

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ива Љ. Марковића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета одржаног 14.09.2021. године (број одлуке 5014/17-3 од 24.09.2021. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ива Љ. Марковића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, под насловом

„Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

19.12.2019. године кандидат Иво Љ. Марковић је пријавио тему за израду докторске дисертације под насловом „Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола“.

24.12.2019. године Комисија за студије трећег степена је разматрала предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену подобности теме и кандидата, па их је упутила Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду на усвајање.

03.02.2021. године Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 5014/17-1 од 03.02.2020. године) у саставу: др Дејан Тошић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Братислав Маринковић, научни саветник (Универзитет у Београду – Институт за физику), др Милош Вујисић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Душан Грујић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Владимир Арсоски, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет). За ментора је предложена др Милка Потребих, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

21.2.2020. године је одржана јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред комисијом у саставу: др Дејан Тошић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Братислав Маринковић, научни саветник, (Универзитет у Београду – Институт за физику), др Милош

Вујисић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Душан Грујић, доцент, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Владимир Арсоски, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет). Комисија је закључила да је кандидат Иво Љ. Марковић на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену „задовољно“. Комисија је заједно са предложеним ментором докторске дисертације др Милком Потребих, редовним професором Електротехничког факултета Универзитета у Београду поднела Извештај о оцени подобности теме и кандидата.

25.05.2020. године Наставно-научно веће је усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 5014/17-2 од 25.05.2020. године).

15.06. 2020. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола“ (број одлуке 61206-1702/1-20 од 15.06.2020. године) и за ментора је предложена др Милка Потребих, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

02.09.2021. године кандидат је предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену.

07.09.2021. године Комисија за студије трећег степена је потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

14.09.2021. године Наставно-научно веће је именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5014/17-3 од 24.09.2021. године) у саставу: др Дејан Тошић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Владимир Арсоски, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Братислав Маринковић, научни саветник (Универзитет у Београду – Институт за физику), др Милош Вујисић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Душан Грујић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

22.10.2021. године Одлуком бр. 1498 од 22.10.2021. године у Комисију за оцену оцену докторске дисертације именована је др Анђелија Илић, виши научни сарадник, Института за физику Универзитета у Београду, уместо др Братислава Маринковића научног саветника у пензији.

Иво Љ. Марковић је уписао докторске академске студије школске 2017/2018. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника, где је положио све испите са највишом оценом и испунио све предвиђене обавезе планом и програмом докторских академских студија.

1.2 Научна област дисертације

Дисертација Ива Љ. Марковића припада научној области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област је Микроталасна техника, при чему је за ову област Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора дисертације одређена је др Милка Потребих, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Ментор је одређен на основу остварених научних доприноса из области мемристора и микроталасних пасивних кола, који су предмет ове дисертације.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Иво Марковић је рођен 15.12.1990. у Котору, СФР Југославија. Основну школу и Гимназију завршио је у Будви.

Основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2009/2010. године. Дипломирао је на Одсеку за електронику у марту 2014. године, са просечном оценом 7,37 и оценом 10 на дипломском раду „Микроконтролерски базиран мерач срчаног пулса“ рађеном под менторством проф. др Вује Дрндаревића.

Мастер студије на Електротехничком факултету, на Одсеку за електронику, уписао је 2014. године и положио све испите са просечном оценом 9,2. Мастер рад на тему „Могућност примене мемристора у микроталасним филтрима“ је урадио под менторством проф. др Милке Потребих и одбрао са оценом 10 у јулу 2015. године.

Докторске студије уписао је школске 2017/2018. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника, где је положио све испите са највишом оценом и урадио све обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија.

У оквиру предмета на докторским студијама бавио се различитим комплексним проблемима из домена микроталасне технике. У циљу решавања ових инжењерских проблема било је потребно извршити неопходне кораке, као што је проучавање литературе, познавање теорије, пројектовање, моделовање, реализацију, синтезу и имплементацију структура. Окосницу истраживачког рада, у вези са докторском дисертацијом, чини пројектовање микроталасних пасивних кола реализованих коришћењем мемристора. Радови из ове области, чији је први аутор кандидат, прихваћени су и презентовани на националним и међународним конференцијама. Један рад је објављен у домаћем часопису националног значаја, један рад је објављен у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком, а два рада су објављена у истакнутим међународним часописима са импакт фактором.

Био је члан истраживачког тима на пројекту ICT COST Action IC1401 *Memristors - Devices, Models, Circuits, Systems and Applications* (MemoCIS), 2014.-2018. У јуну 2017. и 2018. године је присуствовао трећем односно четвртм семинару MemoCIS Training School on Memristor Theory, Models and Device Technology, одржаним у Хаифи (Израел), односно Авеиру (Португалија).

У школској 2018/2019. години, добио је награду Фондације професора Мирка Милића за најбољи научно-стручни рад из области *Теорије електричних кола*, штампан у часопису или зборнику конференција. Награђен је рад под насловом “Main-line memristor mounted type loaded-line phase shifter realization”, објављен у часопису *Microelectronic Engineering*, vol.185-186, pp. 48-54, из 2018. године.

Професионалну каријеру започео је децембра 2015. године у компанији РТ-РК, на позицији Embedded Software Developer. У оквиру компаније је радио на пројектима из области дигиталне телевизије, ЈиТ (Just in Time) компилатора и аутономне вожње. Од новембра 2018. године, запослен је у швајцарској компанији Polustech, у београдском тиму, где тренутно ради као вођа тима за развој хардвера. У оквиру компаније развија системе за побољшање јавне безбедности, коришћењем савремених телекомуникационих технологија.

Активно говори енглески језик, а поседује и основно знање италијанског језика.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола“ приказује микроталасни помераач фазе остварен коришћењем мемристивних прекидача. Представљени су и микроталасни филтри реализовани са мемристорима у циљу потискивања нежељених опсега, као и остварења реконфигурабилности. Додатно, изложена су два начина програмирања комерцијално доступног мемристора, као и поређење фреквенцијских карактеристика комерцијално доступног мемристора и дигиталног потенциометра.

Дисертација је написана на српском језику при чему је коришћено ћирилично писмо. Укупан број страна дисертације је 121 и садржи 77 слика, 7 табела и листу од 82 библиографске референце. Дисертација садржи насловне стране на српском и енглеском језику, страну са информацијама о ментору и члановима комисије, стране са изјавама захвалности и посветом, стране са подацима о докторској дисертацији на српском и енглеском језику и садржај дисертације, спискове слика и табела. Текст рада је структурно подељен у седам поглавља, која су наведена редом: 1. Увод, 2. Мемристор, 3. Експериментална верификација параметара

мемристора, 4. Поређење фреквенцијских карактеристика потенциометра и мемристора, 5. Примјена мемристора у реализацији микроталасних филтара, 6. Примјена мемристора у реализацији микроталасног померача фазе, 7. Закључак. На крају рада се налазе: списак литературе, прилог, биографија аутора, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Дисертација је организована у седам поглавља. Прво поглавље представља увод. У другом поглављу представљени су мемристор. Након кратког историјског осврта, предочене су дефиниција и класификација мемристора. Приказане су неке особине мемристора, као и могуће примене. Наведене су неке од реализација мемристора, на којима је базирано истраживање. Такође, дат је приказ модела мемристора који чине основу теоријског дела дисертације.

У трећем поглављу приказани су резултати експеримената којима је показано да коришћена компонента, компаније KnowM, задовољава све потребне критеријуме за класификацију у мемристор. Приказано је хардверско и софтверско решење програмирања мемристора. Дати су резултати добијени коришћењем лабораторијског прототипа програматора мемристора. На основу резултата доступних у отвореној литератури урађена је анализа стабилности отпорности мемристора у области између проводног и непроводног стања. Додатно, реализован је лабораторијски прототип активног филтра пропусника учестаности. На том примеру је приказано како се мемристанса може програмирати у току рада.

У четвртм поглављу комерцијално доступни мемристор је упоређен са дигиталним потенциометром. Приказани су резултати мерења импеданси мемристора и потенциометра. Реализовано је неколико лабораторијских прототипова: напонски разделник, инвертујући појачавач, филтар пропусник високих учестаности и померач фазе. Упоредени су одговарајући одзиви анализираних кола на бази мемристора и потенциометра.

У петом поглављу изложено је неколико могућих примена РФ/микроталасних мемристора у реализацији микроталасних филтара као што су филтар са ивичном спрегом, филтар са укосницама и реконфигурабилни филтар. Код филтара са ивичном спрегом и укосницама, мемристор је једним крајем везан за средњи резонатор, а другим крајем за масу. На овај начин остварено је потискивање парних хармоника амплитудске карактеристике филтара, и стабилизација анvelope излазног сигнала. Анализиран је реконфигурабилни филтар са четири стања и то пропусник 1) нижег опсега учестаности, 2) вишег опсега учестаности, 3) оба опсега учестаности, као и 4) филтар непропусник опсега учестаности. Промена стања филтара се остварује са два мемристора који имају функцију прекидача. Такође, приказана је анализа утицаја програмирања једног мемристора на стање другог мемристора.

У шестом поглављу предложен је нов метод пројектовања микроталасног померача фазе са мемристором. За дати померач фазе анализирана је промена стања мемристора коришћењем модела идеалног мемристора. Коло за програмирање је узето у обзир приликом анализе перформанси померача фазе. Реализација са мемристором је упоређена са реализацијом заснованом на PIN диоди. Приказане су предности реализације са мемристором.

У седмом поглављу дат је осврт на доприносе тезе и закључак о постигнутим резултатима. Предложени су могући даљи правци истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Савременост истраживања докторске дисертације се огледа у примени мемристора, компоненти које су тек недавно по први пут фабриковане, у реализацији планарних микроталасних пасивних кола. У фокусу истраживања су микроталасни померач фазе остварен коришћењем мемристивних прекидача и реализација микроталасних филтара са мемристорима.

Тема ове докторске дисертације припада актуелној и значајној области микроталасне технике. Последњих година, ова проблематика добија на значају услед све веће потребе за смањењем потрошње енергије.

Оригиналноост дисертације огледа се у развијеном поступку пројектовања микроталасних помераца фазе са мемристивним прекидачима. Предложени померачи фазе имају боље карактеристике у односу на постојеће, објављене у доступној литератури, који користе конвенционалне прекидаче као што су MEMS, CMOS или PIN диоде. Критеријуми за поређење карактеристика укључују величину заузећа уређаја, потрошњу уређаја тј. прекидача, брзину промене стања прекидача и константност фазног помераја у специфицираном фреквенцијском опсегу.

Такође, приказана је и анализа могућих реализација микроталасних филтара коришћењем мемристора у циљу потискивања нежељених пропусних опсега, као и могуће реконфигурабилности филтара коришћењем мемристивних прекидача.

У циљу експерименталне верификације, пројектован је хардвер за аутоматско програмирање комерцијално доступног мемристора компаније KnowM, предложен алгоритам и софтвер микроконтролера који омогућава аутоматско програмирање, као и софтвер преносивог или удаљеног уређаја за контролу рада микроконтролера. Реализован је лабораторијски прототип програматора мемристора и верификован је његов рад. Пројектовани су и електрични уређаји остварени коришћењем комерцијално доступног мемристора, реализовани лабораторијски прототипови и верификован је њихов рад. Додатно, пројектовано је електрично коло које омогућава програмирање мемристора при радном режиму. Рад овог кола верификован је коришћењем лабораторијског прототипа. Предложени поступак пројектовања, као исход овог истраживања, може имати практичну примену за реализацију помераца фазе и других микроталасних пасивних кола, који су део савремених комуникационих система.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у току израде докторске дисертације опсежно анализирао релевантну литературу, која припада области примене мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола. Доступна коришћена литература, чији је преглед дат у дисертацији, обухвата 81 наслов који се преваходно односи на стручне књиге, радове публиковане у домаћим и страним часописима, као и радове излагане на конференцијама. У оквиру наведене литературе, изложен је списак објављених радова кандидата Ива Љ. Марковића. Радови кандидата су објављени у међународним и националним часописима и изложени на међународним и националним конференцијама.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Током израде докторске дисертације издвојени су следећи општи методи анализе и пројектовања микроталасних пасивних кола, односно анализе електричних кола:

1. Разматрање и анализа фабрикованих мемристора, као и њихових модела у фреквенцијском и временском домену. Поређење резултата различитих модела мемристора коришћењем симулатора и алата за анализу електричних кола.
2. Анализа актуелних реализација микроталасних пасивних кола, доступних у отвореној литератури. Разматрање могућих унапређења.
3. Испитивање перформанси помераца фазе на основу симулационог модела у виду микроталасног кола у софтверском алату као што је AWR Microwave Office.
4. Испитивање прекидачких перформанси мемристора на основу симулационог модела у виду електричног кола у софтверском алату као што је LTspice или HSPICE.
5. Оптимизација и подешавање симулационих модела помераца фазе у циљу задовољења спецификација помераца фазе.

6. Експериментално испитивање карактеристика комерцијално доступног мемристора.
7. Експериментална верификација рада програматора и комплетног система управљања мерењем на лабораторијском прототипу.
8. Експериментална верификација рада пројектованих електричних кола мерењем на лабораторијским прототиповима.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењени научни методи одговарају спроведеном научно-истраживачком раду, као и теми дисертације. Примена наведених метода омогућила је развој нових метода за пројектовање микроталасних пасивних кола, који представљају основни допринос ове дисертације. У предложене методе су укључени постојећи резултати из доступне литературе, који су унапређени развојем направа са мемристорима. Предложени поступци примене мемристора као прекидача имају за циљ смањење потрошње електричне енергије, док остале карактеристике микроталасне направе остају непромењене или се унапређују.

3.4 Применљивост остварених резултата

Главни резултат истраживања на ком се базира докторска дисертација јесте развој нових метода пројектовања микроталасних пасивних кола са мемристорима. Предложени методи омогућавају добијање компактних решења, минималне потрошње енергије, брзе промене радних стања, што су кључни захтеви савремених комуникационих система. Поред тога, предложени методи омогућују једноставан поступак имплементације помераца фазе и филтара, полазећи од већ постојећих реализација које су унапређене увођењем мемристора као прекидача.

Основни резултат докторске дисертације је реализација дигиталног помераца фазе са паралелно везаним огранцима који уместо традиционалних прекидача, као што су PIN диоде, РФ транзистори и MEMS, уводи мемристоре у планарну реализацију компоненте. Циљни фреквенцијски опсег је од 5 GHz до 5,6 GHz за дискретне вредности фазног помераја од 45°, 22,5° и 11,25°. Извршено је и поређење карактеристика помераца фазе са PIN диодама у односу на реализацију са мемристорима. Како је максимална снага помераца фазе ограничена максималном дисипацијом мемристора, извршена је процена максималне снаге која се може пренети пројектованом компонентом.

Филтри представљени у дисертацији су пројектовани за један или више опсега учестаности и реализовани са спрегнутим резонаторима. Мемристори су коришћени за потискивање нежељених опсега филтра са ивичном спрегом и филтра са укосницама. Анализирани су филтри непарног реда, а на средину централног резонатора везан је уземљен мемристор. Предложен је реконфигурабилни филтар, са два пропусна опсега, реализован са два интердигитална филтра који се укључују или искључују помоћу два мемристора.

Додатни резултат ове дисертације представља хардверско-софтверско решење за програмирање комерцијалног KnowM мемристора. Мемристор се користи као прекидач, па су анализирана два стања при аутоматском подешавању мемристансе. Програмирање KnowM мемристора реализовано је и при радном режиму анализираних филтара, а извршена је и верификација подесивости и одрживости стања мемристора. Директан резултат примене мемристора се огледа у прецизнијем подешавању карактеристика филтра као што је централна учестаност пропусног опсега. Поред тога, да би се стекао бољи увид у карактеристике мемристора, урађена је компаративна анализа фреквенцијског одзива са дигиталним потенциометром AD5270 компаније Analog Devices.

У циљу пројектовања помераца фазе и филтара за задати опсег учестаности потребно је само извршити скалирање димензија приказаних направа за приказани опсег учестаности.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У досадашњем научно истраживачком раду кандидат Иво Љ. Марковић је показао способност да ефикасно приступи решавању инжењерских проблема. Током израде дисертације показао је способност да самостално проучи потребну литературу у циљу стицања теоријског

знања и анализира релевантну литературу из области која припада теми дисертације. На основу анализе актуелних решења публикованих у литератури, показао је умеће да уочи битне недостатке постојећих решења из области микроталасних пасивних кола и да усмери истраживање ка превазилажењу уочених недостатака. Након спроведеног истраживања, показао је умешност у критичкој анализи резултата истраживања, способност за експериментални рад и препознавање могућих праваца даљег истраживања.

Кандидат Иво Љ. Марковић је учествовао на водећим међународним и националним конференцијама из области дисертације, где је презентовао своје резултате. Током истраживања, објавио је радове у међународним и националним часописима на којима је први аутор. Део истраживања први пут се појављује у дисертацији. За остварене резултате добио је и награду фондације проф. Мирка Милића.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Главни научни доприноси ове докторске дисертације су:

1. Нов метод пројектовања микроталасних померача фазе коришћењем мемристивних прекидача.
2. Нов алгоритам за реализацију померача фазе са мемристором, који укључује критеријуме као што су смањење потрошње енергије, брза промене стања направе тј. прекидача, минијатуризација направе итд.
3. Нов алгоритам за реализацију микроталасних филтара пропусника опсега са мемристором, развијен у циљу потискивања нежељених опсега.
4. Нов алгоритам за реализацију реконфигурабилних филтара са два пропусна опсега, реализован коришћењем мемристора.
5. Лабораторијски прототип хардвера за аутоматско програмирање комерцијално доступног мемристора, реализован алгоритам и имплементиран софтвер микроконтролера који омогућава аутоматско програмирање, као и софтвер преносивог или удаљеног уређаја за контролу рада микроконтролера.
6. Лабораторијски прототип филтра пропусника опсега учестаности са програматором мемристора.
7. Лабораторијски прототипови електричних кола са комерцијално доступним мемристором, израђени у циљу експерименталне верификације предложених поступака пројектовања.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

На основу увида у циљеве постављене приликом пријаве теме дисертације и резултате који су остварени, констатујемо да је кандидат са успехом одговорио на релевантне истраживачке проблеме у оквиру теме дисертације. Научни допринос докторске дисертације је нов метод пројектовања дигиталних померача фазе са огранцима паралелно везаним у главни вод и мемристорима као прекидачима. Мемристор као прекидач је изабран у циљу смањења потрошње, брзине промене стања, минијатуризације итд. Окосницу предложених метода пројектовања представља могућност комбиновања фазних помераја више независних блокова како би се остварио жељени фазни померај од улазног до излазног приступа комплетног померача фазе. Из ове чињенице произлази да се додавањем новог блока, омогућава већа флексибилност при подешавању фазног помераја.

У погледу потискивања нежељених пропусних опсега микротракастих филтара предложено је везивање мемристора на централни резонатор филтара непарног реда. Анализирани су филтри пропусници опсега учестаности са полуталасним резонаторима. При подешавању вредности

мемристансе треба потиснути нежељене пропусне опсеге, али треба водити рачуна о слабљењу у пропусном опсегу филтра.

Реконфигурабилност, као један од основних захтева савремених система, остварена је код филтара коришћењем мемристора који се везује на један резонатор филтра. Анализирани су филтри са спрегнутим резонаторима, као што је интердигитални филтар. Филтар са више пропусних опсега је реализован тако што је сваки опсег покривен једним интердигиталним филтром. Сваки од појединачних филтара се укључује или искључује мемристивним прекидачем, чиме се укључује или искључује одговарајући пропусни опсег.

Као додатни допринос може се издвојити развој хардверско-софтверског решења за програмирање мемристора. Мемристанса је подешавана и при радном режиму напаве, а извршена је верификација подесивости и одрживости стања мемристора. Лабораторијски прототипови потврђују ваљаност предложених метода пројектовања, и указују на додатне могућности примене мемристора у електроници.

У оквиру докторске дисертације су представљена нова решења микроталасних пасивних кола које се карактеришу компактношћу, минималном потрошњом и реконфигурабилношћу, чиме је истраживање одговорило на захтеве које намећу трендови развоја савремених комуникационих система.

4.3 Верификација научних доприноса

Кандидат Иво Љ. Марковић је први аутор десет научних публикација из области докторске дисертације. Два рада су објављена у међународним часописима категорије M22, а два рада су објављена у националним часописима категорије M24 и M52. Два рада су презентована на међународним конференцијама категорије M33 (штампана у целини) и два рада категорије M34 (штампана у изводу). Два рада су презентована на националним конференцијама категорије M63.

Списак објављених радова

Категорија M20:

[1] **I. Marković**, M. Potrebić, D. Tošić, "Memristors as Candidates for Replacing Digital Potentiometers in Electric Circuits", *Electronics*, vol. 10, no. 2, Jan. 2021. DOI: 10.3390/electronics10020181, ISSN 2079-9292, IF(2020): 2.397, **M22**.

Цитат:

T. Wey, E. Crippen, "On Memristor Modeling for a VGA Application", in *Proc. IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, Lansing, MI, USA, pp. 958-961, 9-11 Aug. 2021.

[2] **I. Lj. Marković**, M. M. Potrebić, D. V. Tošić, "Main-line memristor mounted type loaded-line phase shifter realization", *Microelectronic Engineering*, vol. 185-186, pp. 48-54, 2018. DOI: 10.1016/j.mee.2017.11.005, ISSN: 0167-9317, IF(2018): 1.654, **M22**.

Цитати:

L. Xue, H. Dong, W. Luo, J. Ge, Huan Liu, "Design of the self-oscillating loop of the optically pumped cesium magnetometer", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1754, 3rd International Symposium on Power Electronics and Control Engineering (ISPECE 2020), 27-29 November 2020, Chongqing, China.

Mahyar Zeinalpour, *Reconfigurable Array Antennas focusing on Beam Forming Network and Phase Shift*, Master of Science Thesis, Politecnico di Torino, 2018.

Категорија M24:

[3] **I. Marković**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, "Comparison of memristor models for microwave circuit simulations in time and frequency domain", *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 32, no. 1, pp. 65-74, 2019. DOI: 10.2298/FUEE1901065M, ISSN: 0353-3670, **M24** (2018).

Категорија M30:

[4] **I. Marković**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, “Comparison of memristor models for microwave circuit simulations”, in *Proc. 13th International Conference on Applied Electromagnetics (PES)*, Niš, Serbia, pp. P10 1-4, 30 August – 1 September, 2017, ISBN 978-86-6125-185-6, **M33**.

[5] **I. Marković**, M. Potrebić, D. Tošić, “Memristor state transition in reconfigurable microwave filter”, in *Proc. IEEE 30th International Conference on Microelectronics (MIEL)*, Niš, Serbia, pp. 71-74, 9 – 11 October, 2017, DOI: 10.1109/MIEL.2017.8190071, **M33**.

Цитат:

G. Zhao, B. You, X. Wen, G. Q. Luo “A reconfigurable dual-band bandpass filter using memristive switches”, *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, pp. 1-16, DOI: 10.1080/09205071.2021.1958381.

[6] **I. Marković** “Application of memristors in phase shifter realization”, *3rd MemoCIS Training School*, Haifa, Israel, 7 – 9 June, 2017, **M34**.

[7] **I. Marković**, “Automation of KnowM’s memristor programming”, *4th MemoCIS Training School*, Aveiro, Portugal, 4 – 6 June, 2018, **M34**.

Категорија M50:

[8] **I. Marković**, M. Potrebić, D. Tošić, “Mogućnost primjene memristora u mikrotalasnim filtrima”, *Tehnika – Elektrotehnika*, vol. 65, no. 6, pp. 853-860, 2016. DOI: 10.5937/tehnika1606853M, Print ISSN: 0040-2176, UDC: 621.372.852.1, M52.

Категорија M63:

[9] **I. Marković**, “Implementacija rekonfigurabilnog filtra propusnika - nepropusnika opsega učestanosti korišćenjem memristora”, *24. Telekomunikacioni forum – TELFOR 2016*, Beograd, Srbija, 22. – 23. novembar 2016., Zbornik radova - CD izdanje, str. 11.11. 1-4, ISSN: 978-1-5090-4085-8, M63.

[10] **I. Marković**, M. Potrebić, D. Tošić, “Jedno rješenje automatizacije programiranja KnowM memristora”, in *Proc. 18th International Symposium INFOTEH*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, March 20 - 22, 2019, pp. ELS-5 1-5, ISBN: 978-99976-710-2-8, M63.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно изложеног, Комисија сматра да кандидат **Иво Љ. Марковић**, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским академским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Резултати истраживања остварени при изради ове докторске дисертације, представљају научне доприносе који припадају области Микроталасне технике, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

Кључни допринос ове докторске дисертације јесте развој новог метода за пројектовање микроталасних пасивних кола са мемристорима. Увођење новог метода је експериментално верификовано кроз пројектовање и израду кола са комерцијално доступним мемристорима, која су приказана у дисертацији. Увођењем мемристора остварена је могућност подесивости и реконфигурабилности компоненти, уз смањење потрошње у односу на традиционалне прекидаче.

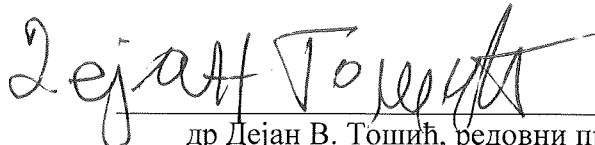
На основу дисертације Комисија се уверила да кандидат прати савремене трендове развоја микроталасних компоненти и да је успео да конципира, реализује и експериментално верификује оригинална решења у овој области. Кандидат је способан да самостално и успешно примењује

методологију научно-истраживачког рада, предлаже нова решења и сагледава будуће правце истраживања.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертације под називом „**Примјена мемристора у реализацији микроталасних пасивних кола**“ прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се одобри јавна усмена одбрана дисертације.

Београд, 29.10.2021. године

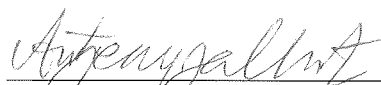
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Дејан В. Тошић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



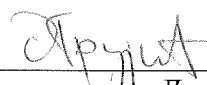
др Владимир Арсоки, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Анђелија Илић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за физику



др Милош Вујисић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Душан Грујић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет