

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ОБРАЗАЦ 6.

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА Факултет Техничких Наука

**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

**-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена**

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

**I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

- Датум и орган који је именовео комисију

**30. мај 2013.**

**Наставно научно веће Факултета техничких наука**

- Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:

**Др Горан Стојановић, ванредни професор, УНО Електроника, 21.10.2010, Факултет техничких наука Нови Сад**

**Др Вера Марковић, редовни професор, УНО Микроталасна техника, 15.09.2002., Електронски факултет Ниш**

**Др Алекса Зејак, научни саветник, УНО Радарска техника, 20.06.2007., Институт РТ-РК Нови Сад, Нови Сад**

**Др Братислав Миловановић, редовни професор, УНО Микроталасна техника, 08.06.1991, Електронски факултет Ниш**

**Др Весна Црнојевић-Бенгин, ванредни професор, УНО Електроника, 07.10.2011, Факултет техничких наука Нови Сад**

**II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

- Име, име једног родитеља, презиме:

**Николина, Никола, Јанковић**

- Датум рођења, општина, држава:

**15. април 1984.**

**Сплит, Република Хрватска**

- Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив

**Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства - мастер**

- Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија

**2007.**

**Енергетика, електроника и телекомуникације**

- Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:

-

- Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Микроталасни филтри са више независно контролираних пропусних опсега реализовани у микрострип архитектури**

- **ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација Николине Јанковић написана је на 207 страна. Садржи 10 поглавља, 2 додатка, 34 табеле, 123 слике и 197 навода литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Теоријске основе пројектовања мулти-банд филтара
3. Методе пројектовања дуал-банд филтара
4. Методе пројектовања три-банд филтара
5. Фракталне криве
6. Дуал-банд филтар са дуал-мод резонатором на бази 3-Д Хилбертове фракталне криве
7. Дуал-банд филтри са дуал-мод резонатором на бази Хилбертове фракталне криве другог реда
8. Дуал-банд и три-банд филтри на бази  $\lambda/4$  резонатора
9. Три-банд филтар базиран на Хилберт-форк резонатору
10. Закључак

- **ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Наслов рада** јасно је формулисан и разумљив, прецизно описује предмет истраживања и у потпуности указује на садржај рада. У духу је српског језика.

У поглављу **Увод** дата су уводна разматрања која имају за циљ да укажу на значај микроталасних кола као што су резонатори и филтри, као и на потребу за унапређењем њихових перформанси. Веома брз развој бежичних комуникационих система условио је стално унапређивање филтара када су у питању њихова цена, компактност и перформансе, али и поставио захтев за могућношћу рада филтара на више независних учестаности. Научни допринос тезе представљају пет нових конфигурација мулти-банд филтара реализованих у микрострип архитектури који се карактеришу одличним перформансама и малим димензијама.

Поред уводних разматрања и кратког приказа научног доприноса докторске дисертације, у првом поглављу приказана је и организација тезе и дат кратак преглед сваког од поглавља докторске дисертације.

Поглавље **Теоријске основе пројектовања мулти-банд филтара** даје приказ најважнијих аспеката класичног приступа пројектовању филтара, приказује методу парне и непарне побуде, те пружа увид у начин рада и понашање мулти-мод резонатора. Ово поглавље на јасан и концизан начин представља аналитичке методе и структуре које ће се користити за анализу и пројектовање мулти-банд филтара у наредним поглављима дисертације.

У трећем поглављу, **Методе пројектовања дуал-банд филтара**, дат је преглед приступа пројектовању дуал-банд филтара који су доступни у савременој литератури. Поред примене класичне теорије филтара, представљена су још три начина за реализацију дуал-банд филтара. Први приступ подразумева увођење трансмисионе нуле у одзив сингл-банд филтра ради добијања дуал-банд одзива. Друга метода се ослања на коришћење дуал-мод резонатора, док последња метода подразумева коришћење два сингл-банд филтра. Представљене методе пројектовања микроталасних дуал-банд филтара веома су детаљно и јасно објашњене на шта указује и велики број литерарних навода у овом поглављу.

Поглавље **Методе пројектовања три-банд филтара** посвећено је методама пројектовања

микроталасних три-банд филтара који се јављају у савременој литератури. Слично као и у случају дуал-банд филтара, представљена су четири начина пројектовања три-банд филтарских структура. Детаљна и јасна објашњења као и велики број литерарних навода указују да је кандидаткиња и овај део докторске дисертације обрадила и представила на високом нивоу.

С обзиром на то да се неки од предложених филтара у докторској дисертацији базирају на Хилбертовој фракталној кривој, у поглављу **Фракталне криве** укратко су представљени основни појмови везани за фракталне криве са посебним освртом на Хилбертову фракталну криву.

У поглављима шест до девет представљени су научни доприноси дисертације, груписани на основу топологија предложених резонатора. Сви доприноси су верификовани и публикацијама у међународним часописима са импакт фактором.

У шестом поглављу, **Дуал-банд филтар са дуал-мод резонатором на бази 3-Д Хилбертове фракталне криве**, представљен је први од више научних доприноса докторске тезе - дуал-мод резонатор базиран на тродимензионалној Хилбертовој фракталној кривој. С обзиром на то да је ова структура реализована у LTCC у технологији, у првом делу поглавља представљена је LTCC технологија, њене особине као и поступак израде компоненти у LTCC технологији. У другом делу поглавља, на веома детаљан начин описан је начин рада резонатора и показано је да, захваљујући структури резонатора, постоје механизми који омогућавају независну контролу позиција резонантне учестаности основног и првог вишег хармоника. Стога је предложени резонатор идентификован као добар кандидат за реализацију дуал-банд филтара. Поред тога, због своје вишеслојне структуре, предложени резонатор је и веома компактан.

Поглавље **Дуал-банд филтри са дуал-мод резонатором на бази Хилбертове фракталне криве другог реда** посвећено је новом дуал-мод резонатору на бази дводимензионалне Хилбертове фракталне криве другог реда. Поред детаљног описа начина рада резонатора, показано је и на који начин се две резонантне учестаности могу независно контролисати. Реализована су два дуал-банд филтра која раде на учестаностима 2.4/3.5 GHz и која се карактеришу dobrим перформансама и малим димензијама.

У поглављу **Дуал-банд и три-банд филтри на бази  $\lambda/4$  резонатора** представљени су нови дуал-банд и три-банд филтри базирани на  $\lambda/4$  резонаторима. Предложени дуал-банд филтар састоји се од два пара савијених  $\lambda/4$  резонатора чиме је реализована веома компактна структура која се карактерише и одличним перформансама. Показано је и да се увођењем новог сегмента у структуру дуал-банд филтра може реализовати три-банд филтар који се такође карактерише малим димензијама и dobrим карактеристикама. Детаљно су анализирани принципи рада, а поступак пројектовања филтара објашњен је на веома јасан и прецизан начин. Предложени филтри показују значајно боље особине у односу на остале до сада публиковане дуал-банд, односно три-банд филтре што указује да ови филтри представљају значајан научни допринос.

У деветом поглављу, **Три-банд филтар базиран на Хилберт-форк резонатору**, представљене су нове три-банд структуре које су базиране на Хилберт-форк резонатору. Предложени резонатор састоји се од два дуал-мод резонатора. Коришћењем три нижа мода композитног резонатора реализовани су три-банд филтри пропусници и непропусници опсега за рад на учестаностима 2.4/3.5/5.2 GHz. Аналитичким објашњењима дат је веома јасан увид у начин рада резонатора. Такође, поступак пројектовања филтара објашњен је на веома јасан и прецизан начин. Предложени филтри се карактеришу бољим особинама у односу на друге публиковане филтре, стога предложене конфигурације представљају важан научни допринос у области мулти-банд микроталасних филтара.

Десето поглавље садржи завршне напомене и закључке. У њему је дат кратак преглед рада, формулисани су закључци у вези са предметом истраживања и постигнутих резултата и указано на правце даљих истраживања.

Два додатка која следе након десетог поглавља употпуњују приказ проблема који је анализиран у

докторској дисертацији.

Поглавље **Литература** садржи 197 литературних навода који су прегледно систематизовани. Коришћена литература је обимна, савремена и правилно одабрана према захтевима теме која се разматра.

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

### **M21 - Рад у врхунском међународном часопису**

N. Janković, V. Radonić, and V. Crnojević-Bengin, "Compact tri-band bandpass filter based on quarter-wavelength resonators," *J. Electromag. Waves Appl.*, vol. 27, no. 6, pp. 750-757, Apr. 2013.

N. Janković, R. Geschke, and V. Crnojević-Bengin, "Compact tri-band bandpass and bandstop filters based on Hilbert-fork resonators," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 23, no. 6, pp. 282-284, Jun. 2013.

### **M23 - Рад у међународном часопису**

N. Janković, V. Radonić, and V. Crnojević-Bengin, " Ultra-compact dual-band 3-D Hilbert resonator in LTCC technology", *J. Microelec., Elec. Compon. and Materials*, vol. 42, no. 3, pp. 137-143, Dec. 2012.

V. Crnojević-Bengin, K. Zamlyakov, N. Janković, and I. Vendik, "Dual-band bandpass filters based on dual-mode Hilbert fractal resonator," *Microw. and Opt. Tech. Letters*, vol. 55, no. 7, pp.1440-1443, Jul. 2013.

### **M31 - Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини**

R. Geschke, P. Meyer, B. Jokanović, V. Crnojević-Bengin, and N. Janković, " Microstrip filter topologies and circuit models for triple-band filters", *South African IEEE AP/MTT/EMC Conference*, 2011.

### **M33 - Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини**

V. Radonić, N. Janković, and V. Crnojević-Bengin, "Left-handed unit cell based on Hilbert grounded patch for multi-band filtering applications," *Proceedings of 9th Int. Conf. on Telecom., Modern Satellite, Cable, and Broadcast. Services*, 2009, pp. 146-150.

N. Janković, V. Radonić, R. H. Geschke, and V. Crnojević-Bengin, "A compact dual-band bandpass filter using folded quarter-wavelength resonators," *Proceedings of 42nd European Microwave Conference*, 2012, pp. 360-363.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Брз развој бежичних комуникационих система условио је потребу за сталним унапређивањем перформанси микроталасних кола и компонената, поготово за пројектовањем компоненти које истовремено раде на више произвољно одабраних учестаности. Мулти-банд филтри који су доступни у савременој литератури не карактеришу се истовремено и dobrим перформансама и малим димензијама, па постоји велика потреба за новим мулти-банд филтарским структурама које обједињују особине компактности и добрих филтарских карактеристика.

У оквиру докторске дисертације спроведена су истраживања која су за резултат дала пет нових конфигурација мулти-банд микроталасних филтара које се карактеришу и dobrим перформансама и компактним димензијама, чиме је дисертација на директан начин одговорила на захтеве које постављају савремени бежични системи.

Прва предложена конфигурација представља дуал-мод резонатор који је базиран на тродимензионалној Хилбертовој фракталној кривој. Предложени резонатор се састоји од четири

проводна и пет диелектричних слојева и у суштини представља конвенционални  $\lambda/2$  резонатор. Показано је да се променом дебљине диелектричних слојева позиције основног и првог вишег резонантног мода могу независно контролисати па предложени резонатор представља дуал-мод структуру. Тродимензионални Хилбертов резонатор искоришћен је за реализацију веома компактнoг дуал-банд филтра који са димензијама од само  $0.038\lambda_r \times 0.038\lambda_r \times 0.038\lambda_r$  представља најкомпактнији дуал-банд филтар реализован у вишеслојној архитектури. Поред тога, филтар показује и добре перформансе и одликује се независном контролом пропусних опсега.

Следећа предложена конфигурација представља дуал-мод резонатор који се састоји од две серијски повезане Хилбертове фракталне криве другог реда. Показано је да се, због специфичне конфигурације резонатора, позиције прва два резонантна мода могу независно контролисати. Коришћењем предложеног резонатора реализована су два дуал-банд филтра који раде на WLAN 2.4/3.5 GHz учестаностима. Филтри се карактеришу малим унесеним слабљењима, добром селективношћу и компактним димензијама. У односу на друге публиковане дуал-банд конфигурације предложени филтри имају сличне карактеристике, али имају и предност у виду једноставности кола које не захтева ни вишеслојну структуру ни коришћење виа.

Даље, применом савијених  $\lambda/4$  резонатора предложена је веома једноставна дуал-банд структура, која се састоји од два пара  $\lambda/4$  резонатора, односно од два сингл-банд филтра од којих сваки даје пропусни опсег на различитој учестаности. На основу предложене процедуре за пројектовање реализован је дуал-банд филтар који ради на учестаностима од 2.4/3.5 GHz. Поред малих унесених слабљења, филтар се карактерише и одличном селективношћу и могућношћу независне контроле пропусних опсега. Такође, филтар представља најмању до сада публиковану дуал-банд структуру која ради на учестаностима 2.4/3.5 GHz.

Увођењем новог проводног сегмента у структуру предложеног дуал-банд филтра формира се пар  $\lambda/2$  резонатора и на тај начин се формира и трећи пропусни опсег. На основу предложене процедуре реализован је три-банд филтар који ради на учестаностима 2.4/3.5/5.2 GHz. Филтар се карактерише малим унесеним слабљењима, одличном селективношћу и могућношћу независне контроле пропусних опсега. У односу на до сада публиковане три-банд филтре, предложени филтар је најкомпактнија три-банд структура која се уз то карактерише и одличним перформансама.

Као последња структура предложена је три-банд структура на бази новог Хилберт-форк резонатора. Хилберт-форк резонатор је мулти-мод резонатор који се састоји од два дуал-мод резонатора. Један резонатор има облик Хилбертове фракталне криве другог реда, док други резонатор има облик виљушке и позициониран је тако да попуњава неметализовани део Хилбертовог резонатора, резултујући на тај начин веома малим укупним димензијама резонатора. Коришћењем два мода Хилбертовог резонатора и нижег мода форк резонатора реализовани су три-банд филтри пропусници и непропусници опсега који раде на учестаностима 2.4/3.5/5.2 GHz. Предложени филтар пропусник опсега карактерише се изузетно добрим перформансама: у поређењу са другим три-банд филтрима показује значајно бољу селективност али и могућност независне контроле пропусних опсега. Уз то, предложена структура представља најкомпактнији планарни три-банд филтар публикован до данас. Предложен је и филтар непропусник опсега који се карактерише одличним перформансама и представља први предложени три-банд филтар непропусник опсега у литератури који ради на 2.4/3.5/5.2 GHz.

Разматрајући целокупну докторску дисертацију, Комисија је закључила да она својим садржајем, постигнутим резултатима и закључцима превазилази све критеријуме који се постављају пред докторску дисертацију те да представља оригиналан научни допринос од значаја у области микроталасне електронике.

## VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат Николина Јанковић у целости је обавила истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави докторске дисертације. Резултати дисертације проистекли су из обимних и детаљних истраживања у области пасивних микроталасних филтара. Бројни резултати истраживања приказани су јасно и прегледно. Тумачењем добијених резултата и њиховим поређењем са резултатима других аутора изведени су одговарајући закључци, који пружају корисне информације и за будућа истраживања у области микроталасних филтара.

## IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

- Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
Докторска дисертација у потпуности је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
- Да ли дисертација садржи све битне елементе  
Дисертација садржи оригиналне научне доприносе као и све елементе потребне за разумевање обрађене тематике и добијених резултата. Дат је обиман преглед литературе, а резултати истраживања су приказани и тумачени на одговарајући начин.
- По чему је дисертација оригиналан допринос науци  
У овој докторској дисертацији приказани су резултати истраживања у области микроталасних мулти-банд филтара. Микроталасни мулти-банд филтри су веома актуелна тема последњих година, али се до сада публиковани филтри не одликују истовремено добрим перформансама, малим димензијама и могућношћу независне контроле пропусних опсега, што јесте крајњи захтев који се пред такве филтре поставља.  
У овој докторској тези представљено је чак пет нових конфигурација мулти-банд филтара, од чега три конфигурације представљају дуал-банд филтре, док две конфигурације представљају три-банд филтре. Предложени филтри се карактеришу одличним перформансама али и компактношћу и могућношћу независне контроле пропусних опсега што представља значајно побољшање у односу на до сада публиковане мулти-банд филтре.  
Оригинални резултати из области коју обухвата ова дисертација објављени су у међународним научним часописима са импакт фактором и саопштени на међународним скуповима, чиме се даље потврђује да докторска дисертација представља оригиналан допринос науци.
- Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
Дисертација нема битне недостатке који утичу на резултате истраживања.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација кандидата Николине Јанковић, под насловом „Микроталасни филтри са више независно контролисаних пропусних опсега реализовани у микрострип архитектури“ прихвати, а кандидату одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

председник комисије  
др Горан Стојановић,  
ванредни професор,  
Факултет техничких наука Нови Сад

---

члан комисије  
др Вера Марковић,  
редовни професор,  
Електронски факултет Ниш

---

члан комисије  
др Алекса Зејак,  
научни саветник,  
Институт РТ-РК Нови Сад, Нови Сад

---

члан комисије  
др Братислав Миловановић,  
редовни професор,  
Електронски факултет Ниш

---

ментор-члан  
др Весна Црнојевић-Бенгин,  
ванредни професор,  
Факултет техничких наука Нови Сад

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.