

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

14.04.2021. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата мр Томислава Ћирића под насловом “Нови приступи у моделовању RF MEMS прекидача” и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу, и могу се погледати до **14.05.2021. године**.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан

Проф. др Драган Манчић



ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
родитеља и име Тирић (Иван) Томислав
Датум и место рођења 26.4.1978. године, Бихаћ, БиХ

Основне студије

Универзитет Универзитет одбране
Факултет Војна академија
Студијски програм Телекомуникације
Звање Дипломирани официр
Година уписа 1997.
Година завршетка 2001.
Просечна оцена 7,90

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ
У НИШУ

Примљено 14.04.2021.

Број

07/03-010/21-004

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет Универзитет у Нишу
Факултет Електронски факултет
Студијски програм Телекомуникације
Звање Магистар техничких наука
Година уписа 2005.
Година завршетка 2014.
Просечна оцена 10,00
Научна област Електротехничко и рачунарско инжењерство
Наслов завршног рада Примена вештачких неуронских мрежа у моделовању капацитивних РФ МЕМС прекидача

Докторске студије

Универзитет Универзитет у Нишу
Факултет Електронски факултет
Студијски програм Телекомуникације
Година уписа 2014.
Остварен број ЕСПБ бодова 400 (магистарске студије) + 80 (преко радова)
Просечна оцена 10,00 (са магистарских студија)

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације Нови приступи у моделовању RF MEMS прекидача
Име и презиме ментора, звање др Златица Маринковић, ванредни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације Универзитет у Нишу, НСВ број 8/20-01-008/18-017 од 17.9.2018. године

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна 168
Број поглавља 9
Број слика (шема, графикона) 99
Број табела 39
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>Tomislav Ćirić, Rohan Dhuri, Zlatica Marinković, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, “Neural Based Lumped Element Model of Capacitive RF MEMS Switches”, <i>Frequenz</i>, ISSN (Online) 2191-6349, ISSN (Print) 0016-1136, DOI: https://doi.org/10.1515/freq-2018-0023. https://www.degruyter.com/view/j/freq.ahead-of-print/freq-2018-0023/freq-2018-0023.xml</p> <p><i>РФ МЕМС капацитивни прекидачи имају широку употребу у савременим комуникационим системима, па је у циљу њихове репрезентације приликом пројектовања кола која их садрже важно користити тачне и поуздане моделе. Пошто модели базирани на еквивалентним колима захтевају оптимизацију елемената кола, а таква оптимизација је временски захтевна, што је нарочито изражено у случајевима када се захтева одређивање карактеристика за различите латералне димензије прекидача. Из тог разлога, развијени су неуронски модели за прорачун елемената еквивалентног еквивалентног кола за задате латералне димензије прекидача. Тиме је развијен нови приступ моделовања и значајно скраћено време потребно за моделовање елемената и карактеристика РФ МЕМС прекидача.</i></p>	M23
2	<p>Zlatica Marinković, Taeyoung Kim, Vera Marković, Marija Milijić, Olivera Pronić-Rančić, Tomislav Ćirić, Larissa Vietzorreck, “Artificial Neural network based design of RF MEMS capacitive shunt switches”, <i>Applied Computational Electromagnetics Society Journal</i>, vol. 31 no. 7, pp. 756-764, July 2016. Applied Computational Electromagnetics Society, Inc. ISSN: 1054-4887. http://www.aces-society.org/includes/downloadpaper.php?of=ACESJournalJuly2016Paper5&nf=16-7-5</p> <p><i>У овом раду описан је ефикасни приступ за одређивање геометријских параметара РФ МЕМС капацитивног прекидача. У ту сврху, развијени су неуронски модели као ефикасна алтернатива моделима у стандардним full-wave симулаторима. Најпре, вештачке неуронске мреже трениране су за одређивање електричних карактеристика прекидача. Затим, предложени су инверзни неуронски модели за одређивање геометријских параметара прекидача за задате вредности резонантне фреквенције. Једном развијене неуронске мреже имају могућност готово тренутног одзива, што у многоме убрзава процедуру оптимизације карактеристика РФ МЕМС прекидача. Приказани приступ омогућава, не само брзу и ефикасну, већ и тачну директну екстракцију латералних димензија прекидача. Наведено је потврђено валидацијом која је урађена поређењем добијених резултата са мереним подацима, као и са резултатима добијеним у стандардним ЕМ симулаторима.</i></p>	M23
3	<p>Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Rohan Dhuri, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković “Hybrid neural lumped element approach in inverse modeling of RF MEMS switches”, <i>Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics</i>, 2020., vol. 33, no 1, pp. 27-31, University of Niš. http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUElectEnerg/issue/view/692</p> <p><i>У циљу превазилажења вишеструких оптимизационих поступака потребних за одређивање елемената еквивалентног кола РФ МЕМС прекидача, предложен је нови хибридни приступ инверзног моделовања прекидача, који представља комбинацију коришћења инверзних неуронских модела са модификованим хибридном моделом базираном на еквивалентном колу. Овакав хибридни модел, поред одређивања димензија прекидача, одређује и елементе еквивалентног кола. Добијене вредности елемената еквивалентног кола касније се могу користити за симулације кола који садржи разматрани РФ МЕМС прекидач. Пошто различите комбинације латералних димензија моста прекидача могу да дају исту вредност резонантне фреквенције, предложени хибридни приступ за инверзно моделовање РФ МЕМС прекидача није могуће користити за истовремено одређивање обе латералне димензије. Из тог разлога, у овом раду је предложено моделовање димензије прста моста прекидача за задате вредности основе моста прекидача и резонантне фреквенције, уз истовремено генерисање вредности елемената еквивалентног кола.</i></p>	M24
4	<p>Zlatica Marinković, Vera Marković, Tomislav Ćirić, Larissa Vietzorreck, Olivera Pronić-Rančić, “Artificial neural networks in RF MEMS switch modelling”, <i>Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics</i>, vol. 29, no 2, pp. 177-191, 2016. University of Niš. ISSN: 0353-3670, DOI: 10.2298/FUEE1602177M. http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUElectEnerg/issue/view/484</p>	M51

	<p>Све већа примена РФ МЕМС прекидача у модерним телекомуникационим системима условила је потребу за развојем њихових прецизних и ефикасних модела. Вештачке неуронске мреже представљају брзо и ефикасно средство за моделовање које обезбеђује једнаку тачност моделовања као и стандардни комерцијални алати за симулације. У овом раду дат је преглед примена вештачких неуронских мрежа у моделовању РФ МЕМС прекидача предложених од стране аутора рада, и то пре свега капацитивних прекидача. Описани су модели за моделовање најзначајнијих карактеристика прекидача у електричном и механичком домену. Такође, описане су процедуре инверзног моделовања са циљем одређивања димензија мембране прекидача ради постизања жељених карактеристика прекидача. Верификација тачности развијених модела је урађена поређењем моделованих резултата са мереним подацима, као и са резултатима добијеним у стандардним електро-механичким симулаторима.</p>	
5	<p>Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, "ANN approach for modeling of mechanical characteristics of RF MEMS capacitive switches - an overview", Microwave Review, vol. 23, no. 1, June 2017, pp. 25-34. Izdavač: Udruženje za mikrotalasnu tehniku, tehnologije i sisteme (MTTS) i Serbia and Montenegro IEEE MTT-S Chapter, ISSN 1450-5835 (Print), ISSN 2406-1050 (Online). http://www.mtt-serbia.org.rs/files/MWR/MWR2017jun/vol23No1-2106-5.pdf</p> <p>У данашње време РФ МЕМС прекидачи постали су неизоставне компоненте у развоју телекомуникационих и мерних система. Предикција перформанси прекидача обично се заснива на употреби full-wave симулатора у електричном и механичком домену, или посредством физичких модела. Како су физички модели комплексни, често се користе поједностављени модели, који при томе губе на тачности. Наведена ограничења се могу превазићи употребом вештачких неуронских мрежа у процесу развоја модела. Неуронски модели показали су се као поуздан алат у успостављају релација између различитих карактеристика и геометријских структура прекидача. Једном успостављен модел даје тренутан одзив, што у великој мери скраћује време потребно за моделовање карактеристика прекидача. У овом раду дат је преглед примена вештачких неуронских мрежа за развој модела механичких карактеристика РФ МЕМС прекидача. Описани су модели зависности напона актуације од латералних димензија прекидача, као и инверзни модели за одређивање димензија прекидача за задати напон актуације.</p>	M52
6	<p>Zlatica Marinković, Tomislav Ćirić, Teayoung Kim, Larissa Vietzorreck, Olivera Pronić-Rančić, Marija Milijić, Vera Marković, "ANN Based Inverse Modeling of RF MEMS Capacitive Switches", 11th Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS 2013), Niš, Serbia, October 16-19, 2013, pp. 366-369, ISBN: 978-86-6125-092-7 (FEE); 978-1-4799-0899-8 (IEEE)</p> <p>У овом раду представљена је нови приступ у инверзном моделовању РФ МЕМС капацитивних прекидача употребом вештачких неуронских мрежа. Предложени неуронски модели предвиђени су да генеришу вредност једног од геометријских параметара мембране прекидача за фиксне вредности осталих димензија прекидача и задате вредности електричних или механичких карактеристика. Наиме, развијени су инверзни неуронски модели прекидача уз помоћ којих се одређују латералне димензије мембране прекидача за задате електричне и механичке карактеристике (резонантна фреквенција и напон актуације). За генерисање података за обуку ових модела коришћени су подаци добијени помоћу претходно развијених директних неуронских модела (модели којима се генеришу електричне или механичке карактеристике РФ МЕМС прекидача). Предложени инверзни неуронски модели готово тренутно генеришу тражене вредности, а добијени резултати задовољавају потребну тачност. Главни разлог развоја ове процедуре је избегавање временски веома захтевне и комплексне оптимизације и нумеричке симулације карактеристика РФ МЕМС прекидача у класичним симулаторима.</p>	M33
7	<p>Zlatica Marinković, Tomislav Ćirić, Vladica Đorđević, Olivera Pronić-Rančić, Teayoung Kim, Marija Milijić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, „ANN Approach for the Analysis of the Resonant Frequency Behavior of RF MEMS Capacitive Switches,” 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2014), Vrnjačka Banja, Serbia, June 2-6, 2014, pp. MT12.1.1-5, ISBN:978-86-80509-70-9</p> <p>У овом раду представљен је нови приступ за анализу понашања резонантне фреквенције РФ МЕМС капацитивних прекидача. Резонантна фреквенција прекидача је директно зависна од латералних димензија мембране прекидача које у процесу фабрикације могу да одступају у границама дозвољене толеранције. У раду је приказана могућност употребе неуронских модела</p>	M33

	<p>резонантне фреквенције прекидача уз помоћ којих се ефикасно анализирају девијације резонантне фреквенције прекидача услед малих одступања латералних димензија мембране прекидача насталих у процесу фабрикације компоненте. Предложени приступ у значајној мери смањује време потребно за анализу понашања резонантне фреквенције прекидача, у односу на употребу класичних full-wave симулатора, чиме се може смањити време пројектовања прекидача.</p>	
	<p>Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Teayoung Kim, Larissa Vietzorreck, Olivera Pronić-Rančić, Marija Milijić, Vera Marković, „ANN based inverse electro-mechanical modeling of RF MEMS capacitive switches”, XLIX Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2014), Niš, Serbia, June 25-27, 2014, vol. 2, pp. 127-130. ISBN 978-86-6125-109-2</p>	
8	<p>У овом раду представљен је нови неуронски приступ за развој инверзних електро-механичких модела РФ MEMC капацитивних прекидача. Неуронским моделом се одређује једна од латералних димензија мембране прекидача, и то димензија прста мембране, која у највећој мери утиче на електро-механичке карактеристике прекидача. Помоћу предложених неуронских модела могуће је извршити предикцију димензије прста мембране за задате вредности тела мембране, резонантне фреквенције и напона актуације РФ MEMC прекидача. Добијени резултати потврђују ефикасност и тачност предложеног приступа у употреби вештачких неуронских мрежа за моделовање карактеристика РФ MEMC прекидача.</p>	M33
	<p>Zlatica Marinković, Ana Aleksić, Tomislav Ćirić, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, „Analysis of RF MEMS capacitive switches by using neural model of actuation voltage”, 2nd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2015), Silver Lake, Serbia, June 8-11, 2015, pp. MTI2.3.1-5. ISBN: 978-86-80509-71-6</p>	
9	<p>Пројектовање РФ MEMC прекидача захтева одређивање његових електричних и механичких карактеристика, како би се задовољили захтеви његове практичне примене у колима и склоповима за комуникационе системе. У овом раду предлаже се употреба вештачких неуронских мрежа као ефикасног средства за симулацију и оптимизацију карактеристика РФ MEMC прекидача, у циљу анализе понашања механичких карактеристика. Даље, анализирани су могућности примене ових модела за одређивање димензија мембране за задате вредности напона актуације прекидача, чиме се избегавају временски захтевне оптимизације употребом класичних симулатора механичких карактеристика.</p>	M33
	<p>Zlatica Marinković, Ana Aleksić, Tomislav Ćirić, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, „Inverse electro-mechanical ANN model of RF MEMS capacitive switches-applicability evaluation”, XLIX Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2015), Sofia, Bulgaria, June 24-26, 2015, pp. 157-160. ISBN 978-619-167-182-3</p>	
10	<p>У овом раду представљена је анализа применљивости инверзних електро-механичких модела РФ MEMC капацитивних прекидача који су базирани на вештачким неуронским мрежама. Конкретније, анализирано је у којим деловима простора улазних вредности је модел применљив и како изабрати најбољи однос латералних димензија мембране прекидача за задате вредности резонантне фреквенције и напона актуације. Такође, извршена је анализа употребе предложених модела за одређивање димензија прста мембране на основу задате укупне дужине мембране прекидача. Анализом је проверена поузданост предложених инверзних неуронских модела за пројектовање РФ MEMC прекидача. Валидација тачности предложеног приступа урађена је поређењем добијених вредности из неуронских модела са вредностима добијеним у ЕМ и механичким симулаторима.</p>	M33
	<p>Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, „ANN approach for analysis of actuation voltage behavior of RF MEMS capacitive switches”, 12th Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS 2015), Niš, Serbia, October 14-17, 2015, pp. 381-384, ISBN: 978-1-4673-7514-6 (IEEE), 978-86-6125-148-1 (FEE).</p>	
11	<p>У овом раду приказана је примена неуронског модела зависности напона актуације РФ MEMC капацитивног прекидача од латералних димензија прекидача (димензија прста и тела мембране прекидача). Неуронски модел омогућава брзу и ефикасну анализу девијације напона актуације услед одступања латералних димензија мембране. Такође, анализиран је утицај малих одступања латералних димензија мембране настала током процеса фабрикације</p>	M33

компоненте на вредности напона актуације прекидача.

Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Marija Milijić, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, „Analysis of RF MEMS ohmic switches based on their neural models” 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2016), Zlatibor, Serbia, June 13-16, 2016, pp. MTI2.5.1-6. ISBN: 978-86-7466-618-0

M33

12 Раније развијени модели РФ MEMC омског серијског прекидача засновани на вештачким неуронским мрежама, коришћени су за анализу промена параметара расејања (*S*-параметара) прекидача услед девијације вредности латералних и лонгитудиналних димензија мембране и растојања између мембране и тела прекидача. У овом раду анализиран је утицај промена латералних и лонгитудиналних вредности растојања између мембране и тела прекидача на девијације *S*-параметара. Одступања димензија прекидача су неизоставна последица настала у процесу фабрикације уређаја услед непрецизне израде и метализације окружења мембране прекидача. У првом кораку одређене су номиналне вредности *S*-параметара, а затим су анализирани девијације *S*-параметара које су настале као последица малих промена једне вредности разматраног растојања, док је друга вредност растојања између моста и тела прекидача константна. У другом кораку, истовремено су мењане обе вредности растојања (промене латералне и лонгитудиналне димензије за +/- 3 μm), а затим је анализирана проузрокована девијација вредности *S*-параметара.

Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Marija Milijić, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, “Modeling of actuation voltage of RF MEMS capacitive switches based on RBF ANNs”, 13th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL), Belgrade, Serbia, November 22-24, 2016, pp. 119-122. ISBN: 978-1-5090-1529-0, DOI: 10.1109/NEUREL.2016.7800133

M33

13 Различите врсте вештачких неуронских мрежа пружају могућност ефикасног моделовања карактеристика РФ MEMC капацитивног прекидача. У овом раду је извршена упоредна анализа резултата добијених вештачким неуронским мрежама заснованих на радијалним функцијама и (RBF) и вишеслојних неуронских мрежа (MLP ANN). Обе врсте вештачких неуронских мрежа примењене су за моделовање механичких карактеристика РФ MEMC прекидача у зависности од латералних димензија моста прекидача. У наредном кораку, анализирана је њихова ефикасност и тачност за предложено моделовање прекидача.

Tomislav Ćirić, Zlatica Marinković, Marija Milijić, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Larissa Vietzorreck, “ANN approach for return loss analysis of ohmic series RF MEMS switches,” 51th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2016), Ohrid, Macedonia, June 28-30, 2016, pp. 45-48, ISBN-13 978-9989-786-78-5

M33

14 У овом раду приказана је примена претходно развијених неуронских модела РФ MEMC омског серијског прекидача за анализу промена *S*-параметара услед девијације вредности латералних димензија моста прекидача (димензије тела и прста мембране прекидача). У првом кораку израчунате су номиналне вредности *S*-параметара, које су коришћене као референтне вредности за наредну анализу. Затим су анализирани девијације *S*-параметара које су настале као последица малих промена једне димензије моста прекидача, док је друга димензија имала константну вредност. У другом кораку, истовремено су мењане вредности ове димензије моста (за величине +/- 3 μm), а затим је анализирана проузрокована девијација *S*-параметара.

Rohan Dhuri, **Tomislav Ćirić**, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Zlatica Marinković, „A neural approach for lumped element circuit based inverse modeling of RF MEMS switches,” 54th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2019), June 27-29 2019, Ohrid, North Macedonia, pp. 15-18. ISSN: 2603-3259 (Print), ISSN: 2603-3267 (Online)

M33

15 Ефикасност примене инверзних неуронских модела у процесу пројектовања РФ MEMC прекидача искоришћена је и за моделовање зависности латералних димензија и елемената еквивалентног кола, а конкретно у овом случају, индуктивности РФ MEMC капацитивног прекидача. Предложен је нови приступ инверзног моделовања РФ MEMC прекидача где су предности примене вештачких неуронских мрежа искоришћене за одређивање једне латералне димензије моста прекидача за задате вредности друге латералне димензије моста и

индуктивности прекидача.

Tomislav Ćirić, Rohan Dhuri, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, Zlatica Marinković, „Hybrid ANN-ECP Approach for Design of Capacitive RF MEMS switches“, 14th Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS 2019), Niš, Serbia, October 23-25, 2019, pp. 327-330, ISBN: 978-1-7281-0878-0 (IEEE).

- 16 Представљен је развој хибридних инверзних модела који комбинују употребу инверзних неуронских модела и модела базираног на еквивалентном колу, а у циљу развоја процедуре за одређивање латералних димензија прекидача и елемената кола за задате вредности резонантне фреквенције. Тиме се стварају услови да се модел базиран на еквивалентном колу касније користи за симулације кола који садржи разматрани РФ МЕМС прекидач. Резулти добијени у еквивалентном колу упоређени су са референтним вредностима прекидача истих димензија које су добијене у full-wave симулатору.

M33

Larissa Vietzorreck, Zlatica Marinković, **Tomislav Ćirić**, Olivera Pronić-Rančić, Vera Marković, „RF MEMS Switch Modeling by using Artificial Neural Networks (ANN),“ European Microwave Week 2017 Workshop „High-Q RF MEMS Devices and Multiphysical Cross-Layer Circuit Design“, Nuremberg, Germany, October 8, 2017.

- 17 Веиштачке неуронске мреже су се у последње време показале као веома ефикасно средство за моделовање РФ и микроталасних компонената. У овој дискусији приказани су резултати аутора везани за примене веиштачких неуронских мрежа за моделовање РФ МЕМС прекидача. Најпре су изложене основе веиштачких неуронских мрежа и описани кораци у поступку развијања и валидације неуронских модела. Затим је приказана примена веиштачких неуронских мрежа за моделовање електричних и механичких карактеристика омских и капацитивних РФ МЕМС прекидача, као и примена веиштачких неуронских мрежа за увођење зависности од димензија мембране у модел базиран на еквивалентном колу. Приказани су и елементарни инверзни модели који представљају ефикасну алтернативу оптимизацијама у стандардним симулаторима.

M35

Tomislav Ćirić, Rohan Dhuri, Olivera Pronić Rančić, Vera Marković, Zlatica Marinković, “Forward and Inverse Neural Modeling of RF MEMS switches,” 1st European Microwave Conference in Central Europe (EuMCE) Workshop on “Advances in Smart Modeling Techniques for Microwave Engineering”, Prague, Czech Republic, 13-15 May 2019.

- 18 Константан раст примене РФ МЕМС прекидача у модерним комуникационим системима и микроталасним уређајима условљава све већу потребу за развојем тачних и ефикасних модела који би се користили у процесу њиховог пројектовања. Карактеристике веиштачких неуронских мрежа сврставају их у групу брзих и ефикасних алата за развој модела који имају тачност блиску тачности модела у стандардним комерцијалним симулационим пакетима. На ауторизованој дискусији презентоване су могућности примене веиштачких неуронских мрежа за моделовање РФ МЕМС прекидача. Карактеристике РФ МЕМС прекидача у ЕМ и механичком домену у директној су зависности од латералних димензија прекидача. Презентоване су карактеристике директног моделовања ЕМ и механичких карактеристика прекидача у зависности од латералних димензија мембране прекидача, као и инверзни неуронски модели за одређивање димензија прекидача на основу задатих жељених карактеристика прекидача. Такође, презентована је примена хибридних инверзних модела који базирају на комбинацији веиштачких неуронских мрежа и модела базираних на еквивалентном колу.

M35

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 Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације, покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације и изборе у звања наставника на Електронском факултету у Нишу, у решењу број 07/03-010/21-001 од 18.02.2021. године, установљено је да кандидат мр Томислав Ћирић **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Наиме, кандидат мр Томислав Ћирић доставио је Факултету доказ да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе и да је првопотписани аутор рада који издаје Универзитет у Нишу или факултет Универзитета у Нишу. Сходно томе, Комисија предлаже покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација кандидата мр Томислава Ђирића изложена је на 168 страна формата А4, садржи 99 слика и 39 табела. Дисертација има логичан ток и прецизно је језички формулисана. Организована је у 9 глава. Дисертација садржи и одговарајући кратак резиме написан на српском и енглеском језику, спискове табела и слика, спискове коришћених скраћеница и симбола, као и биографију аутора.

Уводна глава описује мотивацију и предмет истраживања и даје детаљан увид у организацију докторске дисертације.

У другој глави дате су основе микроелектромеханичких система (МЕМС), опис структуре и принцип рада РФ МЕМС прекидача са акцентом на опису физичких карактеристика РФ МЕМС капацитивног и омског прекидача у серијској и паралелној конфигурацији, на које се односе резултати приказани у овој дисертацији.

Основе и општа теорија вештачких неуронских мрежа (ВНМ) описана је у трећој глави. Након кратког осврта на природни нервни систем човека, описан је модел неурона, структура и функционисање неуронских мрежа. У наставку је посебна пажња посвећена MLP (*Multi-Layer Perceptron*) и RBF (*Radial Base Function*) неуронским мрежама, као врстама вештачких неуронских мрежа које су коришћене у предложеним приступима за моделовање РФ МЕМС прекидача. Описани су укататко поступци обучавања и тестирања вештачких неуронских мрежа.

У четвртој глави разматрано је моделовање ЕМ и механичких карактеристика РФ МЕМС прекидача у зависности од геометријских димензија прекидача базирано на примени неуронских мрежа, чиме се превазилазе сложене симулације и/или оптимизације у процедурама пројектовања кола са РФ МЕМС прекидачима. Применљивост развијених неуронских модела представљена је кроз анализу осетљивости карактеристика РФ МЕМС прекидача и кроз поступак брзог и ефикасног пројектовања прекидача у складу са дефинисаним захтевима.

У петој глави дисертације предложена је употреба хибридних модела РФ МЕМС прекидача. Предложени хибридни модели користе ВНМ за ефикасно генерисање вредности елемената еквивалентног кола РФ МЕМС прекидача (отпорност и индуктивност) за задате латералне димензије моста. Другим речима, придруживањем развијених неуронских модела разматраном еквивалентном колу добијен је скалабилни модел, који се без икаквих додатних измена може користити за прекидаче различитих димензија.

У шестој глави предложени су инверзни неуронски модели ЕМ карактеристика РФ МЕМС прекидача, који омогућавају превазилажење сложених и временски захтевних оптимизационих поступака одређивања димензија РФ МЕМС прекидача за задате вредности резонантне фреквенције и/или напона актуације. Поред тога представљена је практична применљивост предложених инверзних неуронских модела у пројектовању и анализи РФ МЕМС прекидача.

У седмој глави предложени су хибридни приступи инверзног моделовања, који представљају комбинацију коришћења инверзних неуронских модела са модификованим хибридни моделима базираним на еквивалентном колу. Хибридни инверзни модели, поред одређивања димензија прекидача, одређују и елементе еквивалентног кола. Добијене вредности елемената еквивалентног кола коришћене су за симулације кола који садржи разматрани РФ МЕМС прекидач. Приказани су резултати валидације предложених хибридни инверзних емодела тако што су вредности одређене помоћу неуронских модела придружене одговарајућим елементима еквивалентног кола и искоришћене за симулацију S-параметара, који су даље поређени са резултатима донијеним у комерцијалним симулаторима.

У осмој глави приказани су закључци везани за приказане примене вештачких неуронских мрежа у моделовању РФ МЕМС прекидача и истакнути су најважнији доприноси докторске дисертације.

У деветој, последњој глави, дат је списак коришћене литературе и списак публикација у којима су објављени резултати истраживачког рада приказаног у оквиру ове дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

Увидом у Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата мр Томислава Ђирића, комисија закључује да је кандидат успешно остварио све постављене циљеве по садржају теме.

У дисертацији су развијени нови приступи за поуздано и ефикасно моделовање карактеристика РФ МЕМС прекидача применом вештачких неуронских мрежа.

Представљени су приступи за моделовање ЕМ и механичких карактеристика капацитивних РФ МЕМС прекидача у зависности од геометријских параметара прекидача (директни модели). Применљивост развијених директних модела извршена је кроз анализу осетљивости карактеристика и кроз поступак брзог и ефикасног пројектовања прекидача у складу са дефинисаним захтевима. Такође,

развијени су хибридни модели који одређују вредности елемената еквивалентног кола РФ МЕМС прекидача и на тај начин чине модел базиран на еквивалентном колу скалабилан у односу на разматране геометријске параметре прекидача. Приказан је приступ развоја инверзних неуронских модела за одређивање димензија прекидача за задате ЕМ/механичке карактеристике, чијом применом се може знатно скратити време потребно за оптимизацију карактеристика РФ МЕМС прекидача. Инверзни неуронски модели искоришћени су и за развој хибридних инверзних модела за одређивање елемената еквивалентног кола РФ МЕМС прекидача за задате жељене вредности резонантне фреквенције прекидача.

У циљу валидације предложених поступака, сви резултати добијени неуронским моделима упоређивани су са одговарајућим резултатима из *full-wave*, односно, механичких симулатора, као и са одговарајућим расположивим мереним карактеристикама реализованих компоненти.

Закључује се да је кандидат успешно остварио све постављене циљеве из пријаве докторске дисертације.

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

Комисија сматра да приступи у моделовању РФ МЕМС прекидача представљени у дисертацији представљају оригинални научни допринос дисертације и нису до сада приказани у сличном формату и детаљима у релевантној научној литератури.

Према оцени комисије, најзначајнији доприноси дисертације мр Томислава Ђирића су:

- Развој нових неуронских модела за моделовање ЕМ и механичких карактеристика РФ МЕМС прекидача (S-параметри, резонантна фреквенција, напон актуације);
- Примена развијених неуронских модела за ефикасну анализу осетљивости карактеристика прекидача и за брзо и ефикасно пројектовање РФ МЕМС прекидача у електричном и механичком домену на основу дефинисаних захтева;
- Развој хибридног модела РФ МЕМС прекидача за одређивање елемената еквивалентног кола прекидача;
- Развој инверзних модела за одређивање димензија мембране РФ МЕМС прекидача којима се елиминише потреба за временски захтевним оптимизацијама у ЕМ/механичким симулаторима;
- Примена инверзних неуронских модела у циљу унапређења процеса пројектовања РФ МЕМС прекидача;
- Развој хибридних инверзних модела заснованих на неуронским моделима који истовремено одређују димензије прекидача и елементе еквивалентног кола за симулације кола разматраног РФ МЕМС прекидача.

Резултати докторске дисертације објављени су 18 научних радова: два рада међународним часописима категорије М23, по један рад у домаћим часописима категорија М24, М51 и М52, 11 радовима у зборницима међународних конференција и две ауторизоване дискусије са међународних скупова категорије М35.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат мр Томислав Ђирић показао је висок степен самосталности и самоиницијативе, како током бављења научно-истраживачким радом из области моделовања РФ МЕМС прекидача применом вештачких неуронских мрежа, тако и током израде докторске дисертације. То је и потврђено великим бројем радова у којима је кандидат првопотписани аутор.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)






На основу увида у поднету докторску дисертацију кандидата мр Томислава Ћирића, Комисија закључује да докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе из области примене вештачких неуронских мрежа за моделовање РФ МЕМС прекидача. Резултати истраживања публиковани су у релевантним научним часописима и зборницима међународних конференција.

Имајући у виду значај обрађене теме и остварене научне резултате, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Електронског факултета у Нишу да докторску дисертацију кандидата мр Томислава Ћирића под насловом „Нови приступи у моделовању РФ МЕМС прекидача“ прихвати и одобри њену усмену одбрану.

КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовању Комисије **НСВ број 8/20-01-002/21-027**

Датум именовања Комисије **02.04.2021. године**

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	Др Златица Маринковић, ванредни професор	председник, ментор	
	Телекомуникације	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
2.	Др Вера Марковић, редовни професор	члан	
	Телекомуникације	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
3.	Др Оливера Пронић-Ранчић, редовни професор	члан	
	Телекомуникације	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
4.	Др Александар Нешковић, редовни професор	члан	
	Телекомуникације	Електротехнички факултет, Универзитет у Београду	
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	
5.	Др Весна Пауновић, ванредни професор	члан	
	Материјали за електронику	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Научна област)	(Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

.....