

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет
15. фебруар 2023. године

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Јоване Петровић

Одлуком бр. 119 од 25.01.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидаткиње Јоване Петровић (рођене Перовић) под насловом

Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

14.10.2016. године Јована Петровић уписала је докторске академске студије Електротехнике и рачунарства, модул Микроталасна техника, на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. На докторским студијама положила је све испите са просечном оценом 10,00.

29.5.2019. године Јована Петровић пријавила је тему за израду докторске дисертације под радним називом „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“.

4.6.2019. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације упутила је Наставно-научном већу Електротехничког факултета на усвајање.

11.6.2019. године на 841. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5012/16-1 од 21.6.2019.) у саставу:

- др Милан Илић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Ненад Цветковић, ванредни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет,
- и
- др Предраг Иваниш, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

За ментора је предложен

- др Драган Олћан, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

3.7.2019. године обављена је јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред Комисијом у саставу:

- др Милан Илић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Ненад Цветковић, ванредни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет и
- др Предраг Иваниш, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На одбрани су били присутни сви чланови Комисије. Комисија је закључила да је кандидаткиња добила оцену „задовољна“.

17.9.2019. године на 843. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета усвојило је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5012/16-2 од 17.09.2019. године).

28.10.2019. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност за предлог теме докторске дисертације Јоване Петровић под насловом „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“ (Одлука бр. 61206-4337/2-19 од 28.10.2019. године).

23.12.2022. године Јована Петровић је предала на преглед и оцену докторску дисертацију под насловом „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“.

10.1.2023. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

17.1.2023. године на 882. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (Одлука бр. 119 од 25.01.2023. године) у саставу:

- др Милан Илић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Ненад Цветковић, ванредни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет,
- др Предраг Иваниш, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Антоније Ђорђевић, редовни члан Српске академије наука и уметности и
- др Бранко Колунџија, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“ кандидаткиње Јоване Петровић припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа научна област Електромагнетика, антене и микроталаси, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. Ментор докторске дисертације је др Драган Олћан, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јована (Горан) Петровић (рођена Перовић) рођена је 1992. године. Основну школу и гимназију завршила је у Краљеву као носилац Вукове дипломе. На Електротехничком факултету у Београду дипломирала је 01.07.2015. године са просечном оценом 9,87. Мастер академске студије на истом факултету завршила је 05.09.2016. године са просечном оценом 10. Докторске академске студије уписала је 2016. године. На докторским студијама положила је све испите са оценом 10. Мастер рад „Слабљење електромагнетских таласа у стохастичким срединама“ добио је другу Пупинову награду Матице српске.

Од 01.02.2016. године запослена је на Електротехничком факултету као сарадник у настави, а од 01.02.2017. године као асистент. На Катедри за општу електротехнику ангажована је на предметима Основи електротехнике 1 и 2, Лабораторијске вежбе из Основа електротехнике, Микроталасна техника, Инжењерски оптимизациони алгоритми и Основни оптимизациони алгоритми у инжењерству. Учесник је пројекта Министарства за науку и технолошки развој „Алгоритми и софтвери за симулацију у фреквенцијском и временском домену РФ подсистема и електромагнетских сензора у ИКТ“, пројекта Фонда за науку у оквиру Програма сарадње српске науке са дијаспором „Оптимизациони алгоритми за анализу електромагнетског зрачења“ и пројекта Фонда САНУ за истраживања у науци и уметности „Мерење особина диелектрика при РФ и микроталасним учестаностима“.

Коаутор је три рада публикована у часописима са међународним значајем (два категорије M21 и једног категорије M22), једног рада публикованог у националном часопису међународног значаја (категирије M24) и једног рада публикованог у истакнутом националном часопису (категирије M52), десет саопштења са међународних скупова штампаних у целини (M33), три саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34) и једног саопштења са скупа националног значаја штампаног у целини (M63).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“ написана је на српском језику на 136 страна. Садржи 5 поглавља, 6 табела, 73 слике, 157 једначина и листу од 123 референце.

Наслови појединачних поглавља дисертације су:

1. Увод,
2. Метод момената,
3. Дводимензионални проблеми,
4. Ротационо симетричне метало-диелектричне структуре,
5. Закључак и
6. Списак литературе.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **првом поглављу** дате су уводне информације о нумеричкој анализи заснованој на методу момената, њеној примени, као и најчешћим проблемима. Детаљно је описана поставка проблема који су били главни предмет истраживања представљеног у овој дисертацији. Затим, представљени су главни доприноси истраживања, као и списак радова на којима је кандидаткиња коаутор и који те доприносе верификује. Прво поглавље се завршава описом структуре дисертације.

У **другом поглављу** дат је кратак увод у решавање система Максвелових једначина у општем случају. Најпре су представљене Максвелове једначине у свом основном облику, у временском и комплексном (фреквенцијском) домену. Затим су уведени магнетски извори поља (струје и наелектрисања), након чега су Максвелове једначине и формално проширене магнетским изворима поља. Показано је како се поменути систем једначина може

трансформисати тако да су густине струја непознате величине. Затим је дат кратак осврт на теорему површинске еквиваленције, која је коришћена при решавању електромагнетских проблема у овој дисертацији. Уведене су апроксимације густина површинских струја, а затим је илустровано како се из система Максвелових једначина, у случају структура које садрже само металне сегменте, долази до система линеарних једначина, чије су решење коефицијенти у апроксимацијама струја. Слично је урађено и за метало-диелектричне структуре.

Дводимензионални проблеми, предлог поступка њихове анализе са високом тачношћу, као и геометрија анализираних структура приказани су у **трећем поглављу**. Дати су изрази за расејано поље у конкретним проблемима, након чега је дискутован избор базисних и тежинских функција. За базисне функције изабрани су ортогонални полиноми, и то у највећем броју проблема у овој дисертацији Лежандрови полиноми, док су за тежинске функције изабрани Диракови (делта) импулси, тј. коришћено је подешавање у тачкама. Како је при формирању система линеарних једначина рачунски најзахтевнији задатак рачунање елемената матрице система, тј. интеграла са сингуларним подинтегралним функцијама, представљена је основна идеја поништавања ових сингуларитета увођењем погодних смена са одређеним особинама. Доказано је да предложене смене заиста поништавају сингуларитете који се срећу у електромагнетској анализи 2-D проблема. Након што су смене уведене, интеграл се могу израчунати са високом тачношћу користећи се стандардном Гаус-Лежандровом нумеричком интеграцијом. Оптималним подешавањем параметара смена могуће је смањити број потребних интеграционих тачака за максималну тачност. За једну од смена (смену са експоненцијалним чланом) приказана је додатна анализа која се пре свега односи на процену броја потребних интеграционих тачака за интеграцију са високом тачношћу. Описане су и оптимизације које су имале за циљ смањење потребног броја интеграционих тачака за интеграцију са високом тачношћу. На основу великог броја спроведених нумеричких експеримената, параметри једне од предложених смена (смене са тангенсом), као и потребан број интеграционих тачака за интеграцију са високом тачношћу, апроксимирани су аналитичким формулама које зависе само од електричне ширине анализираних 2-D структура. Тиме је предложена аутоматска процедура за интеграцију са високом тачношћу. Аналитички изрази верификовани су на примерима структура које нису биле у нумеричким експериментима на основу којих су аналитичке формуле изведене. Крајњи циљ нумеричке анализе 2-D расејача био је одређивање густина површинских струја на испитиваним структурама. Да би добијени резултати били проверени, упоређени су са резултатима комерцијалног софтвера. Коначно, поглавље је закључено дискусијом о избору базисних функција у апроксимацијама струја при анализи 2-D структура.

Нумеричка анализа са високом тачношћу 3-D структура са ротационом симетријом (енглески: bodies of revolution, скраћено: BoR) представљена је у **четвртном поглављу**. Мотивација нумеричке електромагнетске анализе поменутих структура, које су састављене делом од металних, делом од део-по-део хомогених диелектричних елемената, је издвајање диелектричних параметара немагнетских материјала. Описани су геометрија основног елемента структуре, одговарајући локални координатни систем, као и величине које карактеришу тај елемент. Дат је кратак преглед коришћене побуде у нумеричким моделима, конкретно ТЕМ прстена магнетских струја. Једна од предности анализе ротационо симетричних у односу на општи случај 3-D структура је што се густине површинских струја могу представити као функције само једне координате, што је искоришћено при увођењу облика апроксимација густина електричних и магнетских струја. Систем Максвелових једначина је, увођењем апроксимација и тестирањем тежинским функцијама, трансформисан у систем линеарних једначина, а све посебности и погодности због ротационе симетрије проблема су истакнуте у дисертацији. Како се и у овим проблемима појављују сингуларитети у подинтегралним функцијама при формирању система линеарних једначина, од којих су неки другачији у односу на сингуларитете у претходно анализираним 2-D проблемима, то је потребно њима се посебно позабавити у циљу добијања електромагнетског решења са

високом тачношћу. Предложена је смена након које се интегрални, са којима се срећемо при нумеричкој анализи ротационо симетричних структура, могу израчунати са високом тачношћу. Описана је хардверска поставка експеримента за издвајање диелектричних параметара материјала, коју чине месингана ротационо симетрична комора, у коју се може убацили узорак материјала. Затим је представљен нумерички модел коморе, који се заснива на анализи, са високом тачношћу, ротационо симетричних структура. Параметри модела и његове нумеричке анализе подешени су тако да тачност израчунатог комплексног коефицијента рефлексије буде већа од тачности измереног комплексног коефицијента рефлексије. У завршном делу овог поглавља приказани су издвојени диелектрични параметри узорка тefлона, као и материјала Rogers 4350В и FR-4.

Закључак дисертације дат је у **петом поглављу**.

На крају је дат и списак литературе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Електромагнетска анализа (ЕМ) теоријски бесконачно дугачких структура, тј. 2-D ЕМ анализа, важна је у многим теоријским и практичним разматрањима. Најчешће се користи у анализи рефлектованог и трансмитованог таласа, као и у анализи водова.

Иако су за неке електромагнетске проблеме позната аналитичка решења, метод момената је у широкој употреби за проналажење нумеричких решења различитих структура. Непознате површинске струје се апроксимирају линеарном комбинацијом познатих функција базиса, а непознати коефицијенти развоја пронајде се нумеричким решавањем интегралних једначина.

Систем интегралних једначина може се свести на систем линеарних једначина подешавањем у тачкама, Галеркиновим или другим техникама. При формирању система линеарних једначина, потребно је решити интеграле чије су подинтегралне функције сингуларне или квазисингуларне, што представља посебан изазов.

Већина смена представљених у литератури односи се на сингуларитете из анализе 3-D структура, па се не могу директно применити на другачије сингуларитете који се срећу при анализи 2-D електромагнетских проблема. С друге стране, радови се углавном баве квазисингуларним подинтегралним функцијама, док се у ова дисертација бави правим сингуларитетима и рачунањем интеграла до максималне оствариве тачности на 64-битним рачунарима.

Други део дисертације посвећен је посебној класи 3-D структура које поседују ротациону (осну) симетрију, тј. ротационо симетричним структурама. Те структуре су предмет истраживања већ више од пола века, а значајне су због своје улоге у анализи коаксијалних система, радарских система, у геофизичким истраживањима и др. Мотивација за електромагнетску анализу ротационо симетричних структура у овој дисертацији произашла је из потребе за што тачнијим нумеричким моделом коморе коришћене за мерење релативне комплексне пермитивности немагнетских материјала.

У дисертацији су предложене смене захваљујући којим се сингуларни интегрални, који се срећу при нумеричкој анализи ротационо симетричних структура методом момената, могу израчунати до високе тачности. Као последица, тачност нумеричког модела коморе вишеструко превазилази тачност хардверске мерне поставке, чиме је горња учестаност на којој се могу издвојити диелектрични параметри померена дубоко у област микроталасних учестаности.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији су наведене 123 библиографске референце по редоследу појављивања у тексту. Један део референци цитиран је приликом теоријског увода у метод момената, а други приликом прегледа досадашњих резултата везаних за разматране проблеме. Приказана литература даје детаљан преглед досадашњих достигнућа у областима које покрива тема

дисертације. У оквиру литературе наведени су и коауторски радови кандидаткиње публиковани у часописима и на конференцијама, а у којима су објављени неки од значајнијих резултата из ове дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања представљеног у овој дисертацији спроведена је у неколико фаза.

- Прва фаза обухватала је прикупљање и теоријску анализу постојећих знања из уџбеника и научних часописа који се баве нумеричком и примењеном електромагнетиком, као и оптимизационим алгоритмима. Кроз ову фазу кандидаткиња је стекла увид у проблематику којом се бави дисертација и идентификовала отворене проблеме.
- Друга фаза била је теоријска анализа прикупљених знања, сагледавање проблема и постављање хипотеза. Установљено је да су најчешћи приступи за рачунање сингуларних интеграла који се срећу при анализи методом момената екстракција (издвајање) и поништавање сингуларитета. При томе се већина публикованих решења односи на сингуларитете који се срећу при 3-D анализи, а која се не могу директно применити на 2-D проблеме. Додатно, решења се углавном односе на конкретан облик сегмента структуре. Такође, највећи сегмент структуре при анализи функцијама базиса вишег реда ограничен је највећим редом базисне функције за који се интеграл могу израчунати са потребном тачношћу. За истраживање у овој дисертацији предложене су смене за које је претпостављено да поништавају сингуларитете који се срећу при 2-D анализи методом момената, након којих се, применом стандардних нумеричких метода попут Гаус-Лежандрове интеграције, интеграл могу израчунати са високом тачношћу. Постављена је и хипотеза да се, коришћењем предложених смена при нумеричкој анализи методом момената, максималан ред апроксимација густина струја може значајно повећати. На тај начин електрична дужина највећег сегмента структуре, односно највећег елемента при целодоменској анализи, може бити значајно повећана. Додатно су разматране и 3-D структуре са ротационом (осном) симетријом. Захваљујући ротационој симетрији, густине струја на елементима структуре могу се представити као функција само једне координате. Тиме је овај проблем у математичком смислу сличан проблему анализе 2-D структура. Циљ овог дела истраживања био је направити што тачнији нумерички модел коморе за мерење диелектричних параметара, а која поседује ротациону симетрију. Претпостављено је да ће тачнијим нумеричким моделом коморе горња граница учестаности мерења бити повећана.
- Трећа фаза истраживања била је поставка нумеричких експеримената за проверу постављених хипотеза. У оквиру ове фазе систематично је спроведен велики број нумеричких експеримената коришћењем доступних рачунара. Разматране су побуде трансверзалним електричним и трансверзалним магнетским униформним равним таласом, траке различитих облика попречних пресека и великог опсега електричних ширина, односно ротационо симетричне структуре различитих облика и димензија.
- Четврта фаза истраживања обухватала је анализу тачности интеграла, компаративну анализу апроксимација струја за различите функције базиса и поређење са комерцијалним методама. Тачност интеграла испитана је упоређивањем резултата добијеног нумеричком интеграцијом за два блиска броја интеграционих тачака. Из резултата је закључено да је, након коришћења смена, могуће остварити тачност блиску машинској. Висока тачност интеграла омогућила је целодоменску анализу 2-D структура до врло високих редова, односно електрички врло широких трака. Додатна провера резултата нумеричке анализе спроведена је упоређивањем апроксимација густина струја са резултатима добијеним комерцијалним софтвером. Показано је да су разлике у апроксимацијама око 1% и потичу од разлике у базисним функцијама. Наиме, у комерцијалном софтверу, који је коришћен за проверу, функције базиса биле су део-по-

део константне. Са друге стране, висока тачност интеграла омогућила је нумерички модел коморе за издвајање диелектричних параметара веће тачности него што је тачност самих мерења анализатором мрежа. На тај начин је горња гранична учестаност на којој се могу издвојити диелектрични параметри коришћењем коморе значајно повећана. Диелектрични параметри неких често коришћених материјала (тефлон, Rogers и FR-4) издвојени су коришћењем коморе и предложеног нумеричког модела. Најпре су векторским анализатором мрежа измерени улазни коефицијент рефлексије коморе у коју је смештен узорак материјала. Затим је израчуната вредност коефицијента рефлексије из нумеричког модела за претпостављене диелектричне параметре узорка. Упоредивањем измереног и израчунатог коефицијента рефлексије и финим подешавањем диелектричних параметара узорка у нумеричком моделу, издвојени су релативна пермитивност и тангенс угла губитака.

Примењена методологија у потпуности одговара проблемима који су решавани у докторској дисертацији, као и стандардима научно-истраживачког рада, а у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати изложени у овој дисертацији могу знатно повећати тачност и ефикасност нумеричке електромагнетске анализе како 2-D структура, тако и ротационо симетричних структура.

Целодоменска анализа са функцијама базиса вишег реда са интеграцијом високе тачности даје знатно боље решење од функција базиса нижег реда при истом броју непознатих. Захваљујући томе, поредећи анализе при истом броју непознатих, целодоменском апроксимацијом са интеграцијом високе тачности могу се анализирати електрички знатно веће структуре у односу на функције базиса нижег реда. Предложеном аутоматском процедуром за рачунање интеграла са високом тачношћу, могуће је анализирати 2-D структуре произвољних облика и поларизације инцидентног таласа.

Захваљујући високој тачности интеграла који се срећу при анализи 3-D структура, нумерички модел коморе за издвајање диелектричних параметара је унапређен, чиме је горња гранична учестаност мерења значајно повећана.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња Јована Петровић публиковала је најзначајније резултате из ове дисертације у два рада у часописима са SCI листе. Истраживање је захтевало теоријски увид у разматрану тему, систематичну поставку великог броја нумеричких експеримената и анализу добијених резултата. Доприноси дисертације потврђују способности кандидаткиње за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији су остварени следећи научни доприноси.

- Предложене су смене за које је теоријски и нумеричким експериментима доказано да поништавају сингуларитете који се срећу при електромагнетској анализи 2-D структура када се за апроксимацију густина струја користе полиноми као базисне функције. При томе, свака од предложених смена поништава све сингуларитете 2-D анализе, што значи да је довољно користити једну смену и у случају ТМ и ТЕ поларизације инцидентног таласа.

- Нумеричким експериментима потврђено је да се предложене смене могу ефикасно применити без обзира на облик попречног пресека траке, који може бити отворен и затворен, раван или врло закривљен.
- Спроведени су нумерички експерименти одређивања оптималних вредности параметара смена са циљем минимизације броја интеграционих тачака.
- Предложена је аутоматска процедура којом се сингуларни интегрални интегрални могу израчунати са врло високом тачношћу ако је позната само ширина траке, док су поларизација инцидентног таласа, као и облик траке произвољни.
- Висока тачност интеграције омогућила је коришћење функција базиса врло високог реда при целодоменској анализи. Максимална ширина траке за коју је спроведен нумерички експеримент рачунања сингуларног интеграла је $w = 16000 \lambda$, где је λ таласна дужина у слободном простору. При томе је ред базисне функције био 56000.
- У другом делу дисертације предложена је смена којом се интегрални који се срећу при анализи ротационо симетричних структура методом момената, након Галеркиновог тестирања, могу израчунати са високом тачношћу.
- Представљен је нумерички модел ротационо симетричне коморе за мерење диелектричних параметара материјала. Захваљујући предложеној смени, тачност резултата нумеричког модела већа је од тачности самих мерења, а модел је успешно коришћен при издвајању диелектричних параметара разних материјала.
- Развојем овог нумеричког модела значајно је повећана горња граница мерења параметара диелектрика доступном комором, са око 1 GHz на око 2,4 GHz.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси наведени у тачки 4.1 представљају унапређење научних знања доступних у литератури јер уводе нове смене којима се поништавају сингуларитети који се срећу при нумеричкој електромагнетској анализи методом момената. Након њихове примене се интегрални са сингуларним подинтегралним функцијама могу израчунати са високом тачношћу. Формулисана аутоматска процедура за интеграцију са високом тачношћу унапређује и поједностављује досадашње методе јер омогућава рачунање интеграла без обзира на облик елемента 2-D структуре и тип електромагнетског побудног таласа.

Претходни модел коморе за мерење диелектричних параметара био је квазистатички, док је горња гранична учестаност била 1 GHz. Предложени нумерички модел обезбеђује тачност већу од тачности мерења коморе анализатором мрежа, чиме је горња гранична учестаност померена дубоко у микроталасну област.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M21:

1. **J. G. Perovic**, D. I. Olcan, B. M. Kolundzija, and A. R. Djordjevic, "A singularity cancelation transformation for entire-domain analysis of 2-D structures with high-precision integration," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 67, no. 4, pp. 2522–2533, Apr. 2019, doi: 10.1109/TAP.2019.2891401.
2. **J. G. Petrovic**, D. I. Olcan, N. N. Obradovic, and A. R. Djordjevic, "High-precision method of moments applied to measurement of dielectric parameters at microwave frequencies," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, pp. 970–979, 2021, doi: 10.1109/TMTT.2021.3136294.

Категорија M33:

1. **J. G. Petrović** and D. I. Olcan, "Solving 4,000 wavelengths 2-D TM scatterer using entire-domain high-precision MoM," in *2021 IEEE International Symposium on Antennas and*

- Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting*, Marina Bay Sands, Singapore, Dec. 2021, pp. 1337–1338. doi: 10.1109/APS/URSI47566.2021.9703908
2. **J. G. Perovic** and D. I. Olcan, “An entire-domain analysis of 2-D structures with closed cross-sections using high-precision integration,” in *2019 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)*, Granada, Spain, Sep. 2019, pp. 0328–0330. doi: 10.1109/ICEAA.2019.8879086.
 3. **J. G. Perovic** and D. I. Olcan, “An entire-domain analysis of very large 2-D scatterers in TM mode using Gegenbauer polynomials,” in *2019 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting*, Atlanta, GA, USA, Jul. 2019, pp. 561–562, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2019.8888988.
 4. Dragan I. Olćan, **Jovana G. Perović**, Branko M. Kolundžija, Antonije R. Djordjević, “Recent advances in entire-domain analysis of 2-D structures using method of moments”, *2019 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)*, Granada, Spain, Sep. 2019, pp. 1111-1115, doi: 10.1109/ICEAA.2019.8879198
 5. D. Olcan, **J. Perovic**, A. Krneta and B. Kolundzija, “Accuracy of surface current approximation using Legendre polynomials for 2-D TM scattering”, *2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, Boston, MA, USA, July 2018, pp. 2435-2436, ISBN: 978-1-5386-7102-3, DOI: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8609322.
 6. D. I. Olcan and **J. G. Petrovic**, “Advances in entire-domain high-precision 2D method of moments analysis,” in *Proceedings of 15th International Conference on Applied Electromagnetics*, Nis, Serbia, 2021, pp. 19–22.

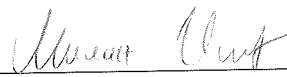
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ


Докторска дисертација „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“ кандидаткиње Јоване Петровић представља оригиналан научни допринос научној области Електротехника и рачунарство (ужа научна област Електромагнетика, антене и микроталаси). Дисертација садржи све елементе наведене у образложењу приликом пријаве теме и испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

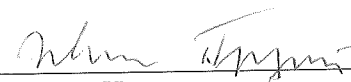
Докторска дисертација је написана на српском језику. Излагање је јасно и систематично. Резултати изложени у оквиру докторске дисертације имају и теоријски, и практичан значај. Кандидаткиња Јована Петровић је овим истраживањем показала научну зрелост и инжењерску способност и креативност, које потврђују спремност за самостални научно-истраживачки рад.

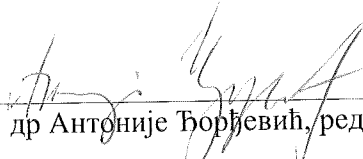
На основу свега наведеног Комисија констатује да су испуњени сви формални и суштински услови предвиђени Законом о високом образовању, Правилником о докторским студијама Универзитета у Београду, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија има задовољство да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Нумеричка електромагнетска анализа коришћењем метода момената са интеграцијом високе тачности (Numerical electromagnetic analysis using method of moments with high-precision integration)“ кандидаткиње Јоване Петровић прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.


ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Милан Илић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Ненад Цветковић, ванредни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет


др Предраг Иваниш, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Антоније Ђорђевић, редовни члан САНУ


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