

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата дипл. инж. електротехнике Снежане Љ. Стефановски за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5042/07-1 од 20.5.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Снежане Љ. Стефановски, дипл. инж. електротехнике, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

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 Вукове дипломе.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2002/03. године. Дипломирала је на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику (Смер за телекомуникације) у мају 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 студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Микроталасна техника.

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 (рутери, BRAS (*Broadband Remote Access Server*) уређаји, свичеви, сервери). Као инжењер другог нивоа подршке радила је на отклањању сложенијих проблема у функционисању сервиса за резиденцијалне и бизнис кориснике, 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 опреме и стално стручно усавршавање, па се уз редован рад, континуирано едукује, сертифиције 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.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Научно-истраживачким радом бави се практично од завршетка основних академских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

На домаћој конференцији ТЕЛФОР 2007. године, заједно са проф. др Антонијем Ђорђевићем, објавила је рад под насловом „EMC of Cellular Phones and Electronic Equipment“. Овај рад настао је као резултат истраживања електромагнетске компатибилности мобилне телефоније које је спроведено током израде дипломског рада. Програмски одбор конференције доделио је ауторима награду „Илија Стојановић“ за најбољи научни рад на конференцији ТЕЛФОР 2007. године.

Докторске студије уписала је школске 2007/08. 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 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, 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.

Списак положених испита:

1. Електромагнетика (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
2. Микроталасна техника (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
3. Антене и простирање радиоталаса (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
4. Метод момената у електромагнетици (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
5. Метод коначних елемената у електромагнетици (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
6. Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
7. Анализа и синтеза антена (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
8. Микроталасна пасивна кола (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
9. РФ и микроталасни филтри (оцена: 10, 9 ЕСПБ)
10. Енглески језик (оцена: 10, 6 ЕСПБ).

У оквиру предмета на докторским студијама урадила је задатке који покривају различите области микроталасне технике, а који подразумевају проучавање литературе, познавање теорије, израду програма за прорачун различитих параметара применом нумеричких метода, пројектовање, моделовање, реализацију, синтезу и имплементацију структура. Конкретно, активности по предметима су следеће:

1. *Електромагнетика*: проучавање литературе и провера теоријског знања, израда програма у софтверском пакету Matlab за прорачун и приказ простирања електричног и магнетског поља кроз вишеслојну средину;

2. *Микроталасна техника*: проучавање литературе, синтеза *comblin* филтра у техници микротракастих водова у софтверу Microwave Office, имплементација структуре, поређење резултата (одзив филтра) добијених симулацијом и мерењем;
3. *Антене и простирање радиоталаса*: проучавање литературе, упознавање са основним карактеристикама RFID технологије и применом RFID система (са акцентом на UHF RFID системима), анализа једног RFID система коришћењем модела антене RFID читача и пасивног RFID тага помоћу симулација у софтверу WIPL-D;
4. *Метод момената у електромагнетичи*: проучавање литературе, израда програма у софтверском пакету Matlab за одређивање расподеле струје и улазне импедансе танког симетричног дипола коришћењем метода момената, израда програма у софтверском пакету Matlab за одређивање капацитивности коцке коришћењем метода момената;
5. *Метод коначних елемената у електромагнетичи*: проучавање литературе, израда програма у софтверском пакету Matlab за прорачун коефицијента рефлексije при простирању кроз вишеслојну средину коришћењем метода коначних елемената, израда програма у софтверском пакету Matlab за одређивање резонантних учестаности резонантне шупљине облика паралелепипеда методом коначних елемената;
6. *Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала*: проучавање литературе, испитивање одзива у временском домену на примеру 50 Ω -ског микротракастог вода и *comblin* филтра у техници микротракастих водова у софтверу WIPL-D, анализа простирања вектора електричног и магнетског поља и Поинтинговог вектора дуж 50 Ω -ског вода и структуре *comblin* филтра, анализа резултата и приказ вектора поља и Поинтинговог вектора помоћу софтверског пакета Matlab;
7. *Анализа и синтеза антена*: проучавање литературе и провера теоријског знања, моделовање *microstrip patch* антене напајане микротракастим водом у софтверу WIPL-D, испитивање утицаја параметара антене на улазну импедансу антене, поређење добијених резултата са резултатима доступним у литератури;
8. *Микроталасна пасивна кола*: проучавање литературе и провера теоријског знања, моделовање вишеслојног оптерећеног микроталасног резонатора у софтверу WIPL-D у циљу одређивања резонантне учестаности и Q-фактора резонатора;
9. *РФ и микроталасни филтри*: проучавање литературе, моделовање филтра у таласоводној техници са препреком у Е-равни са $\lambda/4$ резонатором у софтверу WIPL-D и анализа одзива филтра у зависности од параметара резонатора, моделовање филтра у таласоводној техници са препреком у Е-равни са *stepped impedance* резонатором у софтверу WIPL-D и анализа одзива филтра у зависности од параметара резонатора;
10. *Енглески језик*: проучавање литературе (граматика и академско писање), израда семинарског рада на тему „Guided Electromagnetic Waves“, израда домаћег задатка на тему „Method of Moments Applied to Wire Antennas“.

Окосницу истраживачког рада у вези са докторском тезом чини пројектовање микроталасних филтара у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима. У истраживању се разматрају филтри пропусници и непропусници опсега учестаности. Радови из ове области, чији је први аутор, прихваћени су и приказани на домаћим и међународним конференцијама, један рад је публикован у међународном и један у домаћем часопису, а поједини радови су и награђени.

Поред истраживачког рада у вези са докторском тезом, бавила се и истраживањем у области антена. Конкретно, радила је на испитивању промене импедансе *microstrip patch* антене напајане микротракастим водом, у зависности од положаја напојног вода. Ово истраживање започето је у оквиру предмета Анализа и синтеза антена на докторским студијама, у циљу провере предложене математичке функције за аналитичко описивање импедансе поменуте антене која се може наћи у постојећој литератури. Досадашњи резултати ове анализе приказани су у раду „The Impedance Variation with Feed Position of a

Microstrip Line-Fed Patch Antenna“, који је са проф. др Бранком Колунџијом објавила на домаћој конференцији ЕТРАН 2013. године. Рад је награђен у категорији најбољих радова младих аутора за секцију Антене и простирање на поменутој конференцији, а проширена верзија рада публикована је у домаћем часопису „Serbian Journal of Electrical Engineering“.

1.2.1. Објављени радови

Рад публикован у страном часопису (M23):

- [1.1] 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, March-April 2014 (ISSN: 1454-4164, IF: 0.516, <http://joam.inoe.ro/>).

Радови публиковани у домаћим часописима (M50):

- [1.2] S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, “Nova realizacija filtera nepropusnika opsega učestanosti u talasovodnoj tehnici”, *Tehnika*, vol. 68, no. 5, pp. 897-904, Novembar 2013 (ISSN: 0040-2176, UDC: 621.372.852.1, M52, <http://www.sits.org.rs/textview.php?file=348.html>).
- [1.3] 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, M52, <http://www.sits.org.rs/textview.php?file=348.html>).

Рад наведен као референца [1] изабран је за публиковање у специјалном издању поменутог часописа *Техника* за 2013. годину, тако да рад [2] представља верзију рада наведеног под [1] на енглеском језику.

- [1.4] S. Stefanovski, B. Kolundžija, “The impedance variation with feed position of a microstrip line-fed patch antenna”, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 85-96, February 2014 (ISSN: 2217-7183, DOI: 10.2298/SJEE131121008S, M24 (2012) и M51 (2013), http://www.journal.ftn.kg.ac.rs/Vol_11-1/Vol_11-1.htm).

Овај рад представља проширену верзију рада “The impedance variation with feed position of a microstrip line-fed patch antenna”, који је приказан на конференцији ЕТРАН 2013.

Радови саопштени на међународним научним скуповима (M33):

- [1.5] S. Stefanovski, Đ. Mirković, M. Potrebić, D. Tošić, “Novel design of *H*-plane bandpass waveguide filters using complementary split ring resonators“, *Progress In Electromagnetics Research Symposium, PIERS 2014*, Guangzhou, China, August 25-28, 2014 (апстракт рада прихваћен).
- [1.6] S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, “Bandstop waveguide filters with two or three rejection bands“, *29th Conference on Microelectronics, MIEL 2014*, Belgrade, Serbia, May 12-15, 2014, pp. 435-438 (ISBN 978-1-4799-5295-3, <http://miel.elfak.ni.ac.rs/>).
- [1.7] S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, “Structure for precise positioning of inserts in waveguide filters”, in *Proceedings of the 21st Telecommunications Forum, TELFOR 2013*, Belgrade, Serbia, November 26-28, 2013, pp. 689-692 (ISBN: 978-1-4799-1419-7, <http://www.telfor.rs/>).
- [1.8] S. Grković, D. Miljanović, S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, “WIPL-D modelovanje višeslojnog filtra sa interdigitalno spregnutim uvodnicima“, *Zbornik 21. konferencije Telekomunikacioni Forum, TELFOR 2013*, Beograd, Srbija, Novembar 26-28, 2013, pp. 900-903 (ISBN: 978-1-4799-1419-7, <http://www.telfor.rs/>).
- [1.9] S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, “Design and analysis of bandpass waveguide filters using novel complementary split ring resonators“, in *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, <http://www.telsiks.org.rs/>).
- [1.10] S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, Z. Cvetković, “Design and analysis of bandstop waveguide filters using split ring resonators“, in *Proceedings of the 11th International Conference on Applied Electromagnetics, ПЕЕС 2013*, Niš, Serbia, September 1-4, 2013, pp. 135-136 (ISBN: 978-86-6125-090-3, <http://pes2013.elfak.ni.ac.rs/>).

Радови саопштени на домаћим научним скуповима (M63):

- [1.11] M. Mrvić, S. Stefanovski, M. Potrebić, D. Tošić, “Talasovodni rezonatori sa dve rezonantne učestanosti realizovani u E i H ravni“, *58. konferencija ETRAN*, Vrnjačka banja, Srbija, Jun 2-5, 2014, (<http://etran.etf.rs/>). (рад прихваћен за презентовање)
- [1.12] 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/>).

- [1.13] 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/>).

1.2.2. Nagrade и признања

1. Nagrada Fondacije професора Мирка Милића за најбољи научно-стручни рад из области Теорије електричних кола, штампаног 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", in *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/>)

2. 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.

је изабран 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.

3. Nagrada MD PROJEKT INSTITUT-a 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", in *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/>)

4. Nagrada за најбољи рад младог аутора у оквиру секције *Антене 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).

5. Nagrada „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/>).

1.2.3. Извештај са јавне усмене одбране предложене теме докторске дисертације

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације одржана је 29.5.2014. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред комисијом у саставу:

- др Дејан В. Тошић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду
- др Злата Цветковић, редовни професор Електронског факултета Универзитета у Нишу
- др Наташа Нешковић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду
- др Бранко Колунџија, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Усмена одбрана је почела у 18:35 часова, а завршена је у 19:50 часова.

На усменој одбрани су били присутни сви чланови Комисије.

Одбрану је отворио председник Комисије проф. др Дејан В. Тошић упознавши присутне са хронологијом пријаве теме, одлуком Наставно-научног већа, основним подацима о кандидату и основним подацима о пријављеној теми докторске дисертације.

Кандидат је у трајању од 30 минута изложио у најсажетијем облику област и предмет истраживања, актуелност истраживања, постојећа решења са критичким освртом, као и своје предлоге за унапређење једне класе микроталасних филтара.

Кандидат је успешно одговорио на сва питања која су му чланови Комисије поставили.

По завршеној одбрани, Комисија се повукла на већање и једногласно донела следећи закључак:

Комисија је закључила да је кандидат Снежана Љ. Стефановски на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добила оцену „задовољно“. Комисија предлаже да ментор докторске дисертације буде др Милка Потребих, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства кандидата Снежане Љ. Стефановски, Комисија је стекла увид у способност кандидата за научно-истраживачки рад, као и њене могућности, да током израде предложене докторске дисертације, оствари резултате који могу бити верификовани од стране како домаће тако и међународне научне заједнице.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања предложене теме ове докторске дисертације су микроталасни филтри пропусници и непропусници опсега учестаности реализовани у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима.

Циљ истраживања је реализација микроталасних филтара са више пропусних или непропусних опсега у таласоводној техници коришћењем штампаних дисконтинуитета који имају боље карактеристике у односу на карактеристике одговарајућих микроталасних филтара објављених у доступној отвореној литератури. Критеријуми за поређење карактеристика филтара укључују величину заузећа структуре, релативну ширину пропусног односно непропусног опсега, селективност амплитудске карактеристике и унето слабљење. Такође, циљ истраживања представља и увођење новог начина реализације микроталасних резонатора у поступку пројектовања филтара са више пропусних или непропусних опсега у таласоводној техници, у поређењу са до сада предложеним реализацијама које се могу наћи у доступној литератури.

Предложена тема докторске дисертације припада актуелној и значајној области микроталасне технике. 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.

Пројектовање микроталасних филтара је актуелна област савремене микроталасне технике, што показују и три посебна издања реномираног часописа IEEE Microwave Magazine посвећена микроталасним филтрима (“Focus on Filters”, vol. 8, no. 2, April 2007; “All the World is a Filter”, vol. 8, no. 5, Oct. 2007; “Microwave Filter Synthesis”, vol. 12, no. 6, Oct. 2011) и три релевантне монографије. Једна монографија приказује напредне поступке пројектовања микроталасних филтара (P. Jarry and J. Beneat, *Advanced Design Techniques and Realizations of Microwave and RF Filters*. NJ: Wiley, 2008), док друге две излажу методе синтезе филтара у таласоводној техници (I. C. Hunter, *Theory and Design of Microwave Filters*. London, UK: IET, 2006; R. J. Cameron, C. M. Kudsia and R. R. Mansour, *Microwave Filters for Communication Systems: Fundamentals, Design and Applications*. NJ: Wiley, 2007).

Релевантни библиографски извори и остварени резултати на које се надовезују предвиђена истраживања у предложеној дисертацији укључују следеће:

- [2.1] S. Fallahzadeh, H. Bahrami, M. Tayarani, "Very compact bandstop waveguide filters using split-ring resonators and perturbed quarter-wave transformers", *Electromagnetics*, vol. 30, no. 5, pp. 482-490, June 2010.
- [2.2] S. Fallahzadeh, H. Bahrami, M. Tayarani, "A novel dual-band bandstop waveguide filter using split ring resonators", *Progress in electromagnetics research letters*, vol. 12, pp. 133-139, 2009.
- [2.3] M. N. M. Kehn, O. Quevedo-Teruel, E. Rajo-Iglesias, "Split-ring resonator loaded waveguides with multiple stopbands", *Electronics Letters*, vol. 44, pp. 714-716, 2008.
- [2.4] N. Ortiz, J. D. Baena, M. Beruete, F. Falcone, M. A. G. Laso, T. Lopetegi, R. Marques, F. Martin, J. Garcia-Garcia, M. Sorolla, "Complementary split-ring resonator for compact waveguide filter design", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 46, no. 1, pp. 88-92, 2005.
- [2.5] H. Bahrami, M. Hakkak, A. Pirhadi, "Analysis and design of highly compact bandpass waveguide filter utilizing complementary split ring resonators (CSSR)", *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 80, pp. 107-122, 2008.
- [2.6] X. H. Zhao, J. F. Bao, G. C. Shan, Y. J. Du, Y. B. Zheng, Y. Wen, C. H. Shek, "D-band micromachined silicon rectangular waveguide filter", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 22, no. 5, pp. 230-232, 2012.
- [2.7] S. Amari, J. Bornemann, "CIET-analysis and design of folded asymmetric H-plane waveguide filters with source-load coupling", *Proceedings of the 30th European Microwave Conference*, Paris, France, pp. 1-4, October 2000.

У истраживању [2.1] приказан је поступак реализације филтра непропусника опсега учестаности коришћењем штампаних преграда и могући правци минијатуризације филтра тј. инвертора. Реализација филтра првог реда са два непропусна опсега изложена је у [2.2]. У раду [2.3] изложена је реализација таласоводног филтра у E -равни са више непропусних опсега коришћењем штампаних преграда. Из анализе радова [2.1], [2.2] и [2.3] уочени су могући правци даљег истраживања који би обухватили реализацију филтара са више непропусних опсега.

Рад [2.4] предлаже модел компактног таласоводног филтра пропусника уског опсега учестаности применом металне преграде у H -равни. У раду [2.5] изложена је реализација филтра вишег реда са једним пропусним опсегом и оставља се могућност за реализацију филтара са више пропусних опсега у таласоводној техници.

У [2.6] је приказана реализација таласоводног филтра у H -равни са минијатуризованим импедансним инверторима.

Реализација савијеног резонатора у H -равни правоугаоног таласовода изложена је у [2.7].

3. Полазне хипотезе

У овој докторској дисертацији кренуће се од основне претпоставке да се погодном реализацијом дисконтинуитета у правоугаоном таласоводу може остварити филтар пропусник/непропусник једног односно више опсега учестаности. Дисконтинуитети се реализују коришћењем штампаних микроталасних кола. У овом истраживању полази се од следећих претпоставки (хипотеза):

- 1) Увођење резонатора у виду штампаних преграда омогућава реализацију филтара пропусника односно непропусника опсега учестаности. За реализацију филтара непропусника опсега користе се резонатори штампани на диелектричној подлози која се поставља у H -раван правоугаоног таласовода. При томе, врши се испитивање утицаја величине диелектричне плоче на карактеристике резонатора. Код филтара пропусника опсега прави се резонантна рупа у метализацији, па се таква преграда такође поставља у H -раван таласовода. За реализацију поменутих филтара користе се полуталасни и четвртталасни резонатори.
- 2) Очекује се, на основу наведених библиографских извора, да постоји могућност реализације резонатора са једном односно више резонантних учестаности на истој штампаној прегради. Ова реализација резонатора оставља могућност реализације филтара са једним односно више пропусних/непропусних опсега. Резонатори на истој

прегради се реализују тако да нема спреге међу њима, што омогућује да се модификацијом параметара сваког појединачног резонатора независно подешава сваки од пропусних/непропусних опсега.

- 3) У циљу остваривања филтара вишега реда, са више пропусних/непропусних опсега, разматра се могућност оптималног распореда штампаних преграда у таласоводу. Очекује се да ће за сваку од централних учестаности филтра бити реализован инвертор, помоћу одсечка таласовода, чија ће дужина бити једнака четвртини вођене таласне дужине. Такође, код филтара пропусника опсега учестаности, разматра се реализација савијене преграде у H -равни правоугаоног таласовода да би се задовољила дужина одсечка таласовода једнака четвртини вођене таласне дужине.
- 4) У циљу реализације компактног филтра, очекује се да постоји могућност минијатуризације инвертора увођењем погодних реализованих додатних преграда између преграда са резонаторима.
- 5) Да би се остварио прецизан положај преграда унутар таласовода, очекује се да постоји реализација носача за позиционирање преграда филтара.
- 6) Претпоставља се да је могуће представити моделе филтра са штампаним преградама помоћу микроталасног кола, тј. реализовати заменске шеме филтра са концентрисаним елементима, што би требало да омогући флексибилност оптимизације параметара филтра, без захтевних тродимензионалних електромагнетских симулација таласоводне структуре.

4. Научне методе истраживања

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) Експериментална верификација пројектованог филтра мерењем на лабораторијском прототипу. Затим, на основу експерименталних резултата треба кориговати предложене симулационе моделе, и ако је потребно, извршити још једну контролну фабрикацију пројектованог оптималног филтра.

У вези са остваривањем предвиђеног истраживања, очекује се развој новог метода пројектовања једне класе микроталасних филтара у таласоводној техници. Метод треба да укључи све релевантне резултате из наведених библиографских извора и унапреди постојеће, укључујући нову реализацију са више пропусних односно непропусних опсега коришћењем штампаних преграда, као основне градивне јединице филтра.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси ове докторске дисертације су:

- 1) Нов метод пројектовања микроталасних филтара пропусника односно непропусника опсега учестаности са штампаним резонантним преградама које се постављају у правоугаони таласовод. Очекује се да овако реализовани филтри имају боље карактеристике у односу на карактеристике објављене у отвореној доступној

литератури, сходно критеријумима поређења који укључују величину заузећа структуре, релативну ширину пропусног односно непропусног опсега, селективност амплитудске карактеристике и унето слабљење.

- 2) Нов алгоритам, у циљу верификације предложеног метода, за реализацију штампаних резонантних дисконтинуитета и могући оптимални распоред дисконтинуитета унутар правоугаоног таласовода, ради реализације филтара са више пропусних односно непропусних опсега.
- 3) Нов лабораторијски прототип, као додатни допринос, за експерименталну верификацију предложеног алгоритма. Потребно је направити лабораторијски прототип и мерењем потврдити очекиване карактеристике резонатора и филтара.

Предложени метод, као исход овог истраживања, може имати практичну примену за реализацију филтра који представља саставни део савремених комуникационих система, а који раде на микроталасним учестаностима.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања ове докторске дисертације могао би се поделити у неколико корака:

- 1) Проучавање основних библиографских извора о пројектовању микроталасних филтара у таласоводној техници, као и опште теорије синтезе филтара.
- 2) Преглед најновијих истраживања из области реализације резонатора у виду штампаних преграда и филтара у таласоводној техници, датих у наведеним монографијама и часописима.
- 3) Развој нових резонатора у виду штампаних преграда постављених у H -раван правоугаоног таласовода, као и испитивање могућности реализације више резонатора на истој прегради у циљу добијања више пропусних/непропусних опсега.
- 4) Развој нових филтара пропусника/непропусника опсега учестаности у таласоводној техници применом претходно разматраних резонатора.
- 5) Испитивање карактеристика фреквенцијског одзива резонатора и филтра у зависности од начина реализације штампаних преграда.
- 6) Истраживање могућности оптималног распореда штампаних преграда код филтара са више пропусних/непропусних опсега, у циљу задовољења потребне дужине одсечака таласовода – инвертора, за сваку од централних учестаности филтара.
- 7) Предлог минијатуризације инвертора у циљу постизања компактности филтра.
- 8) Установљавање еквивалентних модела резонатора и филтра на нивоу микроталасног кола, на основу тродимензионалне електромагнетске структуре.
- 9) Израда лабораторијског прототипа пројектованог оптималног филтра и експериментална верификација мерењем на лабораторијском прототипу.
- 10) Упоредна анализа карактеристика предложених нових реализација филтара и реализација објављених у отвореној доступној литератури.
- 11) Препознавање и установљавање могућих даљих праваца истраживања.

Структура предложене тезе пратиће наведени план истраживања. Поред уводног прегледа основних теорија пројектовања микроталасних филтара, централни део рада садржаће приказ развоја резонатора у виду штампаних преграда са једне стране, а са друге стране могуће реализације филтара у таласоводној техници са више пропусних/непропусних опсега, укључујући и примену предложених метода минијатуризације уз очување задате спецификације. Остатак тезе биће посвећен изради модела предложених филтара, експерименталној верификацији и компаративној анализи добијених резултата и резултата из отворене доступне литературе.

7. Закључак и предлог

На основу претходно изложеног, Комисија сматра да кандидат **Снежана Љ. Стефановски**, дипломирани инжењер електротехнике, испуњава све законске, формалне и суштинске услове као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом оцене подобности кандидата и теме на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија констатује да тема припада научној области **Микроталасне технике** за коју је **Електротехнички факултет Универзитета у Београду** матичан, и при томе за ментора докторске дисертације предлаже доцента **др Милку Потребих** запослену на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. У контексту овог предлога, уз извештај је приложен списак радова који квалификују доцента др Милку Потребих за ментора.

Комисија има задовољство и част да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације кандидату Снежани Љ. Стефановски под насловом

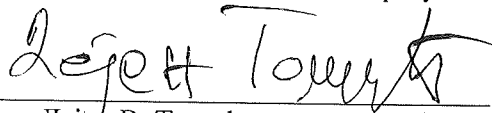
„Микроталасни филтри у таласоводној техници са штампаним дисконтинуитетима”.

У Београду, 2.6.2014. године

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 Наташа Нешковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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