

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Дејана М. Миљановића, дипл. инж. електротехнике за израду докторске дисертације „Микроталасни филтри са квази-концентрисаним елементима”

Одлуком 181/1 бр. од 12.02.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Дејана М. Миљановића, дипл. инж. електротехнике за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Микроталасни филтри са квази-концентрисаним елементима”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Дејан М. Миљановић рођен је 3. јануара 1977. године у Добоју, Босна и Херцеговина. Ожењен је и отац једног детета. Основну и средњу школу је завршио у Добоју са одличним успехом. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписује школске 1995/96. године, а због одслужења војног рока у Бања Луци студирање почиње школске 1996/97. године. Дипломирао је на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику 2001. године, са просечном оценом 8,14. Дипломски рад, из области дигиталног преноса информација, под насловом „Вероватноћа грешке код 2DPSK са фазним шумом“ одбранио је са оценом 10. Ментор дипломског рада био је проф. др Душан Драјић.

Од 2002. године до данас запослен је у Телекому Српске, ИЈ Добој, Босна и Херцеговина. Радио је у Служби преносних система као инжењер, а од 2005. године као шеф Службе. Стручни послови на којима ради обухватају имплементацију, надзор и управљање преносним системима и базним станицама мобилне телефоније, укључујући SDH, DWDM, бежичне преносне системе различитих капацитета и бежичне мреже за приступ. Активности укључују реализацију преносних линкова, тестирање перформанси линкова, оптимизацију и модификацију преносне мреже, неопходне надоградње хардвера и софтвера, и отклањање могућих сметњи. Анализира перформансе и сигурност преносних система и сервиса, реализује неопходне мере за побољшање и оптимизацију мреже. Као део тима Телекома Српске учествовао је у пројекту имплементације мобилне телефоније треће генерације. Учествоје у изради годишњих инвестиционих планова за развој транспортне мреже. Организује рад Службе, контролише извршавање послова, израђује планове одржавања, обавља надзор при извођењу радова на изградњи нових система, предлаже техничка решења,

обавља контакт са трећим лицима, учествује у техничким пријемима изграђених ТК капацитета.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Постдипломске студије уписао је школске 2002/03. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, Одсек за телекомуникације, где је положио све испите предвиђене планом и програмом постдипломских студија. Магистарски рад, из области дигиталног преноса информација, под називом „Једно решење заштите VoIP сервиса” одбранио је 2008. године. Ментор магистарског рада био је проф. др Гроздан Петровић. Током магистарских студија објавио је један рад на домаћој конференцији Телфор. Тема магистарског рада је уско повезана са облашћу са којом се бави фирма у којој је кандидат запослен. Резултат рада је жеља да се анализирају и прикажу потенцијални проблеми VoIP сервиса који се могу очекивати у будућности као и да се предложи начини за адекватну заштиту. Магистарски рад садржи 124 стране и организован је у девет поглавља. У раду су описане методе криптографије које се користе, сигурносни протоколи и механизми заштите. Презентовани су протоколи који се најчешће користе за мултимедијалну комуникацију и то H.323 и SIP. Извршена је квантитативна анализа утицаја сигурносних механизма на повећање заглавља пакета и времена процесирања. На усвојеном моделу предложен је начин заштите који ће пружити потребну заштиту сервиса. Сprovedена је квантитативна анализа утицаја сигурносних механизма на перформансе система. На крају је на основу топологије и структуре мреже у Телекому Српске предложен начин примене сигурносних механизма за заштиту VoIP сервиса. У раду је наглашена проблематика везана за сигурно коришћење VoIP сервиса, а резултати рада су примењиви и у ширем смислу за мултимедијалне сервисе и комуникационе системе генерално.

Предложена тема докторске дисертације, кандидата мр Дејана М. Миљановића, припада области RF и микроталасне технике која је ослонац савремених бежичних приступних мрежа, радио-релејних система и мобилне телефоније. Микроталасна кола и подсистеми представљају основ комуникационе инфраструктуре, од чије реализације директно зависе перформансе комплетних комуникационих система, поузданост, квалитет и енергетска ефикасност. Током овог истраживања кандидат је објавио следеће радове:

Радови саопштени на међународним научним скуповима (M30):

- [1.1] Miljanović D., Potrebić M., Tošić D., Stamenković Z.: *Feeder Realization for Quasi-lumped Multilayer Resonators with Low Q-factor*, - Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Electronics, Control & Signal Processing CSECS '12, Montreux, Switzerland, December 29-31, 2012., pp. 63-68. (M33)
- [1.2] Miljanović D., Potrebić M., Tošić D. V.: *Q-factor of Quasi-lumped Multilayer Resonator with Inductive Feeder*, - Proceedings of the 20th Telecommunications forum TELFOR 2012, Belgrade, Serbia, Nov. 20-22, 2012, pp. 1139–1142. (M33)

Радови саопштени на домаћим научним скуповима (M60):

- [1.3] Miljanović D. M., Potrebić M. M., Tošić D. V.: *Multilayer Technology Bandpass Filter with Capacitive Coupled Feeder*, - Proceedings of the 12th International Scientific-Professional Symposium INFOTEH-JAHORINA 2013, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Mar. 20-22, 2013, prihvaćen rad. (M63)
- [1.4] Мирковић Ђ., Миљановић Д., Потребић М., Тошић Д. В.: *Моделовање микроталасног филтра са квази-концентрисаним резонаторима у софтверу WIPL-D*, - Зборник 56. конф. ЕТРАН, Златибор, Србија, 11–14 јун, 2012., МТ2.6., стр. 1-4. (M63)
- [1.5] Миљановић Д.: *Сигурност VoIP-а: опасности, мјере и рјешења*, - Зборник радова 14. конференције ТЕЛФОР 2006, Београд, Србија, 21-23 новембар 2006., стр. 103-106. (M63)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства кандидата Дејана М. Миљановића, Комисија је стекла увид у способност кандидата за научно-истраживачки рад, као и његове 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 опсега реализовани помоћу квази-концентрисаних микроталасних елемената, а имплементирани у вишеслојној штампаној техници.

Циљ истраживања је реализација микроталасног филтра са спрегнутим резонаторима који има боље карактеристике у односу на карактеристике одговарајућих микроталасних филтара објављених у доступној отвореној литератури. Критеријуми за поређења карактеристика филтара укључују заузеће штампане плочице (footprint), релативну ширину пропусног опсега, селективност амплитудске карактеристике, унето слабење и потискивање нежељених пропусних опсега.

Предложена тема докторске дисертације припада актуелној и значајној области микроталасне технике. Последњих година, ова проблематика добија нови замањ услед све већих захтева за минијатуризацијом микроталасних склопова који постају саставни део већине бежичних уређаја, односно микроталасних радио система. Микроталасни филтри чине неизоставан део ових система, а реализација у вишеслојној техници је један од одговора на захтеве за минијатуризацијом.

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 две релевантне монографије. Једна монографија приказује напредне поступке пројектовања микроталасних филтара (P. Jarty and J. Beneat, *Advanced design Techniques and Realizations of Microwave and RF Filters*. NJ: Wiley, 2008), док друга даје преглед савремених реализација микроталасних филтара имплементираних као планарне штампане структуре (J.-S. Hong, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. Hoboken, NJ: Wiley, 2011).

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

- [2.1] Lin S.-C., Wang C.-H., Chen C. H.: *Novel Patch-Via-Spiral Resonators for the Development of Miniaturized Bandpass Filters With Transmission Zeros*, - IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique, Vol. 55, No. 1, 2007, pp. 137-146.
- [2.2] Chen C.-H., Huang C.-H., Horng T.-S., Wu S.-M., Li J.-Y., Chen C.-C., Chiu C.-T.: *Very Compact Stacked LC Resonator-Based Bandpass Filters With a Novel approach to Tune the Transmission Zeros*, - IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 19, No. 5, 2009, pp. 293-295.
- [2.3] Тошић Д. В., Потребич М.: *Compact Multilayer Bandpass Filter with Modified Hairpin Resonators*, - Journal of Microelectronics, Electronic Components and Materials, Vol. 42, No. 2, 2012, pp. 123-130.
- [2.4] Потребич М., Тошић Д. В.: *A Novel Design of a Compact Multilayer Resonator Using Double-Sided Microstrip*, - Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications, Vol. 6, No. 3-4, 2012, pp. 441-445.
- [2.5] Swanson D. G.: *Narrow-Band Microwave Filter Design*, - IEEE Microwave Magazine, Vol. 8, No. 5, 2007, pp. 105-114.

У истраживању [2.1] приказан је могући правац минијатуризације резонатора, док је у [2.2] дат наставак истраживања вишеслојних штампаних резонатора. Из анализе радова [2.1] и

[2.2] уочени су могући правци даљег истраживања који би обухватили већу флексибилност при реализацији вишеслојног штампаног резонатора. У раду [2.3] изложена је реализација филтра која користи вишеслојну штампану технику и оставља могућност за реализацију квази-концентрисаних резонатора у вишеслојној техници користећи развијени метод пројектовања филтра. Нова реализација вишеслојног штампаног резонатора [2.4], утемељена на методу пројектовања филтра описаног у [2.3], отвара нове могућности реализације вишеслојних штампаних резонатора и филтара, које ће бити испитане у оквиру ове докторске дисертације. У [2.5] је изложен општи метод синтезе филтара посредством коефицијената спрега резонатора и фактора добротe оптерећених резонатора.

Општи библиографски извори, који ће бити коришћени у овој дисертацији, а описују поступак анализе и синтезе микроталасних пасивних кола, укључујући и микроталасне филтре су:

- [2.6] I. J. Bahl, *Lumped Elements for RF and Microwave Circuits*. Norwood, MA: Artech House, 2003.
- [2.7] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed. New York: Wiley, 2012.
- [2.8] R. E. Collin, *Foundations For Microwave Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1992.
- [2.9] N. Kinayman and M. I. Aksun, *Modern Microwave Circuits*. Norwood: Artech House, 2005.
- [2.10] M. D. Lutovac, D. V. Tošić, and B. L. Evans, *Filter Design for Signal Processing using MATLAB and Mathematica*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.
- [2.11] G. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures*. New York: McGraw-Hill, 1964.

3. Полазне хипотезе

У овој докторској дисертацији кренуће се од основне претпоставке да вишеслојна реализација треба да допринесе минијатуризацији са једне стране резонатора, а са друге стране целог филтра, уз очување или побољшавање карактеристика филтра. Вишеслојна реализација подразумева коришћење две микротракасте структуре спојене масама. У овом истраживању полази се од следећих претпоставки (хипотеза):

- 1) Увођењем вишеслојне штампане технике распоред квази-концентрисаних елемената резонатора није ограничен само на једну раван, већ се оставља већи степен слободе при пројектовању и распореду елемената на штампаној плочици. Претпоставка је да се калем и кондензатор штампају на супротним странама диелектричких слојева, а да се заједничка маса налази у средини структуре. Идеја је да се елементи повезују вијом и да се испита утицај положаја вије и могућа имплементација редног и паралелног резонатора.
- 2) Очекује се, на основу наведених библиографских извора, да постоји реализација штампаног калема и кондензатора која је оптимална са гледишта минијатуризације.
- 3) У циљу подешавања фактора добротe оптерећеног резонатора у што ширем опсегу вредности претпоставља се да постоји оптималан начин реализације спреге уводника и резонатора. Идеја је да се размотри капацитивна и кондукциона спрега. Код капацитивне спреге постоје два случаја: спрега преко процепа и интердигитална спрега. У циљу минијатуризације, очекује се да се решење може наћи спрезањем уводника са калемом или кондензатором резонатора.
- 4) Да би се установио опсег коефицијената спрега, тј. могућност реализације ужег и ширег пропусног опсега филтра, за два квази-концентрисана резонатора претпоставља се да постоји оптималан начин у случајевима кад се калемови два резонатора налазе са исте стране у односу на проводну раван и случај кад се са једне стране налази калем првог и кондензатор другог резонатора.

- 5) Претпоставка је да се помоћу предложеног вишеслојног резонатора могу реализовати филтри уског и ширег пропусног опсега.
- 6) На основу истраживања наведених у библиографским изворима за филтре другог реда претпоставља се да постоји могућност реализације са и без додатних нула функције преноса и могућност подешавања селективности.
- 7) Претпоставља се да је могуће направити моделе предложених реализација на нивоу микроталасног кола и заменске шеме са концентрисаним елементима што би требало да омогући флексибилност оптимизације параметра резонатора без захтевних тродимензионалних електромагнетских симулација вишеслојне структуре.

4. Научне методе истраживања

У овом истраживању издвојени су следећи општи методи пројектовања микроталасних филтра.

- 1) Пројектовање микроталасних филтра са спрегнутим резонаторима помоћу импедансних инвертора и импеданси које нису у спрези.
- 2) Општа теорија синтезе филтара посредством коефицијената спрега резонатора, фактора добротe оптерећених резонатора и централне учестаности филтра, која омогућава да се нађу све потребне геометријске димензије филтра без обзира на циљну технологију имплементације (Dishal-ов метод).
- 3) Испитивање перформанси филтра на основу симулационог модела у облику микроталасног кола у софтверском алату као што је AWR Microwave Office.
- 4) Симулација структуре филтра у софтверском алату за прецизну тродимензионалну електромагнетску симулацију (3D EM), као што је WIPL-D Professional.
- 5) Оптимизација и подешавање симулационих модела филтра у циљу задовољења спецификација филтра.
- 6) Експериментална верификација пројектованог филтра мерењем на фабрикованом лабораторијском прототипу. Затим, на основу експерименталних резултата треба кориговати предложене моделе и ако је потребно извршити још једну контролну фабрикацију пројектованог оптималног филтра.

У вези са остваривањем предвиђених истраживања, очекује се развој новог метода пројектовања једне класе микроталасних филтара у вишеслојној штампаној техници. Метода треба да укључи све релевантне резултате из наведених библиографских извора и унапреди постојеће, укључујући нову реализацију квази-концентрисаног резонатора, као основне градивне јединице филтра.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани допринос докторске дисертације је нов метод пројектовања микроталасних филтара пропусника опсега учестаности са спрегнутим квази-концентрисаним резонаторима, који су имплементирани у вишеслојној штампаној техници, а који имају боље карактеристике у односу на карактеристике објављене у отвореној доступној литератури, сходно критеријумима поређења који укључују заузеће штампане плочице (footprint), релативну ширину пропусног опсега, селективност амплитудске карактеристике, унето слабљење и потискивање нежељених пропусних опсега.

Као додатни допринос, у циљу верификације предложеног метода, треба развити алгоритам за реализацију вишеслојног штампаног резонатора са квази-концентрисаним елементима и могући оптимални начин реализације спреге уводника са резонатором да би се задовољиле спецификације.

Такође, као додатни допринос, за експерименталну верификацију, потребно је направити лабораторијски прототип и мерењем потврдити очекиване карактеристике резонатора и филтра.

Предложени метод, као исход овог истраживања, може имати практичну примену за реализацију филтара као саставног дела савремених комуникационих системима 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 са спрегнутим резонаторима и импедансним инверторима, као и општу теорију синтезе филтара посредством коефицијената спрега, фактора добротe оптерећених резонатора и централне учестаности филтра.
- 2) Преглед најновијих истраживања из области реализације резонатора и филтара помоћу квази-концентрисаних елемената, датих у наведеним монографијама и часописима.
- 3) Преглед најновијих имплементација у циљним технологијама са којима ће бити поређени експериментални резултати добијени током истраживања у поступку израде наведене тезе.
- 4) Истраживање могућности развоја нових структура за имплементацију микроталасних филтара у вишеслојној техници у односу на резултате објављене у доступној отвореној литератури.
- 5) Развој новог резонатора у вешеслојној техници коришћењем квази-концентрисаних елемената.
- 6) Истраживање комбинаторног простора реализације оптерећеног резонатора у циљу остварења фактора добротe у што ширем опсегу вредности, као и реализација филтра са ужим и ширим пропусним опсегом у зависности од распореда елемената резонатора (штампаног калема и кондензатора).
- 7) Предлог нове реализације филтара са предложеним резонаторима у циљу поступка минијатуризације.
- 8) Установљавање модела резонатора и филтра на нивоу микроталасног кола и тродимензионалне електромагнетске структуре. Истраживање перформанси резонатора и филтра рачунарском симулацијом.
- 9) Развој метода за пројектовање микроталасних филтара пропусника опсега учестаности са спрегнутим квази-концентрисаним резонаторима, као и развој алгоритма за реализацију вишеслојног штампаног резонатора.
- 10) Израда лабораторијског прототипа пројектованог оптималног филтра и експериментална верификација мерењем на фабрикованом лабораторијском прототипу.
- 11) Упоредна анализа карактеристика предложених нових реализација филтара и реализација објављених у отвореној доступној литератури.
- 12) Препознавање и установљавање могућих даљих праваца истраживања.

Структура предложене тезе пратиће наведене фазе истраживања. Поред уводног прегледа основних теорија пројектовања микроталасних филтра, централни део рада садржаће приказ развоја вишеслојног резонатора са једне стране, а са друге стране могуће реализације филтара пропусника опсега у циљу минијатуризације уз очување задатих спецификација. 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 **мр Дејан Миљановић**, 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 ужој научној области **Електромагнетике, антена и микроталаса** 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 мр Дејану Миљановићу под насловом

„Микроталасни филтри са квази-концентрисаним елементима”.

У Београду, 28. фебруара 2013. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Доцент. др Милка Потребих,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

.....
Проф. др Дејан В. Тошић,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

.....
Проф. др Злата Цветковић,
Електронски факултет Универзитета у Нишу

.....
Проф. др Бранко Колунџија,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

.....
Проф. др Мирослав Лутовац,
Универзитет Сингидунум, Београд