

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата дипл. инж. електротехнике Снежане Љ. Стефановски

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета одржаног 23.12.2014. године (бр. одлуке 5042/07-3 од 14.1.2015. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата дипл. инж. електротехнике Снежане Љ. Стефановски под насловом

**„Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима“**

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

4.4.2014. године кандидат Снежана Љ. Стефановски пријавила је тему за израду докторске дисертације под насловом „Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима“.

29.4.2014. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду на усвајање.

20.5.2014. године Наставно-научно веће на седници број 774 (бр. одлуке 5042/07-1 од 20.5.2014. године) именовало је Комисију за оцену подобности теме и кандидата у саставу: др Дејан В. Тошић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Злата Цветковић, редовни професор (Универзитет у Нишу – Електронски факултет), др Наташа Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Бранко Колунџија, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет). За ментора је предложена др Милка Потребић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

29.5.2014. године одржана је јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред Комисијом у саставу: др Дејан В. Тошић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Злата Цветковић, редовни професор (Универзитет у Нишу – Електронски

факултет), др Наташа Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Бранко Колунџија, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет). Комисија је закључила да је кандидат Снежана Љ. Стефановски на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добила оцену „задовољно“. Комисија је заједно са предложеним ментором докторске дисертације др Милком Потребих, доцентом Електротехничког факултета Универзитета у Београду, поднела Извештај о оцени подобности теме и кандидата.

8.7.2014. године Наставно-научно веће на седници број 776 (бр. одлуке 5042/07-2 од 8.7.2014. године) је усвојило Извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата.

15.9.2014. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима“ (број одлуке 61206-3843/2-14 од 15.9.2014. године) и за ментора је одређена др Милка Потребих, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

11.12.2014. године кандидат је предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену.

16.12.2014. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

23.12.2014. године Наставно-научно веће је на седници број 781 (бр. одлуке 5042/07-3 од 14.1.2015. године) именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Милка Потребих, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Дејан В. Тошић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Злата Цветковић, редовни професор (Универзитет у Нишу – Електронски факултет), др Бранко Колунџија, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Наташа Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

Снежана Стефановски је уписала докторске академске студије школске 2007/2008. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника, где је положила све испите са највишом оценом и урадила све обавезе предвиђене планом и програмом докторских академских студија. На основу одлуке Наставно-научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, Студијски програм је започела у пролећном семестру школске 2007/2008. године, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду, као и додатно продужење за годину дана на основу Одлуке бр. 24-06/03-2007/5042.

## 1.2. Научна област дисертације

Дисертација Снежане Љ. Стефановски припада научној области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област Микроталасна техника, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора дисертације одређена је др Милка Потребих, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду, због остварених научних доприноса из области микроталасних филтара, који су предмет дисертације.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Снежана Љ. Стефановски рођена је 07.12.1983. године у Београду, где и тренутно живи. Основну школу и гимназију завршила је у Београду са одличним успехом, као носилац дипломе „Вук Караџић“.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2002/2003. године. Дипломирала је на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику (Смер за телекомуникације) 18.05.2007. године, са просечном оценом 8.81. Дипломски рад, из области Примењене електромагнетике, под насловом „Електромагнетска компатибилност мобилне телефоније“, одбранила је са оценом 10. Ментор дипломског рада био је др Антоније Ђорђевић, редовни професор и редовни члан САНУ.

Тренутно је студент докторских академских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника, где је положила све испите са највишом оценом (просечна оцена 10.0) и урадила све обавезе предвиђене планом и програмом докторских академских студија.

На предлог ментора др Милке Потребих постала је део истраживачког тима на пројекту ICT COST Action IC1401 *Memristors - Devices, Models, Circuits, Systems and Applications MemoCiS*, у периоду од 2014. до 2018. године.

Од фебруара 2008. године запослена је у компанији Телеком Србија а.д., у Београду, где и тренутно ради. Најпре је радила као Инжењер за експлоатацију и управљање IP/MPLS (Internet Protocol/Multiprotocol Label Switching) мрежом у оквиру Дирекције за технику. Обављала је послове који подразумевају обезбеђивање непрекидног и неометаног функционисања елемената IP/MPLS мреже различитих произвођача. Као инжењер другог нивоа подршке радила је на отклањању сложенијих проблема у функционисању сервиса, као и отклањању системских проблема у мрежи у сарадњи са техничком подршком и другим службама у оквиру компаније. Учествовала је у активностима хардверског и софтверског унапређења уређаја, као и тестирању нових хардверских и софтверских функционалности уређаја. Од фебруара 2011. године ради као Инжењер за планирање и развој IP/MPLS мреже у оквиру Дирекције за технику. Обавља послове планирања и развоја IP/MPLS мреже у погледу дефинисања технологије и архитектуре мреже. Дефинише техничке захтеве којима се уводе нова технолошка решења и сервиси, учествује у тестирању нових хардверских и софтверских функционалности уређаја. Обавља послове израде техничких решења за поједине функционалне делове IP/MPLS мреже, а такође анализира могућности оптимизације мреже, уз осврт на развој новог хардвера, протокола и софтверских функционалности уређаја који представљају елементе IP/MPLS мреже. Послови на овом радном месту захтевају добро познавање технологије и опреме, као и стално стручно усавршавање, па се уз редован рад, континуирано едукује, сертификаује за рад на опреми водећих произвођача у овој области и посећује стране и домаће конференције.

Има активно знање енглеског језика и основно знање немачког језика.

Током истраживања у вези са докторском дисертацијом, као први аутор или коаутор, објавила је више радова, који су прихваћени и приказани на домаћим и међународним конференцијама, два рада су публикована у међународним часописима и један у домаћем часопису, а поједини радови су и награђени. Поред тога, објавила је један рад из области електромагнетске компатибилности и један рад из области антена, а оба рада су награђена.

Снежана Љ. Стефановски је добитник више награда за радове приказане на међународним и домаћим конференцијама, као и за рад публикован у домаћем часопису:

- Награда Фондације професора Мирка Милића за најбољи научно-стручни рад из области Теорије електричних кола, штампан у часопису или Зборнику конференција, односно научних скупова у претходној школској години, за рад:

**S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, "Design and analysis of bandstop waveguide filters using split ring resonators", *-Proceedings of the 11th International Conference on Applied Electromagnetics, ПЕС 2013*, Niš, Serbia, September 1-4, 2013, pp. 135-136 (ISBN: 978-86-6125-090-3, <http://pes2013.elfak.ni.ac.rs/>).

- Рад публикован у домаћем часопису „Техника“ под насловом:  
**S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, "Nova realizacija filtera nepropusnika opsega učestanosti u talasovodnoj tehnici", *-Tehnika*, vol. 68, no. 5, pp. 897-904, November 2013.  
изабран је за публикавање у специјалном издању поменутог часописа на енглеском језику, у коме се објављују радови који су, по оцени Уређивачког одбора, најбољи међу радовима публикованим у протеклом периоду. Рад је публикован у специјалном издању за 2013. годину.
- Награда MD PROJEKT INSTITUT-а коју додељује Научни одбор за најбољу постер презентацију рада на међународној конференцији ПЕС 2013 за рад:  
**S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, "Design and analysis of bandstop waveguide filters using split ring resonators", *-Proceedings of the 11th International Conference on Applied Electromagnetics, ПЕС 2013*, Niš, Serbia, September 1-4, 2013, pp. 135-136 (ISBN: 978-86-6125-090-3, <http://pes2013.elfak.ni.ac.rs/>).
- Награда за најбољи рад младог аутора у оквиру секције *Антенe и простирање* на домаћој конференцији ЕТРАН 2013 за рад:  
**S. Stefanovski**, B. Kolundžija, "The impedance variation with feed position of a microstrip line-fed patch antenna", *-Zbornik 57. konferencije ETRAN*, Zlatibor, Srbija, Jun 3-6, 2013, pp. AP1.9.1-4 (ISBN: 978-86-80509-68-6, <http://etran.etf.rs/>).  
Проширена верзија рада публикована је у домаћем часопису „Serbian Journal of Electrical Engineering“ (vol. 11, no. 1, pp. 85-96, February 2014).
- Награда „Илија Стојановић“ коју додељује Програмски одбор за најбољи научни рад на домаћој конференцији ТЕЛФОР 2007 за рад:  
**S. Stefanovski**, A. Đorđević, "EMC of cellular phones and electronic equipment", *-Zbornik 15. konferencije Telekomunikacioni Forum, TELFOR 2007*, Beograd, Srbija, Novembar 20-22, 2007, pp. 448-451 (ISBN: 978-86-7466-301-1, <http://www.telfor.rs/>).

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима“ приказује нови метод пројектовања таласоводних филтара са штампаним преградама, са једним или више пропусних односно непропусних опсега. Дисертација је написана на српском језику, има 256 страна, садржи 243 слике и 79 табела. Дисертација је подељена на једанаест поглавља (1. Увод; 2. Таласоводи као структуре за вођење електромагнетских таласа; 3. Планарни водови и основне компоненте; 4. Резонатори; 5. Основни принципи пројектовања филтара; 6. Таласоводни филтри са штампаним дисконтинуитетима; 7. Таласоводни филтри пропусници опсега учестаности; 8. Таласоводни филтри непропусници опсега учестаности; 9. Структуре за прецизно позиционирање преграда у таласоводу; 10. Осетљивост и поузданост микроталасних филтара у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима; 11. Закључак), садржи списак коришћене литературе, три прилога, као и биографију аутора. Коришћена литература обухвата 96 наслова који показују да је кандидат у циљу развоја новог метода пројектовања филтара у таласоводној техници детаљно проучио постојеће реализације филтара и сагледао могуће правце развоја филтара у таласоводној техници који имају боље карактеристике у односу на карактеристике одговарајућих микроталасних филтара објављених у доступној отвореној литератури. У првом прилогу дат је преглед алоцираних фреквенцијских опсега у оквиру X опсега који је од интереса у спроведеном истраживању, са циљем да се прикаже скуп система

у којима разматрани филтри могу имати примену. Други и трећи прилог садрже прорачун параметара еквивалентних шема предложених филтара пропусника односно непропусника опсега учестаности.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

На почетку дисертације дат је Увод у коме је истакнут предмет и циљ истраживања, очекивани резултати и доприноси дисертације.

У другом поглављу дисертације укратко је изложена теорија простирања таласа у правоугаоном таласоводу, као структури од интереса за спроведено истраживање, са освртом на таласоводне компоненте у које спадају и таласоводни филтри.

Треће поглавље бави се компонентама у техници планарних водова пошто се дисконтинуитети у разматраним таласоводним филтрима реализују управо у тој техници.

У четвртом поглављу разматрају се резонатори. Најпре је дат преглед основних параметара релевантних за описивање принципа рада резонатора, а затим и њихова класификација у погледу опсега учестаности у коме раде, што је повезано са техником у којој се реализују.

Пето поглавље разматра пројектовање микроталасних филтара. Полази се од основних појмова и детаљно се разматрају кораци у поступку пројектовања филтара. Дефинише се прототип филтра пропусника ниских учестаности који представља основу за остваривање других типова филтара. Такође се разматрају инвертори и резонатори као елементи филтара, што је свакако од интереса за спроведено истраживање.

У шестом поглављу дат је преглед досадашњих реализација микроталасних филтара у таласоводној техници на основу доступне литературе. Објашњен је принцип рада резонатора који су примењени у пројектовању филтара и наведене су досадашње реализације. Представљен је нови метод пројектовања микроталасних филтара у таласоводној техници, који представља основни допринос ове дисертације. Укратко су наведене основне идеје и циљеви у истраживању, као и предности предложеног метода. Поред тога, објашњено је и на који начин су реализоване разматране структуре.

Седмо поглавље посвећено је доприносима спроведеног истраживања у погледу филтара пропусника опсега учестаности. Детаљно се разматрају различити примери филтара са једним и више пропусних опсега, са резонантним преградама у  $H$  равни, као и могућност минијатуризације инвертора код филтара вишега реда.

У осмом поглављу приказани су резултати који се односе на филтре непропуснике опсега учестаности. Разматрају се филтри са преградама у  $H$  и  $E$  равни, као и случај са укрштеним преградама, коришћењем полуталасних и четвртталасних резонатора. За изабране моделе, реализовани су лабораторијски прототипови филтара и резултати су верификовани мерењем.

У деветом поглављу разматрају се структуре за прецизно позиционирање преграда у  $H$  равни таласовода. Предлажу се решења која могу стабилно држати вишеслојне планарне преграде, као и преграде од метала. Ово је важно за очување дужине инвертора код филтара вишега реда, како при мерењима одзива тако и у регуларном раду. Изабране структуре за прецизно позиционирање преграда су реализоване и коришћене при експерименталној верификацији одзива.

У десетом поглављу анализира се осетљивост одзива таласоводних филтара у зависности од различитих параметара. На основу анализе изводи се закључак о робусности оваквих структура за које се очекује рад у захтевним условима. Изабрани модели су реализовани и резултати су верификовани мерењем на лабораторијским прототиповима филтара.

Једанаесто поглавље представља закључак у коме су сумирани доприноси спроведеног истраживања и дате могућности за даље истраживање.

У Прилогу 1 на крају дисертације дат је преглед алокације фреквенцијских опсега у оквиру X опсега учестаности који је од интереса у истраживању.

У Прилозима 2 и 3 дат је прорачун за одређивање параметара концентрисаних елемената предложених еквивалентних шема.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Пројектовање микроталасних филтара, као предмет ове докторске дисертације, представља актуелну и значајну област савремене микроталасне технике, о чему сведоче бројне публикације које се могу наћи у доступној литератури. Последњих година, ова проблематика добија нови замах услед све већих захтева за минијатуризацијом микроталасних склопова који представљају саставни део комуникационих система на микроталасним учестаностима. Реализација микроталасних филтара у таласоводној техници има значајну примену у системима где су потребне велике снаге и мали губици.

У дисертацији је приказан нови метод пројектовања микроталасних филтара пропусника односно непропусника једног или више опсега учестаности са штампаним резонантним преградама које се постављају у правоугаони таласовод. Акцент се ставља на једноставност реализације филтара применом предложеног метода. Приказана је могућност реализације штампаних резонантних дисконтинуитета са више резонантних учестаности. Предложен је оптимални распоред дисконтинуитета унутар правоугаоног таласовода, у циљу реализације филтара са више пропусних односно непропусних опсега. Да би се постигла компактност филтра са више пропусних односно непропусних опсега, предложен је нов начин минијатуризације инвертора. За предложене тродимензионалне електромагнетске структуре установљени су еквивалентни модели резонатора и филтара на нивоу микроталасног кола. Извршена је експериментална верификација предложеног метода мерењем карактеристика лабораторијског прототипа. Предложене су структуре за прецизно позиционирање штампаних преграда у таласоводу, које су неопходне за реализацију предложених филтара. Испитана је осетљивост одзива предложених таласоводних филтара чиме је потврђена робусност ових структура, што је значајан резултат с обзиром на њихову примену у системима са захтевним условима рада.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је приликом израде дисертације истражио постојећу релевантну литературу и коректно навео 96 референци које су од значаја за тему дисертације. Литература обухвата широк опсег доступних публикација, укључујући књиге, радове публиковане у часописима, односно презентоване на конференцијама, углавном новијег датума, али и оне старије. Литература укључује и 10 публикација на којима је Снежана Љ. Стефановски први аутор или коаутор, а које су директно проистекле из рада на дисертацији.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У овом истраживању издвојени су следећи општи методи пројектовања микроталасних филтара:

- 1) Општа теорија синтезе микроталасних филтара пропусника и непропусника опсега учестаности са резонаторима и имитансним инверторима, са и без минијатуризације.
- 2) Испитивање перформанси филтра на основу симулационог модела у виду микроталасног кола у софтверском алату као што је WIPL-D Microwave Pro и AWR Microwave Office.

- 3) Тродимензионално електромагнетско (3D EM) моделовање филтра у софтверском алату као што је WIPL-D Professional.
- 4) Оптимизација и подешавање параметара филтра у циљу задовољења спецификације.
- 5) Испитивање осетљивости одзива таласоводних филтара у зависности од утицаја толеранције при изради направе.
- 6) Експериментална верификација пројектованог филтра мерењем на лабораторијском прототипу. На основу експерименталних резултата корекција предложених симулационих модела и контролна мерења пројектованог оптималног филтра.

Предвиђени методи овог истраживања у складу су са светским стандардима научно-истраживачког рада. Њихова примена омогућила је остварење постављеног циља ове дисертације, а то је развој новог метода за пројектовање једне класе микроталасних филтара у таласоводној техници. Метод је укључио све резултате из релевантних библиографских извора и унапредио постојеће, укључујући нову реализацију са више пропусних односно непропусних опсега коришћењем штампаних преграда, као основне градивне јединице филтра.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Основни резултат овог истраживања је предложени метод пројектовања таласоводних филтара. Овај метод пројектовања може се применити за реализацију филтара који представљају саставне делове савремених комуникационих система на микроталасним учестаностима. Решења која се предлажу једноставна су за реализацију направа, што је и експериментално потврђено.

Нови метод пројектовања приказан је на примерима филтара реализованих у X опсегу учестаности. Овај опсег се већином користи за радарске и сателитске системе, који подразумевају рад са великим снагама уз мале губитке, па реализација филтара у таласоводној техници представља погодно решење. Експериментално је потврђено да предложене структуре карактерише робусност у погледу осетљивости на процес израде направе, што је од значаја за примену у поменутим системима. Предложени метод омогућује минијатуризацију чиме се остварују компактније направе. Пошто се не захтева модификација саме структуре таласовода, могуће је применити исти метод пројектовања филтара за друге опсеге учестаности. За жељени опсег учестаности, потребно је скалирати димензије преграда и користити одсечак таласовода за пројектовани опсег.

Препозната је и могућност даље надградње предложеног метода у циљу примене за пројектовање подесивих филтара у таласоводној техници. Развој овакве класе филтара представља актуелну област у истраживању реализације савремених комуникационих система. Ова класа филтра подразумева коришћење компоненти које омогућују промену централне учестаности и ширине пропусног односно непропусног опсега.

#### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Снежана Љ. Стефановски се током истраживања у вези са докторском дисертацијом успешно развила у самосталног истраживача. Она је показала спремност за истраживачки рад и систематичност у свим сегментима истраживања: проучавање литературе у циљу стицања потребног теоријског знања, праћење савремених токова у области која је предмет истраживања, рад на развоју новог метода пројектовања филтара и његовој верификацији на бројним примерима, експериментални рад, испитивање свих чинилаца који су релевантни за предмет истраживања, сагледавање потенцијалних праваца даљег истраживања и могућности за унапређивање и примену предложеног метода. Томе у прилог иде и чињеница да је кандидат на готово свим публикацијама које су проистекле као резултат истраживања први аутор. Кандидат Снежана Љ. Стефановски је показала изузетну посвећеност раду на истраживању и ефикасност у остваривању задатих циљева, имајући у

виду чињеницу да током докторских академских студија, у компанији у којој је запослена, истовремено обавља послове који немају додирних тачака са областима покривеним планом и програмом докторских академских студија на изабраном модулу. Огромна жеља за стицањем нових сазнања, иницијатива за овладавањем научним методама, као и истрајност у решавању проблема додатно потврђују спремност кандидата за самосталан научни рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси приказани у оквиру докторске дисертације су:

- 1) Нови метод пројектовања микроталасних филтара пропусника односно непропусника опсега учестаности са штампаним резонантним преградама које се постављају у правоугаони таласовод.
- 2) Нови алгоритам у циљу верификације предложеног метода који подразумева следеће кораке:
  - Реализација нових резонатора у виду штампаних преграда постављених у  $H$  и  $E$  раван правоугаоног таласовода, уз могућност реализације више резонатора на истој прегради у циљу добијања више пропусних односно непропусних опсега.
  - Реализација нових модела филтара пропусника односно непропусника опсега учестаности у таласоводној техници применом претходно разматраних резонатора.
  - Оптималан распоред штампаних дисконтинуитета унутар правоугаоног таласовода у циљу реализације филтара са више пропусних односно непропусних опсега.
  - Установљавање еквивалентних модела резонатора и филтра на нивоу микроталасног кола, на основу тродимензионалне електромагнетске структуре.
  - Нов поступак минијатуризације инвертора у циљу постизања компактнoг филтра са више пропусних односно непропусних опсега.
- 3) Нов лабораторијски прототип, као додатни допринос, за експерименталну верификацију предложеног алгоритма.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Нови метод пројектовања микроталасних филтара у таласоводној техници, као резултат спроведеног истраживања, омогућава развој нових реализација филтара са више пропусних односно непропусних опсега, што је приказано на великом броју примера, а поједини резултати су потврђени и експериментално. Реализација филтара са више опсега је свакако актуелна тема у области микроталасних филтара, па се може рећи да резултати истраживања представљају нова решења која могу одговорити на захтеве реалних система у посматраном опсегу учестаности.

Основни допринос предложеног метода представља једноставност реализације филтара која не захтева модификацију структуре самог таласовода, што значајно поједностављује процес израде. Препозната је могућност примене предложеног метода пројектовања и код филтара који су пројектовани за друге опсеге учестаности, односно који користе друге типове правоугаоних таласовода. За промену опсега филтра потребно је само скалирати димензије резонантних преграда.

Приказано решење оставља могућност да се број пропусних односно непропусних опсега једноставно може повећавати додавањем резонатора на штампану преграду.



Када су у питању филтри вишега реда, са више опсега, предложен је оптималан распоред резонантних преграда као ново решење које није пронађено у доступној литератури.

Предложени поступак минијатуризације инвертора свакако доприноси остваривању компактних структура и одговара на савремене захтеве када је у питању минијатуризација микроталасних склопова. Предложен је нови модел инвертора у случају реализације филтара са више опсега што отвара нову могућност при пројектовању и минијатуризацији.

Као додатни допринос приказане су и структуре за прецизно позиционирање предложених резонантних преграда, чиме је омогућена реализација предложених таласоводних структура. Структуре за прецизно позиционирање преграда су коришћене при експерименталној верификацији резултата и тиме је потврђена њихова улога и значај у раду приказаних таласоводних филтара.

Резултати који се односе на испитивање осетљивости одзива филтара такође представљају значајан допринос. Од разматраних структура очекује се поузданост у раду и робусност, с обзиром на потенцијалне примене у сателитским и радарским системима. Разматран је утицај осетљивости на процес израде направе, као и одступања која се могу појавити у регуларном раду. Коришћењем тродимензионалног електромагнетског софтвера моделовани су различити ефекти одступања. Резултати добијени експериментално потврдили су резултате симулација.

Примена новог метода за пројектовање таласоводних филтара верификована је низом примера. Пројектовање је остварено кроз низ корака алгорита. Експериментално су верификовани изабрани модели пројектованих филтара. Предложени метод отвара могућност за даље истраживање и унапређивање реализација филтара у техници таласовода, применом штампаних резонантних преграда. Надградња предложеног метода подразумевала би развој подесивих филтара у таласоводној техници.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Снежана Љ. Стефановски је аутор или коаутор 10 научних публикација из области докторске дисертације и од тога: два рада у међународним часописима категорије M23, један рад у националном часопису категорије M52 (рад је објављен и на енглеском језику у специјалном издању истог часописа), пет радова у зборницима међународних конференција и један рад прихваћен за публикавање (категорије M33) и један рад у зборнику националне конференције (категорије M63).

#### Списак радова:

##### Категорија M23:

1. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, "A novel design of E-plane bandstop waveguide filter using quarter-wave resonators", -*Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications*, vol. 9, no. 1-2, pp. 87-93, 2015 (IF<sub>2013</sub>=**0.449**) (ISSN: 1842-6573).  
[online] <http://oam-rc.inoe.ro/index.php?option=magazine&op=view&idu=2487&catid=88>
2. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, "A novel design of dual-band bandstop waveguide filter using split ring resonators", -*Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, vol. 16, no. 3-4, pp. 486-493, 2014 (IF<sub>2013</sub>=**0.563**) (ISSN: 1454-4164).  
[online] <http://joam.inoe.ro/index.php?option=magazine&op=view&idu=3461&catid=83>

##### Категорија M52:

1. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, "Nova realizacija filtera nepropusnika opsega učestanosti u talasovodnoj tehnici", -*Tehnika*, vol. 68, no. 5, pp. 897-904, 2013 (ISSN: 0040-2176, UDC: 621.372.852.1).

Овај рад изабран је за публикавање у специјалном издању часописа *Техника* за 2013. годину, у коме је објављена верзија рада на енглеском језику:

**S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, “Novel realization of bandstop waveguide filters“, -*Technics*, special edition, pp. 69-76, 2013 (ISSN: 0040-2176, UDC: 621.372.852.1).

#### Категорија М33:

1. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Stamenković, “A novel compact dual-band bandpass waveguide filter“, -*IEEE International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems, DDECS 2015*, Belgrade, Serbia, April 22-24, 2015 (рад прихваћен за публикавање).
2. **S. Stefanovski**, Đ. Mirković, M. Potrebić, D. Tošić, “Novel design of H-plane bandpass waveguide filters using complementary split ring resonators“, -*Proceedings of Progress In Electromagnetics Research Symposium, PIERS 2014*, Guangzhou, China, August 25-28, 2014, pp. 1963-1968 (ISBN: 978-1-934142-28-8).
3. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, “Bandstop waveguide filters with two or three rejection bands“, -*Proceedings of the 29th Conference on Microelectronics, MIEL 2014*, Belgrade, Serbia, May 12-15, 2014, pp. 435-438 (ISBN 978-1-4799-5295-3).
4. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, “Structure for precise positioning of inserts in waveguide filters“, -*Proceedings of the 21st Telecommunications Forum, TELFOR 2013*, Belgrade, Serbia, November 26-28, 2013, pp. 689-692 (ISBN: 978-1-4799-1419-7).
5. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, “Design and analysis of bandpass waveguide filters using novel complementary split ring resonators“, -*Proceedings of the 11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2013*, Niš, Serbia, October 16-19, 2013, pp. 257-260 (ISBN: 978-86-6125-091-0).

#### **Рад који цитира:**

N. Purushothaman, Ankush Jain, William R. Taube, Ram Gopal, S. K. Ghosh, “Modeling and fabrication studies of negative permeability metamaterial for use in waveguide applications“, -*Microsystem Technologies*, published online 24 January 2015 (DOI 10.1007/s00542-014-2402-6) (**IF<sub>2013</sub>=0.952**) (ISSN: 0946-7076).  
[online] <http://link.springer.com/article/10.1007/s00542-014-2402-6>

6. **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, “Design and analysis of bandstop waveguide filters using split ring resonators“, -*Proceedings of the 11th International Conference on Applied Electromagnetics, ПЕС 2013*, Niš, Serbia, September 1-4, 2013, pp. 135-136 (ISBN: 978-86-6125-090-3).

#### Категорија М63:

1. M. Mrvić, **S. Stefanovski**, M. Potrebić, D. Tošić, “Talasovodni rezonatori sa dve rezonantne učestanosti realizovani u E i H ravni“, -*Zbornik 58. konferencije ETRAN*, Vrnjačka Banja, Srbija, Jun 2-5, 2014, pp. MT1.2.1-5 (ISBN: 978-86-80509-70-9).

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

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

Остварени резултати проистекли из истраживања ове докторске дисертације представљају научни допринос из области Микроталасне технике, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан. У дисертацији је приказан нови метод пројектовања микроталасних филтара у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима, а његова примена је верификована низом практичних реализација филтара. Развијен је нови алгоритам за пројектовање таласоводних филтара, чији кораци подразумевају: реализацију резонатора, филтара са више пропусних односно непропусних опсега учестаности, реализацију тродимензионалних електромагнетских модела, реализацију еквивалентних модела на нивоу микроталасног кола, минијатуризацију инвертора и оптимално позиционирање резонантних преграда у таласоводу. Експериментална верификација предложених реализација филтара представља додатни допринос докторске дисертације, који отвара могућност примене ове класе филтара у савременим комуникационим системима на микроталасним учестаностима. Дисертација показује да кандидат прати савремене токове у погледу пројектовања микроталасних филтара и да је предложио ново решење у посматраној области истраживања. Кандидат је способан да успешно и самостално примењује и спроводи методологију научно-истраживачког рада, предлаже нова решења и сагледава правце даљег истраживања.

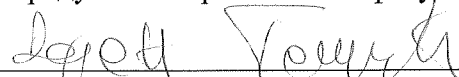
Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „**Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима**“ кандидата **Снежане Љ. Стефановски** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и одобри јавна усмена одбрана.

Београд, 5. март 2015.

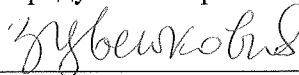
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милка Потребих, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



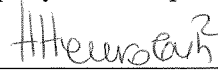
др Дејан В. Тошић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Злата Цветковић, редовни професор  
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Бранко Колунџија, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Наташа Нешковић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет