити температуру околине, што доводи до значајних губитака у производњи електричне енергије [3-5]. Истовремено, значајан део апсорбоване сунчеве енергије трансформише се у топлотну енергију која се у класичним системима не користи, већ се предаје околини и представља губитке ексергије.

Са циљем повећања укупне искоришћености дозраченог сунчевог зрачења, развијени су хибридни фотонапонско-термички системи (PV/T), који омогућавају истовремену производњу електричне и топлотне енергије. Основни принцип рада ових система заснива се на одвођењу топлотне енергије са фотонапонског панела помоћу радног флуида, чиме се смањује температура ћелија и повећава електрична ефикасност [6]. Поред тога, добијена топлотна енергија може се користити у различитим применама, што доводи до значајног повећања укупне енергетске ефикасности система [7].

У последњој деценији забележен је значајан пораст броја истраживања у области PV/T система, са посебним фокусом на унапређење конструкције и оптимизацију радних параметара. Истраживања показују да укупна ефикасност ових система може достићи вредности веће од 60 %, у зависности од типа система и услова рада [6,7]. Посебна пажња посвећена је развоју различитих конфигурација размењивача топлоте, укључујући равне, каналне и микроканалне системе, као и примену различитих материјала [7-9].

У већем броју досадашњих истраживања разматрани су материјали високе топлотне проводљивости, као што су бакар и алуминијум [9]. Имајући у виду економске и конструктивне предности челика, потребно је детаљније испитати могућност његове примене у оваквим системима. Без обзира на нешто слабије термичке карактеристике, челични размењивачи топлоте представљају економичније и конструктивно погодније решење за широку примену, што указује на потребу за њиховим детаљнијим испитивањем.

Поред конструктивних карактеристика, значајан утицај на перформансе PV/T система имају радни параметри, као што су масени проток радног флуида и интензитет сунчевог зрачења. Повећање масеног протока радног флуида интензивира одвођење топлотног протока са фотонапонског панела, што доприноси смањењу температуре ћелија и побољшању електричних перформанси система. Савремена истраживања све више укључују и примену система за акумулацију топлотне енергије и њено коришћење у периоду смањеног сунчевог зрачења [7]. Међутим, температура радног флуида на

излазу из размењивача, односно на улазу у АТЕ, зависи од односа између укупног одведеног топлотног протока и масеног протока радног флуида. Повећање масеног протока не доводи једнозначно до већег или мањег пораста температуре радног флуида, већ је неопходно одредити оптималне радне услове при којима се постиже повољан однос између електричне и термичке ефикасности и акумулисане топлотне енергије [6,10].

Упркос значајном напретку у овој области, уочава се да је велики број истраживања заснован на нумеричким моделима или лабораторијским експериментима, док су истраживања у реалним условима експлоатације ограничена [7, 10]. Такође, недостаје свеобухватна анализа која обједињује утицај конструкције система, радних параметара и примене акумулације топлотне енергије.

На основу наведеног, предмет овог истраживања обухвата анализу рада хибридног фотонапонско-термичког система са челичним размењивачем топлотне енергије и интегрисаним системом за акумулацију топлотне енергије, са циљем утврђивања утицаја конструктивних и радних параметара на електричну, термичку и укупну енергетску ефикасност система у реалним условима рада.

2.2. Циљ истраживања

Полазећи од дефинисаног предмета истраживања и уочених ограничења у постојећој литератури, основни циљ овог истраживања усмерен је ка унапређењу енергетских перформанси хибридних фотонапонско-термичких система кроз детаљну анализу утицаја конструктивних и радних параметара на њихов рад у реалним условима експлоатације. Посебан акценат ставља се на испитивање међусобне интеракције електричних и термичких процеса, с обзиром на то да је управо овај аспект идентификован као један од кључних у оптимизацији PV/T система [11, 12].

У складу са савременим истраживањима, један од основних циљева је примена и прилагођавање постојећих математичких описа рада PV/T система, са циљем дефинисања релевантних параметара на основу којих се могу пратити и анализирати перформансе система у различитим радним условима. Постојећи модели у литератури често су засновани на поједностављеним претпоставкама или су верификовани искључиво у лабораторијским условима, што ограничава њихову примену у реалним системима [12, 13]. Стога је циљ овог истраживања избор, примена и експериментална провера одговарајућих математичких релација и параметара који описују електричну, термичку и укупну енергетску ефикасност PV/T система, на основу података добијених у реалним условима рада. На тај начин обезбеђује се поузданија анализа рада система и практична применљивост добијених резултата не само локално него и шире.

Посебан циљ истраживања односи се на анализу утицаја конструкције размењивача топлоте, са нагласком на примену челичних материјала. Иако су бакар и алуминијум доминантно заступљени у постојећим решењима због високе топлотне проводљивости, њихова цена и ограничења у примени указују на потребу за алтернативним решењима [11,13]. Поред тога, у постојећим решењима често су разматране конструкције са материјалима високе топлотне проводљивости и различитим геометријама проточних

канала, питања трошкова, масе, пада притиска и конструктивне једноставности и даље представљају значајне критеријуме при избору оптималног решења [14]. Укупна ефикасност PV/T система представља збир електричне и термичке ефикасности. У том смислу, истраживање има за циљ да утврди да ли челични размењивачи топлоте могу обезбедити повећање укупне ефикасности система као и међусобне односе електричне и термичке ефикасности система у зависности од реалних услова експлоатације.

Поред конструктивних параметара, циљ истраживања обухвата и детаљну анализу утицаја радних параметара, пре свега масеног протока радног флуида, температуре радног флуида на улазу у размењивач топлоте и интензитета сунчевог зрачења. Према доступним истраживањима, ови параметри имају значајан утицај на температуру фотонапонских ћелија и, последично, на електричну ефикасност система [12,16]. Како оптималан однос термичке и електричне ефикасности није у потпуности дефинисан, један од циљева је и идентификација оптималних радних услова који обезбеђују максималну укупну ефикасност система у реалним условима рада.

Значајан сегмент истраживања односи се и на интеграцију система за акумулацију топлотне енергије, са циљем повећања флексибилности и стабилности рада PV/T система. Савремена истраживања указују на значај примене материјала и система за акумулацију топлотне енергије, посебно у циљу смањења температурних осцилација и бољег искоришћења вишка топлотне енергије [11, 15]. У том контексту, циљ је да се испита утицај ових система на укупну ефикасност и динамику рада PV/T система.

Коначно, циљ истраживања обухвата свеобухватну експерименталну и нумеричку анализу PV/T система у реалним условима експлоатације, укључујући одређивање електричне, термичке и укупне ефикасности, као и испитивање њихове међусобне зависности. Посебан значај истраживања огледа се у томе што добијени резултати неће бити ограничени искључиво на конкретну локацију на којој се спроводе мерења, већ ће, кроз експерименталну валидацију и нумерички модел, омогућити ширу примену и прилагођавање различитим експлоатационим условима. Очекује се да ће резултати истраживања омогућити боље разумевање комплексних процеса унутар PV/T система и допринети дефинисању смерница за њихову оптимизацију, пројектовање и широку примену у савременим енергетским системима [11–13,16].

2.3 Преглед стања у области истраживања

У последњој деценији, а посебно у периоду након 2020. године, истраживања у области хибридних фотонапонско-термичких (PV/T) система доживела су значајну експанзију, са фокусом на повећање укупне ефикасности хибридног енергетског система и интеграцију ових система у комплексније енергетске системе. Савремена истраживања указују да укупна ефикасност PV/T система може премашити 60–65%, у зависности од конструкције, врсте радног флуида, начина хлађења и услова рада, што ове системе чини значајно ефикаснијим у односу на одвојене системе за производњу електричне и топлотне енергије [17,18].

Један од кључних праваца истраживања односи се на унапређење конструкције PV/T колектора, при чему се посебна пажња посвећује оптимизацији геометрије проточних канала, смањењу топлотних отпора и побољшању преношења топлоте између фотонапонског панела и размењивача топлоте [17,19]. Савремена истраживања показују да примена унапређених проточних конфигурација, микроканалних структура и конструктивних решења са побољшаним термичким контактом може значајно повећати интензитет одвођења топлотног протока, што директно утиче на смањење температуре фотонапонских ћелија и повећање електричне ефикасности система [19]. Поред тога, наглашава се значај побољшања термичког контакта између фотонапонског панела и размењивача топлоте, који представља један од кључних параметара у дизајну система [17,19].

Са аспекта избора материјала, савремена истраживања и даље доминантно разматрају примену материјала високе топлотне проводљивости, као што су бакар и алуминијум, због њихових повољних термичких карактеристика [19]. Међутим, у новијој литератури све више се указује на потребу за економичнијим, лакшим и индустријски применљивијим решењима, при чему се поред термичких карактеристика морају узети у обзир и цена, маса, падови притиска, конструктивна једноставност и могућност практичне израде система [19]. Иако челични размењивачи топлоте имају нешто мању топлотну проводљивост у односу на бакар и алуминијум, њихове предности у погледу механичке чврстоће, цене и доступности указују на значај њиховог даљег истраживања, посебно у реалним условима експлоатације, где је број експерименталних података и даље ограничен [18,19].

Анализа утицаја радних параметара показује да масени проток радног флуида има кључну, али комплексну улогу у одређивању перформанси система. Повећање масеног протока радног флуида доводи до интензивнијег хлађења фотонапонских ћелија и повећања електричне ефикасности, али истовремено може узроковати смањење температуре излазног флуида и промену термичке компоненте система [17,19]. Ови резултати указују на потребу за мулти-критеријумском оптимизацијом, која обједињује електричне и термичке аспекте рада PV/T система, као и утицај конструкције размењивача топлоте, масеног протока радног флуида и интензитета сунчевог зрачења [17,19].

Поред унапређења конструкције размењивача топлоте и примене различитих врста радних флуида, значајан правац развоја PV/T система односи се на интеграцију система за акумулацију топлотне енергије. Са становишта једноставности, доступности, цене и практичне примене, коришћење воде за акумулацију топлотне енергије представља једно од најпогоднијих решења за PV/T системе. Вода као медијум за АТЕ има висок специфични топлотни капацитет, ниску цену, добру доступност, хемијску стабилност и еколошку прихватљивост, због чега се широко користи у соларним термичким и хибридним системима [20]. Интеграцијом PV/T колектора са воденим АТЕ омогућава се прихватање и акумулација дела топлотне енергије одведене са фотонапонског панела, чиме се смањују температурне осцилације система и омогућава коришћење акумулисане топлоте у периоду смањеног сунчевог зрачења или повећане потребе за топлотном

енергијом [20]. Термичка ефикасност оваког система зависи од запремине резервоара, нивоа топлотне изолације, температурне стратификације, режима пуњења и пражњења, као и од усклађености између производње и потрошње топлотне енергије.

Упркос значајном напретку, анализа најновије литературе указује на постојање више кључних ограничења. Пре свега, велики број истраживања и даље је заснован на нумеричким моделима или експерименталним истраживањима у контролисаним лабораторијским условима, док су експериментални подаци из реалних услова рада ограничени [18]. Додатно, недостају свеобухватна истраживања која интегришу утицај конструктивних решења, радних параметара, радних флуида и система за акумулацију топлотне енергије [17–20]. Посебно је уочен недостатак истраживања која се баве применом челичних размењивача топлоте у комбинацији са воденим системом за акумулацију топлотне енергије, што представља значајан истраживачки простор.

Сходно наведеном, може се закључити да, иако је област PV/T система значајно развијена, и даље постоји потреба за интегрисаним експерименталним приступом који ће омогућити свеобухватну анализу перформанси у реалним условима рада. Управо у том контексту позиционирано је ово истраживање, које има за циљ да допринесе унапређењу постојећих решења и попуњавању уочених истраживачких празнина.

Релевантни библиографски извори:

- [1] IEA. Renewables 2023 - Analysis and forecast to 2028. International Energy Agency, 2023.
- [2] REN21. Renewables Global Status Report, 2022.
- [3] E. Skoplaki and J. A. Palyvos, Temperature dependence of photovoltaic performance. *Solar Energy*, 83, 614-624, 2009.
- [4] Shaker LM, et al., Examining the influence of thermal effects on solar cells: a comprehensive review. *Sustain Energy Res*;11., 2024.
- [5] S. Dubey, J. N. Sarvaiya and B. Seshadri, Temperature dependent photovoltaic efficiency. *Energy Procedia*, 33, 311-321, 2013.
- [6] T. T. Chow, A review of PV/T hybrid solar technology. *Applied Energy*, 87, 365-379, 2010.
- [7] M. Herrando, et al., A review of solar hybrid photovoltaic-thermal (PV-T) collectors and systems. *Progress in Energy and Combustion Science*, 97,101072, 2023.
- [8] M. H. Ahmadi et al., Recent advances in PV/T systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 254-285, 2018.
- [9] V. V. Tyagi et al., PV/T technology developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1383-1398, 2012.
- [10] H. A. Kazem, M. T. Chaichan,K.Sopian,Design and experimental evaluation of a PV/T system cooled by advanced methods. *International Journal of Energy Research*, 2022;46(7):9684-9709.
- [11] M. Herrando et al., A review of solar hybrid photovoltaic-thermal (PV-T) collectors and systems, *Progress in Energy and Combustion Science*, 97, 101072, 2023.
- [12] A. Herez et al., Recent advances in hybrid photovoltaic/thermal (PVT) systems: A comprehensive review of performance, configurations, and emerging technologies, *Energy Conversion and Management: X*, 28, 101235, 2025.

- [13] S. Saidi, T. Brahim and A. Jemni, Experimental advances in photovoltaic-thermal (PVT) systems: a comprehensive review of cooling technologies, materials, and performance optimization, *Solar Energy*, 2025.
- [14] A. Kazemian, T. Ma and H. Yang, Evaluation of various collector configurations for a photovoltaic thermal system to achieve high performance, low cost, and lightweight, *Applied Energy*, 357, 122422, 2024.
- [15] L. Gao et al., Recent progress in photovoltaic thermal phase change material technology: A review, *Journal of Energy Storage*, 2023.
- [16] Y. El Alami, A. Lamkaddem, R. Bendaoud, S. Talbi, M. Louzazni, E. Baghaz, Numerical study of a water-based photovoltaic-thermal (PVT) hybrid solar collector with a new heat exchanger, *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9, 100693, 2024.
- [17] A. Herez et al., Recent advances in hybrid photovoltaic/thermal (PVT) systems: A comprehensive review of performance, configurations, and emerging technologies, *Energy Conversion and Management: X*, 28, 101235, 2025.
- [18] S. Saidi, T. Brahim, A. Jemni, Experimental advances in photovoltaic-thermal (PVT) systems: a comprehensive review of cooling technologies, materials, and performance optimization, *Solar Energy*, 2025.
- [19] A. Kazemian, T. Ma, H. Yang, Evaluation of various collector configurations for a photovoltaic thermal system to achieve high performance, low cost, and lightweight, *Applied Energy*, 357, 122422, 2024.
- [20] S. Danehkar, H. Yousefi, A comprehensive overview on water-based energy storage systems for solar applications, *Energy Reports*, 8, 8777–8797, 2022.

3. Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на следећим хипотезама:

- процеси преношења топлоте који се остварују у хибридном фотонапонско-термичким (PV/T) системима су динамички (нестационарни) и термички нелинеарни процеси;
- хлађењем фотонапонског панела применом интегрисаног размењивача топлоте долази до смањења радне температуре фотонапонских ћелија, што значајно утиче на повећање електричне ефикасности система;
- топлотни проток који се одводи са фотонапонског панела може се ефикасно искористити у оквиру PV/T система за акумулацију топлотне енергије и њено даље коришћење;
- интеграцијом система за акумулацију топлотне енергије могуће је стабилизovati температурни режим рада PV/T система и значајно повећати укупну енергетску ефикасност;
- могуће је креирати математички модел PV/T система, заснован на енергетским билансима његових карактеристичних делова (фотонапонски панел, размењивач топлоте, радни флуид и акумулатор топлотне енергије), на основу којег ће бити могуће анализирати термичку и електричну ефикасност система;

- да би се моделом обухватило динамичко понашање PV/T система, граничним условима морају бити укључени временски променљиви спољашњи утицаји (интензитет сунчевог зрачења, температура ваздуха, брзина ветра и услови рада система);
- постоји оптимална вредност масеног протока радног флуида при којој се постиже компромис између максималне електричне и термичке ефикасности;
- примена алтернативних конструктивних решења размењивача топлоте, заснованих на употреби челичних материјала, омогућава задовољавајуће перформансе система уз побољшану економску оправданост;
- комбинована примена оптимизованог конструктивног решења и система за акумулацију топлотне енергије доводи до унапређења укупних перформанси PV/T система у реалним условима експлоатације.

4. Научне методе истраживања

У оквиру израде докторске дисертације користиће се следеће научне методе истраживања:

- метода анализе научне литературе - систематска анализа релевантних научних радова из области хибридних фотонапонско-термичких система, са циљем дефинисања тренутног стања у области, идентификације кључних проблема и недовољно истражених параметара који утичу на перформансе система и уочавања истраживачких празнина за дефинисање предмета истраживања;
- методе математичког моделирања - развој физичко-математичког модела PV/T система, заснованог на енергетским билансима појединачних компоненти система, који омогућава анализу процеса преношења топлоте и процену термичке и електричне ефикасности;
- метода нумеричког моделирања - примена одговарајућих нумеричких метода за решавање једначина преношења топлоте уз коришћење временски променљивих граничних услова који обухватају утицај спољашњих метеоролошких параметара и радних параметара система;
- метода експерименталног истраживања - спровођење експерименталних испитивања на посебно пројектованој експерименталној инсталацији која омогућава истовремено праћење рада класичног фотонапонског система и хибридног PV/T система у реалним условима експлоатације, са циљем мерења температурних, проточних и енергетских параметара;
- метода верификације модела - поређење резултата добијених нумеричким моделом са експерименталним резултатима, у циљу верификације развијеног модела и процене његове поузданости;
- метода параметарске анализе - испитивање утицаја кључних улазних параметара, као што су масени проток радног флуида, температура околине, интензитет сунчевог зрачења, конструктивне карактеристике размењивача топлоте и присуство система за акумулацију топлотне енергије, на ефикасност PV/T система;

- метода статистичке обраде података - анализа и обрада експерименталних резултата применом одговарајућих статистичких метода, у циљу утврђивања поузданости мерења и идентификације трендова у понашању система;
- метода компаративне анализе - упоредна анализа резултата добијених за класични фотонапонски систем и PV/T систем, као и анализа различитих конструктивних и радних параметара, ради дефинисања оптималних услова рада и процене унапређења перформанси.

5. Очекивани научни допринос

Научна истраживања, у оквиру предметне докторске дисертације, подразумевају остваривање следећих очекиваних научних доприноса:

1. ***Експериментално испитивање и компаративна анализа рада класичног фотонапонског система и хибридног фотонапонско-термичког система у реалним метеоролошким условима.*** Биће спроведена експериментална истраживања рада PV и PV/T система, квантификација њихових електричних, термичких и укупних енергетских перформанси, као и утврђивање разлика у њиховом понашању при реалним условима експлоатације.
2. ***Развој, израда и експериментална верификација конструктивног решења PV/T система са челичним размењивачем топлоте и акумулатором топлотне енергије.*** Обухваћен је развој интегрисаног техничког решења за ефикасније одвођење топлоте са фотонапонског панела, коришћење предате топлотне енергије и побољшање укупне енергетске искоришћености PV/T система.
3. ***Развој, верификација и примена математичког модела PV/T система за анализу и оптимизацију његових радних параметара.*** Предвиђено је формирање модела заснованог на енергетским билансима, анализа процеса преношења топлоте, испитивање утицаја масеног протока радног флуида на температурне режиме, електричну и термичку ефикасност, као и одређивање оптималне вредности масеног протока којом се постиже максимална укупна енергетска ефикасност система.

Практични значај овог истраживања огледа се у могућности широке примене добијених резултата у различитим енергетским системима заснованим на коришћењу соларне енергије. Развијени и анализирани хибридни фотонапонско-термички (PV/T) систем омогућава истовремену производњу електричне и топлотне енергије из сунчевог зрачења, чиме се значајно повећава укупна искоришћеност расположивог енергетског потенцијала. Резултати истраживања могу се непосредно примењивати при пројектовању система за припрему санитарне топле воде, као и у системима грејања и хлађења објеката. Посебан значај огледа се у могућности интеграције ових система у урбаним срединама, где су просторна ограничења изражена, а потреба за енергетски ефикасним и одрживим решењима све већа. На основу добијених експерименталних резултата и развијеног математичког модела биће омогућена свеобухватна анализа рада

PV/T система, као и поуздана процена његове примене у реалним експлоатационим условима.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухвата следеће фазе:

- детаљно изучавање стручне и научне литературе из области фотонапонских и хибридних PV/T система, са посебним освртом на процесе преношења топлоте, методе хлађења фотонапонских панела и могућности коришћења одведене топлотне енергије;
- анализу постојећих математичких модела PV/T система, као и модела који описују зависност електричне ефикасности фотонапонских панела од радне температуре;
- анализу постојећих конструктивних решења PV/T система и размењивача топлоте, са циљем идентификације њихових предности и ограничења;
- пројектовање и развој унапређеног конструктивног решења PV/T система са интегрисаним размењивачем топлоте и акумулатором топлотне енергије;
- формирање физичко-математичког модела PV/T система, заснованог на енергетским билансима, који описује процесе преношења топлоте између фотонапонског панела, радног флуида и окружења;
- развој математичког модела и спровођење симулација у различитим радним и метеоролошким условима;
- реализацију експерименталних истраживања на пројектованој инсталацији, уз мерење релевантних параметара (интензитет сунчевог зрачења, температура ваздуха, брзина ветра, температура PV/T и PV панела, мерење масеног протока радног флуида, мерење напона и јачине електричне струје PV/T и PV панела, мерење електричне снаге PV/T и PV панела);
- поређење резултата добијених математичким моделом са експерименталним резултатима, у циљу верификације развијеног модела;
- спровођење параметарске анализе утицаја кључних параметара на перформансе PV/T система;
- одређивање оптималних радних услова система, са циљем одређивање максималне укупне енергетске ефикасности;
- компаративну анализу перформанси класичног фотонапонског система и хибридног PV/T система, као и процену могућности практичне примене добијених решења.

Предложена докторска дисертација оквирно ће садржати следећа поглавља:

1. Увод
2. Теоријске основе конверзије соларне енергије и преглед PV и хибридних PV/T система
3. Термодинамичко моделирање хибридног фотонапонско-термичког система
4. Конструктивно решење PV/T система са челичним размењивачем топлоте и акумулатором топлотне енергије

5. Конципирање и израда експерименталне инсталације и методологије мерења инсталација и методологија мерења
6. Анализа резултата експерименталних истраживања
7. Упоредна анализа референтног PV панела и хибридног PV/T система
8. Верификација математичког модела
9. Параметарска анализа утицаја радних и метеоролошких параметара
10. Дискусија резултата и могућности примене система
11. Закључак
12. Литература
13. Прилози

7. Закључак и предлог

Анализом пријаве теме докторске дисертације кандидаткиње Данијеле Кардаш Анчић, маг. инж. маш., Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена, актуелна и подобна за докторску дисертацију, као и да кандидаткиња, на основу достављене документације, досадашњих научних резултата и мишљења потенцијалног ментора, испуњава услове за приступање изради докторске дисертације.

Сходно томе, Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидаткињи Данијели Кардаш Анчић, маг. инж. маш., одобри израда докторске дисертације са темом:

„ Развој, моделирање и експериментална валидација хибридног фотонапонско-термичког (PV/T) система са акумулатором топлотне енергије “

Тема припада научној области машинско инжењерство, ужа научна област: Термомеханика, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора предметне дисертације предлаже се др Мирко Коматина, редовни професор на Катедри за термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду, који је доставио сагласност потенцијалног ментора и мишљење о предложеној теми докторске дисертације.

У Београду, 30. 06. 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милош Бањац, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет

Проф. др Мирко Коматина, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет

Проф. др Петар Гверо, редовни професор,
Универзитет у Бањој Луци – Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
-МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ-

Број: 1338/104

Датум: 30.09.2020.

Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 107. Став 1. Закона о високом образовању ("Сл. гласник РС", бр. 88/2017, 27/2018 - др. закон и 73/2018), члана 100. тачка 1. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ бр. 201/18), члана 95. Статута Машинског факултета у Београду бр. 1450/4 од 14.06.2018. године, дописа Министарства, просвете, науке и технолошког развоја бр. 612-00-01346/2020-06 од 18.09.2020. године и молбе Данијеле Кардаш Анчић, бр. 9/1336 од 30.09.2020. године доносим

РЕШЕЊЕ

ДАНИЈЕЛИ КАРДАШ АНЧИЋ, студенту Докторских академских студија Машинског факултета у Београду, бр. индекса Д01/17 одобрава се мировање права и обавеза због неге детета до годину дана живота.

Мировање права и обавеза именованог студента односи се на школску 2019/2020. годину.

Време мировања права и обавеза из става 2. овог решења не рачуна се у време трајања студија.

Ово решење је коначно.

Образложење

Данијела Кардаш Анчић, студент Машинског факултета поднео је молбу и доказе за одобрење мировања права и обавеза за школску 2019/2020. годину, због неге детета до годину дана живота.

Узимајући у обзир изнете разлоге, одлучено је као у диспозитиву.

ПРОДЕКАН ЗА НАСТАВУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
проф. др Љубодраг Тановић

Доставити:

- именованом
- Служби за студентске послове
- архиви

МОЛБА ПРОДЕКАНУ ЗА НАСТАВУ за статус МИРОВАЊА у шк. 20/21

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Број: 9/16694

Датум: 24.09.2021.

Краљице Марије 16, 11120 Београд 35

Данијела Кардаш Анчић

Име и презиме студента

Д01 /14

Број индекса

Ниво студија (ОАС, МАС или ДАС) ДАС

1. Број година студирања од уписа наведеног нивоа студија 4

2. Да ли је до сада студенту био одобрен статус мировања и у којим годинама ДА, 2019/2020

3. Укупан број ЕСПБ од уписа наведеног нивоа студија 53

- У прилогу молбе ОБАВЕЗНО доставити скенирану документацију (скенирати оригинале) која потврђује наводе у молби (болест, упућивање на студентску праксу у трајању од најмање шест месеци, одлуке или дослужење војног рока, нега детета до годину дана живота и посебна нега која траје дуже од дететове прве године живота, одржавања трудноће, студенткиња која је у поступку биомедицински потпомогнутог оплођења, или и други случајеви предвиђени општим актом високошколске установе.)

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ СТУДЕНТА

Поштовани,

молим да ми се одобри статус мировања за школску 2020/2021 годину ради чувања дјетета до године дана живота.

С поштовањем,
Данијела Кардаш Анчић

ОДЛУКА ПРОДЕКАНА ЗА НАСТАВУ

Статус мировања у 20/21 школ

Датум:

24.9.2021

Продекан за наставу

Проф. др Љубодраг Тановић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
-МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ-

Број: 9/711

Датум: 20.09.2024.

Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 107. Став 1. Закона о високом образовању "Сл. гласник РС", бр. 88/2017, 73/2018, 27/2018 - др. закон, 67/2019, 6/2020 - др. закони, 11/2021 - аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021), члана 100. тачка 1. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ 201/18, 207/19, 213/20, 214/20, 217/20, 230/21, 232/22, 233/22, 236/22, 241/22, 243/22), члана 95. Статута Универзитета у Београду - Машинског факултета - бр. 1136/4 од 28.06.2021. године, Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и молбе Данијеле Кардаш Анчић доносим

РЕШЕЊЕ

ДАНИЈЕЛИ КАРДАШ АНЧИЋ, студенту Докторских академских студија Машинског факултета у Београду, бр. индекса Д01/17 одобрава се мировање права и обавеза.

Мировање права и обавеза именованог студента односи се на школску 2023/2024. годину.

Време мировања права и обавеза из става 2. овог решења не рачуна се у време трајања студија.

Ово решење је коначно.

Образложење

Данијела Кардаш Анчић, студент Машинског факултета поднео је молбу и доказе за одобрење мировања права и обавеза за школску 2023/2024. годину.

Узимајући у обзир изнете разлоге, одлучено је као у диспозитиву.



ПРОДЕКАН ЗА НАСТАВУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Марко Милош

Доставити:

- именованом
- Служби за студентске послове
- архиви

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

-МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ-

Број: 9/19278

Датум: 31.10.2025.

Београд, Краљице Марије бр. 16

Handwritten mark

На основу члана 107. Став 1. Закона о високом образовању "Сл. гласник РС", бр. 88/2017, 73/2018, 27/2018 - др. закон, 67/2019, 6/2020 - др. закони, 11/2021 - аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 - др. закон и 76/2023), члана 100. став 1. тачка 7. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ 201/18, 207/19, 213/20, 214/20, 217/20, 230/21, 232/22, 233/22, 236/22, 241/22, 243/22, 244/23 245/23 и 247/23), члана 95. Статута Универзитета у Београду - Машинског факултета - пречишћен текст, арх. бр. 1136/4 од 28.06.2021. године, Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и молбе Данијеле Кардаш Анчић доносим

РЕШЕЊЕ

ДАНИЈЕЛИ КАРДАШ АНЧИЋ, студенту Докторских академских студија Машинског факултета у Београду, бр. индекса Д01/17 одобрава се мировање права и обавеза.

Мировање права и обавеза именованог студента односи се на школску 2024/2025. годину.

Време мировања права и обавеза из става 2. овог решења не рачуна се у време трајања студија.

Ово решење је коначно.

Образложење

Данијела Кардаш Анчић, студент Машинског факултета поднео је молбу и доказе за одобрење мировања права и обавеза за школску 2024/2025. годину.

Узимајући у обзир изнете разлоге, одлучено је као у диспозитиву.



ПРОДЕКАН ЗА НАСТАВУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Handwritten signature
проф. др Живана Јаковљевић

Доставити:

- именованом
- Служби за студентске послове
- архиви