

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

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



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

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

ДЕКАН

10.03.2020. године

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

Докторска дисертација кандидата **мастер инж. Николе Бошковића под насловом „Серијски напајани планарни антенски низови са побољшаним карактеристикама“** и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу и могу се погледати до 09.04.2020. године.

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

Председник Наставно-научног већа
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан
Проф. др Драгин Манчић



ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
 родитеља и име Бошковић Миролjub Никола
 Датум и место рођења 06.06.1986. Пожега

Основне студије

Универзитет Универзитет у Београду
 Факултет Електротехнички факултет
 Студијски програм Електротехника и рачунарство
 Звање Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства
 Година уписа 2005
 Година завршетка 2010
 Просечна оцена 8,11

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет Универзитет у Београду
 Факултет Електротехнички факултет
 Студијски програм Микроталасна техника
 Звање Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства-мастер
 Година уписа 2010
 Година завршетка 2011
 Просечна оцена 9,67
 Научна област Електротехничко и рачунарско инжењерство
 Наслов завршног рада Моделовање вишеслојног микроталасног филтра програмом WIPL-D AW Modeler

Докторске студије

Универзитет Универзитет у Нишу
 Факултет Електронски факултет
 Студијски програм Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул: Телекомуникације
 Година уписа 2014
 Остварен број ЕСПБ бодова 586
 Просечна оцена 10

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске
 дисертације Серијски напајани планарни антенски низови са побољшаним карактеристикама
 Име и презиме ментора,
 звање др Небојша Дончов, редовни професор
 Број и датум добијања
 сагласности за тему
 докторске дисертације НСВ број 8/20-01-004/19-018 Датум: 20. 5. 2019.

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна 152
 Број поглавља 9
 Број слика (шема, графикона) 86
 Број табела 5
 Број прилога 0
 Број библиографских јединица 164

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ
 У НИШУ

Примљено 10.3.20.
 Број
 07/03-007/20-004

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

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	N. Boskovic, B. Jokanovic, V. Markovic, "Frequency Scanning Antenna Arrays with Metamaterial Based Phased Shifters," <i>Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics</i> , vol. 32, no. 3, pp. 449–461, September 2019. (DOI: 10.2298/FUEE1903449B) <i>У раду је дат приказ скенирајућих антена са употребом различитих врста фазних шифтера. Приказани су теоријски модели заједно са експерименталним верификацијама.</i>	M24
2	N. Boskovic, B. Jokanovic, M. Radovanovic and N. S. Doncov, "Novel Ku-Band Series Fed Patch Antenna Array with Enhanced Impedance and Radiation Bandwidth," <i>IEEE Trans. Antennas Propag.</i> , vol. 66, no. 12, pp. 7041–7048, Dec.2018. (DOI:10.1109/TAP.2018.2874515) <i>Раџ се бави тематиком високо усмерених антенских низова са стабилним карактерским дијаграмима зрачења и пониспуним бочним лобовима у целокупном радном опсегу.</i>	M21
3	N. Boskovic, B. Jokanovic and M. Radovanovic, "Printed Frequency Scanning Antenna Arrays with Enhanced Frequency Sensitivity and Sidelobe Suppression", <i>IEEE Trans. Antennas Propag.</i> , vol. 65, no. 4, pp. 1757–1764, April 2017. (DOI: 10.1109/TAP.2017.2670528). <i>Раџ представља решењање проблема сузбијања бочних лобова код скенирајућих антена.</i>	M21
4	N. Bošković, B. Jokanović, A. Nešić, "Frequency Scanning Antenna Arrays with Pentagonal Dipoles of Different Impedances", <i>Serbian Journal Of Electrical Engineering</i> , vol. 12, no. 1, pp. 99-108, February 2015. (DOI: 10.2298/SJEE1501099B) <i>Раџ се бави пентагоналним диполима и њиховом употребом у антенским низовима</i>	M24
5	B. Jokanovic, V. Milosevic, M. Radovanovic and N. Boskovic, "Advanced Antennas for Next Generation Wireless Access", <i>TELSIKS 2017</i> , Nis, Serbia, October 18-20, 2017. pp. 87-94. (DOI: 10.1109/TELSIKS.2017.8246235) <i>Раџ представља упоредна антенска решења за савремене бeжичне системе.</i>	M31
6	N. Boskovic, B. Jokanovic, Franco Oliveri and Dario Tarchi, "High Gain Printed Antenna Array for FMCW Radar at 17 GHz", <i>TELSIKS 2015</i> , Nis, Serbia, October 14-17, 2015. (DOI: 10.1109/TELSIKS.2015.7357760) <i>Раџ представља решење за високо усмерени антенски систем са класичним печ антенама.</i>	M33
7	N. Boskovic, B. Jokanovic and A. Nestic, "Frequency Scanning Antenna Array with Enhanced Side lobe Suppression", <i>Metamaterials 2014</i> , Copenhagen, Denmark, 25-30. August 2014. (DOI: 10.1109/MetaMaterials.2014.6948597) <i>Раџ се бави антенским низом са фреквенцијским скенирањем на бази left-handed шифтера и измењених пентагоналних дипола.</i>	M33
8	N. Boskovic, B. Jokanovic and A. Nestic, "Printed Scanning Antenna Array with SRR Phase Shifters", <i>Metamaterials 2013</i> , Bordeaux, France, 16-21. September 2013. (DOI:10.1109/MetaMaterials.2013.6808972) <i>Раџ се бави антенским низом са фреквенцијским скенирањем на бази left-handed шифтера и идентичних дипола.</i>	M33
9	N. Boskovic, B. Jokanovic and A. Nestic, "Compact Frequency Scanning Antenna Array with SRR Phase Shifters", <i>TELSIKS 2013</i> , Nis, Serbia, October 16-19. 2013. (DOI:10.1109/TELSIKS.2013.6704415) <i>Раџ се бави антенским низом са фреквенцијским скенирањем на бази варијације шифтера на бази метаматеријала и идентичних дипола.</i>	M33
10	N. Bošković, B. Jokanović, Franco Oliveri and Dario Tarchi, "Štampani antenski niz za FMCW radar na Ku opsegu", <i>ETRAN 2015</i> , Srebrno jezero, 8-11. jun 2015. <i>Раџ се бави проблематиком радарских FMCW система у планарној технологији.</i>	M33
11	N. Bošković, B. Jokanović, N. Dončov, "Mikrostrip antena na 17 GHz sa reaktivno opterećenim patch-evima", <i>ETRAN 2016</i> , Zlatibor, 13-16. jun 2016. <i>Раџ представља нови тип реактивне оптерећене печ антена посебно намењене за низове са серијском расподелом елемената.</i>	M33
12	J. Mišić, N. Bošković, B. Jokanović, V. Marković, "Antenski niz sa cirkularnom polarizacijom za radarske sisteme na 24 GHz", <i>ETRAN 2017</i> , Kladovo, 05-08. jun 2017. <i>Раџ представља прилагођене печ елементе за добијање антенског низа са циркуларном поларизацијом.</i>	M63
13	N. Bošković, B. Jokanović, V. Marković, "Modifikovana peč antena sa proširenim opsegom rada", <i>ETRAN 2017</i> , Kladovo, 05-08. jun 2017. <i>Раџ даје детаљан опис модификоване печ антене са модовима простирања.</i>	M63
14	B. Milošević, B. Jokanović, M. Radovanović, N. Bošković, "Prikupljanje i konverzija RF energije u širokom frekvencijskom opsegu", <i>ETRAN 2018</i> , Palić, 11–14 Jun, 2018. <i>У раду је описано прикупљање и конверзија RF енергије преко штампаних дипол антена.</i>	M63
15	N. Boskovic, B. Jokanovic, Franco Oliveri and Dario Tarchi, "Highly Directive Patch Antenna Array for FMCW Radar at Ku Band", <i>Microwave Review</i> , Vol. 21, No. 2, December 2015. pp. 14-18. <i>Принципи и реализација FMCW радара на Ku опсегу.</i>	M52

16	N. Bošković, B. Jokanović i A. Nešić, "Frekvencijski skenirani antenski nizovi sa neuniformnom amplitudskom raspodelom", <i>ETTRAN 2014</i> , Vrnjačka Banja, 2-5. jun 2014.	M63
	<i>Dat je начин за konstruisaње скенирајућег антеноског низа са неуниформном расподелом.</i>	
17	N. Bošković, B. Jokanović i A. Nešić, "Frekvencijski skeniran antenski niz sa SRR faznim šifterima", <i>ETTRAN 2013</i> , Zlatibor, 3-6. jun 2013.	M63
	<i>Opisan je принцип скенирајућих антеноских низова за фазним шифтерима.</i>	
18	M. Ilić i N. Bošković, "Poređenje karakteristika štampanih bow-tie dipola sa dipolima petougaoanog oblika", <i>ETTRAN 2012</i> , Zlatibor, 11-14. jun 2012.	M63
	<i>У раду је извршено поређење перформанси bow-tie дипола и пентагоналних дипола.</i>	
19	Никола Бошковић, др Бранка Јокановић, "Штампани антениски низ са великим појачањем за FMCW радар на Ки опсегу", 2015.	M82
	<i>Представљен је индустријски прототип антеноског радарског низа на Ки опсегу.</i>	
20	Никола Бошковић, др Бранка Јокановић, др Александар Нешић, "Скенирани антениски низ са пентагоналним диполима и неуниформном амплитудском расподелом", 2014.	M85
	<i>Приказан је лабораторијски прототип антеноског низа са неуниформном расподелом и пентагоналним диполима.</i>	
21	Никола Бошковић, др Бранка Јокановић, др Александар Нешић, "Антениски низ са проширеним опсегом скенирања и пентагоналним диполима различитих импеданси", 2015.	M85
	<i>Приказан је лабораторијски прототип низа са пентагоналним диполима и проширеним опсегом рада.</i>	
22	Никола Бошковић, Бранка Јокановић, Милош Радовановић, "Антениски низ на Ки опсегу са широкопојасним patch антенама", 2016.	M85
	<i>Приказан је лабораторијски прототип антеноског низа на Ки опсегу са широкопојасним печем.</i>	
23	Никола Бошковић, Бранка Јокановић, Милош Радовановић, "Планарни антениски низ са проширеним опсегом скенирања", 2016.	M85
	<i>Приказан је лабораторијски прототип антеноског низа са проширеним опсегом скенирања.</i>	
24	Н. Бошковић, Б. Јокановић, А. Нешић, "Antenski niz na X-opsegu sa frekvencijskim skeniranjem pomoću faznih pomerača sa split-ring rezonatorima". 2013.	M85
	<i>Приказан је лабораторијски прототип антеноског низа на X-опсегу са фреквенцијским скенирањем.</i>	
25	Н. Бошковић, Б. Јокановић, М. Радовановић, "Симфазни антениски низ са идентичним широкопојасним печевима и радним опсегом од 15.6 GHz до 17.3 GHz", 2017.	M85
	<i>Приказан је лабораторијски прототип директивног антеноског низа са широкопојасним печевима у симфазној конфигурацији.</i>	
26	М. Радовановић, Б. Јокановић, Н. Бошковић, "Аутоматска метода за мерење дијаграма зрачења антена помоћу анализатора мреже Anritsu VNA ME7838A", 2017.	M85
	<i>Приказана је потпуно аутоматизована метода за мерење дијаграма зрачења.</i>	

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

ДА

У извештају Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације, покретању поступка за оцену и одбрану докторске дисертације на Електронском факултету у Нишу, у решењу број 07/03-003/19-012, од 05.12.2019. године, утврђено је да кандидат мастер инж. Никола Бошковић, **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Кандидат мастер инж. Никола Бошковић доставио је Факултету доказ да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе и да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који издаје Универзитет у Нишу. На основу наведеног, Комисија предлаже покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација кандидата мастер инж. Николе Бошковића је представљена на 152 стране текста А4 формата са 86 слика и 5 табела. Дисертација је прецизно организована у 9 поглавља који чине логичку целину. Дисертација садржи кратак резиме на српском и енглеском, спискове слика и табела. На крају дисертације дата је биографија аутора.

У докторској дисертацији су приказани оригинални методи за решавање проблема контроле дијаграма зрачења код низова са серијским напајањем за случај скенирајући и усмерених низова.

У уводу је дат кратак опис теме којима се дисертација бави. Описани су кораци који су коришћени за приступ и решавање проблема који су дати у тези. Дат је кратак опис садржаја сваког поглавља.

Друго поглавље описује кратку историја антена. Описан је начин функционисања и дефинисани су параметри неопходни за карактеризацију антена.

Треће поглавље полази од Maxwell-ових једначина и дефиниција граничних услова и приказује извођење таласних једначина које описују електромагнетски принцип функционисања антена. Описана је употреба Maxwell-ових једначина у савременим софтверским алатима за симулацију антена. Такође су приказани принципи

простирања таласа кроз различите средине.

Четврто поглавље се бави штампаним антенским структурама. Описана је конструкција, начин функционисања, напојне методе, методе анализе. Посебна пажња је посвећена опису структура које се користе у датој тези као оригиналан допринос.

Пето поглавље описује начин функционисања антенских низова. Сва решења приказана у датој тези намењена су за функционисање антенских низова. У складу са тим дат је опис карактеристичних параметара као и неке од основних конфигурација низова од значаја за садржај ове тезе.

Шесто, седмо и осмо поглавље су оригиналан допринос ове дисертације. Шесто поглавље представља низ базиран на новој patch антени специјално развијеној за употребу у серијским антенским низовима. Резултујући низ има вишеструко већи радни опсег у односу на низ са класичном patch антенном. Добијен је директивни антенски са потиснутим бочним лобовима и употребљивим дијаграмом зрачења у целом опсегу рада.

Седмо поглавље се бави проблематиком потискивања бочних лобова у низовима са фреквенцијским скенирањем. Развијени су посебни фазни шифтери са стабилним карактеристикама у целом радном опсегу и великом променом фазе за мали опсег учестаности. На тај начин омогућено је брзо скенирање сектора за мали опсег учестаности. Како антена треба да ради у опсегу учестаности, проблем потискивања бочних лобова је знатно компликованији, јер све компоненте антене су фреквенцијски зависне. Решење је дато у виду низа са пентагоналним диполима различитих импеданси у техници балансног микрострипа.

Осмо поглавље приказује принципе функционисања антене на бази *leaky-wave* принципа. Решење је предвиђено да ради на W опсегу (75-110 GHz) што само по себи носи доста изазова. Низ треба да има мали угао скенирања за што већи опсег учестаности ради добијања високе резолуције. Потребан је узак сноп са веома ниским лобовима. Решење је такође развијено на балансном микрострипу са посебним освртом на специфичности рада на W опсегу.

Девето поглавље је закључак у коме је дат кратак осврт на приказана решења. Затим је дат списак коришћене литературе.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

Кандидат је све циљеве из пријаве теме успешно реализовао. Циљ дисертације је био побољшање карактеристика низова у серијској конфигурацији под различитим радним условима. У складу са захтевима реализовани су нови побољшани антенски низови са компонентама специфично развијеним за дату сврху. Истраживање је текло примарно у два правца. Први је био развијање једноставног усмереног антенског низа са широкопојасним карактеристикама и потиснутим бочним лобовима. Други је био развијање скенирајућег антенског низа са широкопојасним зрачећим елементима и контролом расподеле снаге у низу тј. обликовањем дијаграма зрачења.

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

Допринос дисертације се огледа у поглављима шест, седам и осам.

- Приказан је низ са новом patch антенном која је конструисана додавањем два симетрична процепа на стандардни patch чиме је омогућена формирање и контрола новог мода антена који омогућава широкопојасне карактеристике. Нови patch не захтева додатне компоненте попут вија и кондензатора и може се користити на исти начин као и стандардни patch. Резултујући низ има радни опсег од 10.3%, што је вишеструко веће од пар % код типичног низа са обичном patch антенном. Дијаграм зрачења има висок добитак, ниске бочне лобове, а антена је добро прилагођена.
- Контрола снаге у скенирајућим низовима је веома компликована јер се типично врши преко компоненти које мењају своје карактеристике са променом фреквенције. За потребе контроле скенирања са променом фреквенције развијено је више типова фазних шифтера на бази *left-handed* и *right-handed* материјала. Развијени су нови типови пентагоналних дипола са могућношћу веома велике промене импедансе. Изведене су теоријске формуле са добијање потребних вредности импедансе зрачећих елемената ради добијања одговарајуће расподеле. Добијен је скенирајући низ са значајно потиснутим бочним лобовима и стабилним добитком у целом опсегу рада. Прилагођење је добро у целом опсегу.
- За рад на W-опсегу употребљени су пентагонални диполи посебно прилагођени за рад на веома високим учестаностима. Антена је конципирана да ради на принципу периодичне *leaky-wave* антене. Ова структура и радни опсег омогућава коришћење огромног броја идентичних елемената чиме се значајно повећава робусност самог низа. Такође, због радног опсега структура задржава компактне димензије. Демонстрирано је добијање веома усмереног низа са потиснутим бочним лобовима и добрим прилагођењем.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат је у свом досадашњем научно-истраживачком раду као и на изради испољио значајну иницијативу и самосталност. То се посебно огледа у самосталном извођењу релевантних закључака и праваца тока истраживања. Кандидат је показао способност да на основу теоријских модела, преко релевантних нумеричких симулација дође до реализације експерименталног прототипа који је затим у стању да верификује у реалним условима. Аутор је на више домаћих и страних конференција и часописа укључујући и два рада у водећем међународном часопису из области антена и простирања таласа.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)




Увидом у поднету докторску дисертацију мастер инж. Николе Бошковића, може се закључити да дисертација садржи оригиналне научне доприносе из области планарних антенских низова. Резултати истраживања су публиковани у релевантним научним часописима и представљају добру основу за будућа истраживања на пољу развоја антена и антенских низова са напредним карактеристикама.

Имајући у виду остварене резултате и значај обрађене проблематике, Комисија закључује да је докторска дисертација кандидата мастер инж. Николе Бошковића под насловом “Серијски напајани планарни антенски низови са побољшаним карактеристикама” научно заснована и предлаже Наставно–научном већу Електронског факултета у Нишу да прихвати дисертацију и одобри њену јавну одбрану.

КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану Комисије **8/20-01-002/20-021**

Датум именовања Комисије **02.03.2020.**

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Небојша Дончов, редовни професор	председник, ментор	
	Телекомуникације	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
2.	др Вера Марковић, редовни професор	члан	
	Телекомуникације	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
3.	др Бранко Колунџија, редовни професор	члан	
	Електромагнетика, антене и микроталаси	Електротехнички факултет, Универзитет у Београду	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
4.	др Зоран Станковић, доцент	члан	Зоран Станковић
	Телекомуникације	Електронски факултет, Универзитет у Нишу	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

10.03.2020., Nis:

.....