

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН

14.02.2019. године

ОБАВЕШТЕЊЕ

У складу са чланом 152. став 8. Статута Универзитета у Нишу („Гласник Универзитета у Нишу”, бр. 8/17, 6/18 и 7/18) и члана 25. Правилника о поступку припреме и условима за одбрану докторске дисертације („Гласник Универзитета у Нишу“ бр. 4/18 и 5/18), докторска дисертација кандидата дипл. инжењера **Дејана Милића под насловом “Карактеризација термоелектричних модула примењених за напајање чворова бежичних сензорских мрежа”** и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на сајту Факултета (Информације/Извештаји комисија за оцену и одбрану магистарских и докторских теза/2019) и у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу и могу се погледати до **16.03.2019. године**.

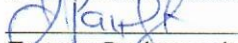
Примедбе на наведени Извештај достављају се декану Факултета у напред наведеном року.

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Декан

Проф. др Драгана Манчић

Обавештење сачинила


Драгана Рацјеловић

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Милић (Вукашин) Дејан
Датум и место рођења	18.04.1974. - Књажевац

Основне студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Микроелектроника
Звање	Дипломирани инжењер електротехнике за микроелектронику
Година уписа	1993.
Година завршетка	2001.
Просечна оцена	7,42

Магистарске студије

Универзитет	
Факултет	
Студијски програм	
Звање	
Година уписа	
Година завршетка	
Просечна оцена	
Научна област	
Наслов завршног рада	

Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Електротехника и рачунарство – Нанотехнологије и микросистеми
Година уписа	2010; 2016
Остварен број ЕСПБ бодова	474
Просечна оцена	10,00

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Карактеризација термоелектричних модула примењених за напајање чворова бежичних сензорских мрежа
Име и презиме ментора, звање	Др Анета Пријић, ванредни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ број 8/20-01-008/17-014 у Нишу 30.11.2017. године

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	93
Број поглавља	7
Број слика (шема, графикона)	64
Број табела	8
Број прилога	-

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>Dejan Milić, Aneta Prijić, Ljubomir Vračar, Zoran Prijić, „Characterization of commercial thermoelectric modules for application in energy harvesting wireless sensor nodes”, <i>Applied Thermal Engineering</i>, 2017, Vol. 121, pp. 74-82. DOI: http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.04.037</p> <p>Рад описује карактеризацију комерцијалних термоелектричних модула, намењених хлађењу/грејању, са циљем избора најпогоднијих за примену као генератора у самонапајајућим бежичним сензорским чворовима. Спроведена нумеричка електро-термална анализа разматра генераторе за три термичка радна услова (као самосталне компоненте, са хладњаком и унутар бежичног сензорског чвора). Карактеризација је базирана на резултатима графичког одређивања радне тачке сензорског чвора. Избор генератора је условљен вредностима напона и снаге предатих оптерећењу при различитим температурним разликама. Резултати су експериментално верификовани термовизијском методом. Утврђено је да најпогоднији генератори могу бити изабрани на основу вредности фактора снаге, фактора добротe или дужине термоелектричног елемента, у зависности од температурних радних услова.</p>	M21a
2	<p>Aneta Prijić, Ljubomir Vračar, Dušan Vučković, Dejan Milić, Zoran Prijić, „Thermal Energy Harvesting Wireless Sensor Node in Aluminum Core PCB Technology”, <i>IEEE Sensors Journal</i>, 2015, Vol. 15, No. 1, pp. 337-345. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2014.2343932</p> <p>У овом раду је представљен самонапајајући телеметријски сензорски чвор за мерење температуре. Уређај је реализован са комерцијалним термоелектричним модулом као извором напајања. Он је смештен између две алуминијумске штампане плоче. Једна плоча је изложена извору топлоте и служи за њено акумулирање, док је на другу монтиран нископрофилни хладњак и служи за одвођење топлоте. Имплементирано електронско коло за подизање вредности генерисаног напона је оптимизовано за стабилно подизање чвора из хладног стања при малим температурним разликама. Аутономија рада чвора у одсуству извора топлоте је продужена 30% у односу на уобичајене системе. Алуминијумске штампане плоче обезбеђују реализацију чвора малих димензија једноставне и компактне структуре.</p>	M21
3	<p>Aneta Prijić, Miloš Marjanović, Ljubomir Vračar, Danijel Danković, Dejan Milić, Zoran Prijić, „A Steady-State SPICE Modeling of the Thermoelectric Wireless Sensor Network Node”, <i>Proceedings of the 4th IcETRAN</i>, Kladovo, Serbia, 2017, pp. MOI2.3.1–6. https://www.etrans.rs/common/pages/proceedings/IcETRAN2017/MOI/IcETRAN2017_paper_MOI2_3.pdf</p> <p>Приказани су резултати моделовања термоелектричног чвора бежичне сензорске мреже са алуминијумским штампаним плочама помоћу програма SPICE. Анализиране су статичке карактеристике чвора при различитим температурним побудама за три комерцијална термоелектрична модула у улози генератора. Параметри модела су одређени на основу техничких спецификација модула и термичких и геометријских карактеристика осталих блокова чвора. Резултати симулације су упоређени са резултатима добијеним мултифизичким нумеричким симулацијама и експериментално. Посебна пажња је посвећена утицају Пелтијевог и Џуловог ефекта на тачност модела. Показано је да се еквивалентни електро-термички модел чвора, уз електричне карактеристике оптерећења, може искористити за процену ефикасности прикупљања енергије помоћу чворова реализованих са различитим термоелектричним модулима.</p>	M33
4	<p>Dejan Milić, Aneta Prijić, Ljubomir Vračar, Zoran Prijić, „The influence of ambient conditions on the performance of the thermoelectric wireless sensor network node“, <i>FACTA UNIVERSITATIS, Series: Working and Living Environmental Protection</i>, 2018, vol. 15, no 2, pp. 89-100. DOI:https://doi.org/10.22190/FUWLEP1802089M http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUWorkLivEnvProt/article/view/4251</p> <p>Самонапајајући системи који за своје напајање користе електричну енергију добијену конверзијом топлотне енергије из околине најчешће садрже термоелектричне генераторе. Рад приказује резултате испитивања утицаја брзине струјања ваздуха и температуре околине на карактеристике три комерцијална термоелектрична модула, првенствено</p>	M52

	<p>намењена за хлађење/грејање, када се користе као генератори у бежичним сензорским чворовима. Понашање генератора унутар чворова симулирано је употребом софтвера за нумеричко моделовање методом коначних елемената у спрегнутим доменима. Електрично оптерећење генератора одређено је улазном отпорношћу кола за управљање снагом. Испитивана је расподела температуре унутар чворова као и вредност генерисаног напона при различитим температурним условима. Одређене су минималне температурне разлике потребне за добијање напона који обезбеђује стабилно и поуздано функционисање бежичног сензорског чвора.</p>	
5	<p>Dejan Milić, Aneta Prijić, Ljubomir Vračar, Zoran Prijić, „Karakterizacija komercijalnih termoelektričnih generatora za primene u samonapajajućim senzorskim sistemima”, Elektronski zbornik radova 57. konferencije ETRAN, Zlatibor, Srbija, 2013, pp. MO1.4.1–6. http://etran.etf.rs/etran2013/fajlovi/Program_ETRAN_2013.pdf</p> <p>У овом раду је приказана карактеризација комерцијалних термоелектричних генератора (ТЕГ-ова) са аспекта њихове примене у самонапајајућим сензорским системима. Као параметри погодности примене су разматрани генерисан термоелектрични напон, односно снага коју генератор предаје потрошачу при различитим температурним побудама. Резултати термичко-електричне симулације генератора су упоређени са општим аналитичким изразима и експерименталним термовизијским подацима. Карактеризација је извршена за 6 минијатурних ТЕГ-ова различитих димензија и основних конструкционих и технолошких параметара.</p>	M63

НАПОМЕНА: уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

На основу Извештаја о испуњености критеријума за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата дипл. инж. Дејана Милића заведеног под бројем 07/03-036/18-001 од 20. 12. 2018. године, који је одговарајућа Комисија Електронског факултета у Нишу поднела Декану факултета, утврђује се да кандидат **ИСПУЊАВА** све предвиђене услове за оцену и одбрану докторске дисертације. Кандидат дипл. инж. Дејан Милић је доставио доказе да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе, као и рада у часопису који издаје Универзитет у Нишу, на основу чега је Комисија предложила покретање поступка за оцену и одбрану његове докторске дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Дејана Милића је изложена на 93 стране формата А4. Текст дисертације садржи 7 поглавља, спискове табела и слика, кратак резиме написан на српском и енглеском језику, као и списак објављених научних радова и биографију аутора. Дисертација је јасно и прецизно написана, а изложена материја има логичан ток разматрања.

У оквиру дисертације је показано да и широко доступни комерцијални термоелектрични модули, који су првенствено намењени хлађењу/грејању, могу ефикасно заменити специјално пројектоване и скупе термоелектричне генераторе намењене самонапајајућим системима. Дефинисани су критеријуми за избор најпогоднијег ТЕГ-а за примену у конкретном сензорском чвору.

У уводном делу је изложен предмет истраживања и дат кратак приказ истраживања спроведених у оквиру дисертације.

У оквиру другог поглавља су дати основни појмови о бежичним сензорским мрежама (WSN), областима њихове примене, архитектури бежичних сензорских чворова, као и о могућностима за њихово напајање. Детаљније је описан термоелектрични генератор (ТЕГ) као извор напајања унутар чвора бежичне сензорске мреже. Приказан је аналитички модел ТЕГ-а и дат опис свих термоелектричних ефеката који утичу на његов рад. Посебно је истакнут значај и описан начин одређивања параметара битних за карактеризацију ТЕГ-ова на основу података наведених од стране произвођача.

Треће поглавље је подељено на четири потпоглавља. У првом потпоглављу је дат детаљан опис моделовања ТЕГ-а и WSN чвора употребом софтвера за нумеричко моделовање ANSYS 18.0 Multiphysics Workbench. У другом потпоглављу су приказани резултати симулације шест изабраних ТЕГ-ова у три температурно различита услова рада – као самосталан ТЕГ, ТЕГ са хладњаком на хладној страни и ТЕГ унутар WSN чвора. У трећем потпоглављу је дата упоредна анализа резултата добијених симулацијама и експериментом за један изабрани ТЕГ. У четвртном потпоглављу су представљени резултати

карактеризације добијени симулацијама за сва три случаја. За случај самосталног ТЕГ-а урађено је и поређење са аналитичким моделом да би се одредила његова валидност. Код ТЕГ-а са хладњаком, анализиран је процес природне конвекције са свих слободних површина хладњака као доминантан механизма одвођења топлоте са генератора. Испитана је и одрживост аналитичког модела у овом случају. У трећем случају је разматран утицај осталих компонената унутар WSN чвора на ефикасност самог ТЕГ-а. Дат је упоредни приказ зависности напона и снаге предате потрошачу од температурне разлике добијене симулацијама и експериментално. На основу ових зависности су постављени критеријуми за избор најпогоднијег ТЕГ-а за примену у конкретном сензорском чвору. Истовремено су одређене и вредности минималне температурне разлике неопходне за правилно функционисање WSN чвора.

У четвртном поглављу је разматран утицај ефеката који се неизбежно налазе у природном радном окружењу WSN чвора, као што су варирање температуре околине и струјање ваздуха, на генерисани напон ТЕГ-а. Функционисање чвора симулирано је коришћењем потпуно интегрисаног нумеричког електротермичког модела са конвективним корелацијама.

Пето поглавље описује начин пројектовања SPICE компатибилног електротермичког модела WSN чвора за стационарни режим рада. Модел је искоришћен за симулацију рада чвора при различитим температурним побудама. Помоћу овог модела је испитан утицај појединих термоелектричних ефеката унутар одабраних ТЕГ-ова.

У шестом поглављу су представљена закључна разматрања и сумирани резултати истраживања. Истакнут је научни допринос докторске дисертације и предложени правци даљег истраживања.

Последња три поглавља дају списак коришћене литературе, биографију аутора и објављене научне радове из области дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

У дисертацији је показано да комерцијални термоелектрични модули, првенствено намењени хлађењу/грејању, могу ефикасно заменити специјално пројектоване и скупе термоелектричне генераторе у самонапајајућим системима. Постављени су критеријуми за избор најпогоднијег ТЕГ-а за примену у самонапајајућим сензорским чворовима на основу података доступних из техничких спецификација. Такође, дефинисане су минималне вредности температурне разлике неопходне за правилно функционисање WSN чвора при имплементацији различитих ТЕГ-ова.

Развијена је симулациона процедура за пројектовање компактних термоелектрично напајаних сензорских система која узима у обзир све температурно зависне параметре.

Утврђен је утицај хладњака, као и осталих саставних блокова у оквиру WSN чвора, на рад самог ТЕГ-а и вредност генерисаног напона.

Резултати симулације су потврђени поређењем са термовизијским снимцима расподеле температуре на одабраном ТЕГ-у и целом компактном WSN чвору, док су резултати електричне карактеризације верификовани мерењима на реализованом WSN чвору.

Приказан је ефикасан термоелектрични SPICE компатибилан модел WSN чвора за стационарни режим рада помоћу кога је испитан и утицај појединих термоелектричних ефеката на тачност аналитичких и упрошћених електричних модела.

Поред постављених циљева из пријаве, разматран је и утицај ефеката који се неизбежно налазе у природном радном окружењу WSN чвора, као што су варирање температуре околине и струјање ваздуха, на генерисани напон ТЕГ-а.

Закључује се да је кандидат успешно реализовао све циљеве постављене у пријави теме докторске дисертације.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Према оцени Комисије, најзначајнији резултати докторске дисертације дипл. инж. Дејана Милића су:

- Потврда ефикасности термоелектричних модула у улози термоелектричних генератора као део самонапајајућег бежичног сензорског чвора при различитим температурним побудама.
- Развој симулационе процедуре којом је омогућено ефикасно пројектовање компактних самонапајајућих сензорских система.
- Постављање критеријума за избор најпогоднијег ТЕГ-а за примену у WSN чвору на основу података доступних из техничких спецификација.
- Дефинисање минималних вредности температурне разлике између топле стране WSN чвора и околине неопходне за његово правилно функционисање.

- Анализа валидности аналитичких модела ТЕГ-а као самосталне компоненте и у оквиру система када су изложени фиксној температурној разлици.
- Дефинисање утицаја хладњака и осталих саставних блокова термоелектричног самонапајајућег система на рад самог ТЕГ-а и вредност генерисаног напона.
- Анализа утицаја температуре околине и брзине струјања ваздуха на вредност генерисаног напона ТЕГ-а у оквиру WSN чвора. Представљен је поједностављени приступ за процену генерисаног напона у условима природне конвекције и успостављена корелација између овог напона и термичке отпорности хладњака за случај принудне конвекције
- Развој термоелектричног SPICE компатибилног модела WSN чвора за стационарни режим рада којим је омогућено утврђивање утицаја појединих термоелектричних ефеката на тачност аналитичких и упрошћених електричних модела.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

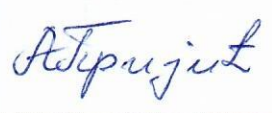




Током трајања докторских академских студија и израде докторске дисертације, кандидат дипл. инж. Дејан Милић је показао висок степен самосталности и истрајности у раду. Истиче се његова иницијатива да се циљеви дефинисани темом дисертације што темељније обраде, као и да се реализују додатна истраживања као њихова надоградња. Самосталност у раду кандидата потврђена је публикованим научним радовима где је он првопотписани аутор.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

На основу увида у поднету докторску дисертацију дипл. инж. Дејана Милића, може се закључити да она садржи оригиналне резултате истраживања и представља значајан допринос, како са научног тако и са аспекта инжењерске примене. Резултат свеобухватног научно-истраживачког рада кандидата представљају и публиковани радови у области термоелектрично напајаних чворова бежичних сензорских мрежа.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електронског факултета у Нишу да докторску дисертацију дипл. инж. Дејана Милића под насловом: „Карактеризација термоелектричних модула примењених за напајање чворова бежичних сензорских мрежа“ прихвати и одобри њену усмену одбрану.

КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану Комисије		НСВ број 8/20-01-001/19-008	
Датум именовања Комисије		21. 01. 2019.	
Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Анета Пријић, ванредни професор		
	Микроелектроника и микросистеми (Ужа научна област)	Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
2.	др Зоран Пријић, редовни професор		
	Микроелектроника и микросистеми (Ужа научна област)	Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
3.	др Љубомир Врачар, доцент		
	Микроелектроника и микросистеми (Ужа научна област)	Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
4.	др Драган Манчић, редовни професор		
	Електроника (Ужа научна област)	Електронски факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
5.	Др Љиљана Костић, ванредни професор		
	Експерименталн и примењена физика (Ужа научна област)	Природно-математички факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	

Датум и место

08. 02. 2019. године у Нишу

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ
Бр. 07/03-017/19-001
14.02. 2019 год.
Ниш, ул. Александра Мединева бр. 14