

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена услова и прихватање теме докторске дисертације под насловом „Ефикасно рачунање Зомерфелдових интеграла у случају електрички великих структура у близини раздвојне површи две средине“ коју је пријавио кандидат **Никола Баста**, дипл. инж. електротехнике

Одлуком Електротехничког факултета у Београду бр. 5029/2014-1 од 19.7.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације под насловом „Ефикасно рачунање Зомерфелдових интеграла у случају електрички великих структура у близини раздвојне површи две средине“ коју је пријавио кандидат Никола Баста, дипл. инж. електротехнике.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата и Записника са јавне усмене одбране теме докторске дисертације кандидата, Комисија и предложени ментор подносе следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Никола Баста је рођен 27. априла 1983. године у Београду, где је завршио Основну школу “Дринка Павловић” као носилац Вукове дипломе и ученик генерације, и Прву београдску гимназију као носилац Вукове дипломе. Током основне школе и гимназије учествовао је на градским и републичким такмичењима из физике, математике и енглеског језика.

Електротехнички факултет у Београду уписао је 2002. године. У току студија, Никола Баста је 2006. као практикант провео шест недеља у компанији *European Testing Services* (ETS) у оквиру ESA-ESTEC истраживачког центра Европске свемирске агенције (ESA), Нордвајк, Холандија, радећи на различитим задацима подршке мерним лабораторијама из области акустике, термодинамике и примењене електромагнетике. Дипломирао је 27. марта 2008. године на Одсеку за телекомуникације, са просечном оценом 9,71, по петогодишњем студијском програму. Дипломски рад, „Линеарни и планарни низови прорезних антена у таласоводној техници“, одбранио је са оценом 10, а ментор рада је био др Бранко Колунџија.

Од 2008. до 2014. Никола Баста је био запослен у Немачком аеронаутичком и космичком центру (*German Aerospace Center - DLR*), као научни сарадник у Антенској групи Одељења за навигацију (NA) при Институту за телекомуникације и навигацију (IKN). У току шест година научног и истраживачког рада учествовао је на више немачких националних и међународних пројеката унутар којих се бавио анализом и развојем напредних антенских система за навигационе и телекомуникационе примене. Такође се бавио анализом антенских низова у временском домену.

Докторске студије на Смеру за микроталасну технику уписао је 24. октобра 2014. године. На докторским студијама положио је свих 10 предмета са просечном оценом 10,0.

Никола Баста је запослен на Катедри за општу електротехнику Електротехничког факултета Универзитета у Београду од 1. фебруара 2015. године. За асистента за ужу научну област Електромагнетика, антене и микроталаси изабран је 27. јануара 2015. године.

Никола Баста учествује у настави на више предмета на Електротехничком факултету у Београду. Држи вежбе на табли и лабораторијске вежбе на предметима Електромагнетика, Лабораторијске вежбе из Основа електротехнике, Антене и простирање и Микроталасна мерења.

Коаутор је 2 рада у врхунском међународном часопису (M21), 3 рада у истакнутом међународном часопису (M22), 2 рада у међународном часопису са импакт фактором (M23), 13 радова на конференцијама међународног значаја (M33) и 2 рада на конференцији националног значаја (M63).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Никола Баста је 24.10.2014. уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на Модулу за микроталасну технику. Током докторских студија је испунио све обавезе и положио све испите са оценом 10. Списак положених предмета и одрађених обавеза је дат у следећој табели.

<i>Назив испита или обавезе</i>	<i>Оцена</i>	<i>ЕПСБ бодови</i>
Обрада сигнала са микрофонских низова (13Д031ОСМ)	10	9
Метод момената у електромагнетици (13Д071ММЕ)	10	9
Електромагнетика (13Д071ЕМ)	10	9
Микроталасна техника (13Д071МТ)	10	9
Енглески језик (13Д091ЕЈ)	10	9
Специјалне функције (13Д081СФ)	10	6
Просторно - временска обрада сигнала (13Д031ПВО)	10	9
Микроталасна електроника (13Д071МЕ)	10	9
Анализа и синтеза антена (13Д071АСА)	10	9
Микроталасна пасивна кола (13Д071МПК)	10	9
Студијски истраживачки рад I		15
Студијски истраживачки рад II		15
Научно стручни рад		3

Активности по предметима су следеће.

- **Обрада сигнала са микрофонских низова:** проучавање литературе, консултације, похађање курса на мастер студијама Антенски низови у телекомуникационим системима, рачунарско решавање практичних задатака из обраде модулисаних (OFDM) сигнала на сензорским низовима применом различитих алгоритама за формирање зрака (Conjugate beamforming, ML, MVDR, итд.), писање извештаја.

- **Метод момената у електромагнетици:** проучавање литературе, консултације, рачунарско решавање проблема где се помоћу методе момената нумерички одређује расподела извора поља (наелектрисање и струје). За практичан део испита изучавана је примена методе момената на прорачун расејања таласа од анизотропних проводних површи, из чега је проистекао рад “Scattering from anisotropic surfaces analyzed with method of moments”, *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 60, No. 7, pp. 1782 - 1787, May, 2018.
- **Електромагнетика:** проучавање литературе, консултације, упознавање са Зомерфелдовим интегралима. Анализа квантитативних и квалитативних нумеричких особина Зомерфелдових интеграла на примеру Гринове функције за слободан простор. Практичан део испита се састојао у писању програма за ефикасно рачунање Зомерфелдовог интеграла за слободан диелектрични простор без губитака.
- **Микроталасна техника:** проучавање литературе, консултације на тему простирања електромагнетског таласа кроз различите типове средина - слободан несавршени диелектрични простор и вод. За практичан део испита рачунарски су решавани задаци. У задацима је анализирано простирање електромагнетског таласа у каузалним и некаузалним срединама, простирање дуж двопроводничког, као и вишепроводничког вода помоћу мултимодалне анализе.
- **Енглески језик:** проучавање литературе, консултације на тему писања научног рада. Семинарски рад под називом “Method-of-Moments Solution for Current Distribution on an Anisotropic Square Plate of Finite Conductivity”.
- **Специјалне функције:** проучавање литературе, консултације, семинарски рад под насловом „Интеграција осцилаторних функција реалне променљиве методом *steepest descent*“. У раду је истражен један приступ нумеричкој интеграцији брзо променљивих осцилаторних функција, заснован на деформацији путање интеграције у комплексној равни, а приказани практични примери су рачунарски решавани.
- **Просторно-временска обрада сигнала:** проучавање литературе и консултације на тему аналогije и свезе просторног, фреквенцијског и временског домена у обради сигнала, писање семинарског рада. За практичан део испита изучавана је ефикасност и тачност одређених алгоритама за процену временског кашњења сигнала, односно електричног растојања између две антене различитог типа на основу њихове симулиране трансфер функције, добијене из софтверског алата WIPL-D. Алгоритми, типични за просторни домен (MUSIC, Capon, Bartlett), програмски су имплементирани у временском домену.
- **Микроталасна електроника:** проучавање литературе и слушање предавања и вежби истоименог предмета на основним студијама. За практични део испита пројектован је микроталасни појачавач према задатим спецификацијама. Појачавач је симулиран у софтверском алату, а затим је његов прототип израђен и измерен.
- **Анализа и синтеза антена:** проучавање литературе, консултације, упознавање са принципима анализе извора електромагнетског поља у присуству хомогеног диелектричног полупростора. За практични део испита рачунарски је решаван

одређен број Зомерфелдових интеграла, неопходних за израчунавање Гринове функције за магнетски вектор потенцијал.

- **Микроталасна пасивна кола:** проучавање литературе, консултације, усмено полагање теоријског дела испита. Практичан део испита се састојао из моделовања и анализе филтара пропусника ниских учестаности, пропусника опсега и непропусника опсега у таласоводној техници у пакету WIPL-D.

Библиографија кандидата:

▪ Радови у врхунском међународном часопису (M21)

- [M21.1] **N. Basta**, F. Antreich and A. Dreher, "Synthesis of Pulsed Radiation With a Linear Array of Nonisotropic Antennas," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 12, pp. 6131-6139, Dec. 2014. (IF₂₀₁₃ **2,459**, M21, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2014.2365035)
- [M21.2] **N. Basta** and B. Kolundžija, "Efficient Evaluation of the Finite Part of Pole-Free Sommerfeld Integrals in Half-Space Problems with Predefined Accuracy," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 67, no. 7, pp. 4930-4935, July 2019. (IF₂₀₁₈ **4,130**, M21, DOI: 10.1109/TAP.2019.2916573)

▪ Радови у истакнутом међународном часопису (M22)

- [M22.1] **N. Basta** and A. Dreher, "Beam Synthesis Based on Inverse Discrete Radon Transform for Linear Pulsed Arrays," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 10, pp. 813-816, 2011. (IF₂₀₁₀ **1,032**, M22, ISSN: 1536-1225, DOI: 10.1109/LAWP.2011.2164509)
- [M22.2] L. A. Greda, C. Koenen, **N. Basta** and A. Dreher, "SEQAR: An Efficient MATLAB Tool for Design and Analysis of Conformal Antenna Arrays [EM Programmer's Notebook]," in *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 56, no. 4, pp. 178-187, Aug. 2014. (IF₂₀₁₃ **1,152**, M22, ISSN: 1045-9243, DOI: 10.1109/MAP.2014.6931683)
- [M22.3] **N. Basta** and A. Dreher, "Discrete radon transform method for beam synthesis with arbitrarily configured antenna arrays in pulsed transmission mode," in *Electronics Letters*, vol. 49, no. 11, pp. 688-689, May 2013. (IF₂₀₁₂ **1,038**, M22, ISSN: 0013-5194, DOI: 10.1049/el.2013.0219)

▪ Радови у међународном часопису са импакт фактором (M23)

- [M23.1] M. V. T. Heckler, E. N. Lavado, W. Elmarissi, **N. Basta** and A. Dreher, "Dual-band antenna with highly isolated outputs for global navigation satellite systems receivers," in *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 6, no. 12, pp. 1381-1388, September 2012. (IF₂₀₁₁ **0,681**, M23, ISSN: 1751-8725, DOI: 10.1049/iet-map.2012.0055)
- [M23.2] **N. Basta**, D. I. Oléan, "Scattering from anisotropic surfaces analyzed with method of moments," *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 60, No. 7, pp. 1782 - 1787, May 2018. (IF₂₀₁₇ **0,948**, M23, ISSN: 0895-2477, DOI: 10.1002/mop.31252)

▪ **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)**

- [M33.1] **N. Basta**, A. Konovaltsev, and L. Greda, "Phase centre determination on the basis of far-field measurements," *Proceedings of ENC-GNSS 2009*, Naples, Italy, May 2009.
- [M33.2] **N. Basta**, A. Dreher, "On antenna phase centre and its determination with Nelder-Mead simplex optimising algorithm," *European Microwave Conf. 2009*, pp. 854-857, Sept. 29-Oct. 1 2009, Rome, Italy, 2009. (DOI: 10.23919/EUMC.2009.5296118)
- [M33.3] **N. Basta**, M. V. T. Heckler and A. Dreher, "Study on a stacked patch antenna element for dual-band GNSS arrays," *2010 IEEE International Antennas and Propagation Symposium*, pp.1-4, 11-17 July 2010. (DOI: 10.1109/APS.2010.5561082)
- [M33.4] **N. Basta**, A. Dreher, "Dual-band antenna element for a GNSS array intended for Public Regulated Service applications", *2011 41st European Microwave Conference (EuMC)*, vol., no., pp. 531-534, 10-13 Oct. 2011. (DOI: 10.23919/EuMC.2011.6101780)
- [M33.5] **N. Basta**, A. Dreher, S. Caizzzone, M. Sgammini, F. Antreich, G. Kappen, S. Irteza, R. Stephan, M. A. Hein, E. Schäfer, M. A. Khan, A. Richter, M. A. Khan, L. Kurz and T. G. Noll, "System concept of a compact multi-antenna GNSS receiver," *German Microwave Conference (GeMiC) 2012*, Ilmenau, Germany, March, 2012. (ISSN: 2167-8022)
- [M33.6] **N. Basta**, F. Antreich, "Circularly polarized antenna array of digitally controlled linearly polarized elements", *AP-S 2013*, Orlando, USA, July, 2013. (DOI: 10.1109/APS.2013.6711295)
- [M33.7] **N. Basta**, A. Dreher, "On discrete synthesis of pulsed beams", *2014 European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014)*, Convened session, The Hague, Netherlands, April, 2014. (DOI: 10.1109/EuCAP.2014.6902097)
- [M33.8] A. Konovaltsev, **N. Basta**, L. A. Greda, M. Cuntz, M. V. T. Heckler and A. Dreher, "Calibration of adaptive antennas in satellite navigation receivers", *European Conference on Antennas and Propagation, Barcelona*, Spain, 12-16 April 2010. (ISSN: 2164-3342)
- [M33.9] J. L. Vicario, F. Antreich, M. Barceló, **N. Basta**, J. M. Cebrián, M. Cuntz, Ó. Gago, L. González , M. V. T. Heckler, C. Lavín, M. Mañosas, J. Picanyol, G. Seco-Granados, M. Sgammini, F. Amarillo, "ADIBEAM: Adaptive digital beamforming for Galileo reference ground stations", *Proc. ION GNSS 2010*, in Portland, Oregon, Sept. 24, 2010.
- [M33.10] J. L. Vicario, F. Antreich, M. Barceló, **N. Basta**, J. M. Cebrián, M. Cuntz, Ó. Gago, L. González , M. V. T. Heckler, C. Lavín, M. Mañosas, J. Picanyol, G. Seco-Granados, M. Sgammini, F. Amarillo, "ADIBEAM: Design and experimental validation of a robust beamforming platform for Galileo reference ground stations", *5th ESA Workshop on Satellite Navigation User Equipment Technologies*, Navitec 2010, Dec. 2010, Noordwijk, The Netherlands. (DOI: 10.1109/NAVITEC.2010.5707996)
- [M33.11] S. Caizzzone, **N. Basta**, A. Dreher, "Miniaturized CP patch antenna with low spurious radiation for GNSS applications", *2012 IEEE International Antennas and Propagation Symposium*, Chicago (USA), July 2012. (DOI: 10.1109/APS.2012.6349327)
- [M33.12] A. Dreher, **N. Basta**, S. Caizzzone, G. Kappen, M. Sgammini, M. Meurer, S. Irteza, R. Stephan, M. A. Hein, E. Schäfer, M. A. Khan, A. Richter, B. Bieske, L. Kurz, and T.

G. Noll, "Compact adaptive multi-antenna navigation receiver," *ION GNSS 2012*, Nashville, TN, USA, Sept. 2012, pp. 917-925.

[M33.13] S. Caizzzone, **N. Basta**, A. Dreher, "Compact GNSS antenna with circular polarization and low axial ratio", 15th International Symposium of Antenna Technology and Applied Electromagnetics 2012, Toulouse, France, June 2012. (DOI: 10.1109/ANTEM.2012.6262284)

▪ **Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)**

[M63.1] **N. Basta** i B. Kolundžija, „Nizovi proreznih antena u talasovodnoj tehnici - pregled osobina i performansi,” *ETTRAN 2008*, Palić, Srbija.

[M63.2] **N. Basta** and B. Kolundžija, "On Efficient Evaluation of Pole-Free Sommerfeld Integrals", *IcETTRAN 2019*, Srebrno jezero, Serbia, June 2019.

Кандидат Никола Баства је 26. августа 2019. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду јавно усмено бранио предложену тему докторске дисертације пред Комисијом у саставу:

1. др Миодраг Тасић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Небојша Дончов, редовни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет,
3. др Наташа Ћировић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На јавној усменој одбрани предложене теме, Комисија је закључила да је кандидат Никола Баства добио оцену задовољно и да испуњава потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом досадашњем стручном и научном раду, од којих посебно издвајамо следеће:

- Сакупио је сто двадесет (120) ЕПСБ (полагањем испита на докторским студијама и испуњавањем научно-истраживачких обавеза),
- Јавно је одбранио тему докторске дисертације 26.8.2019. пред Комисијом (доц. др Миодраг Тасић, проф. др Наташа Ћировић, проф. др Небојша Дончов) формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду на седници бр. 842 одржаној 9.7.2019.,
- Публиковао је укупно двадесет два рада, од којих су два у врхунском међународном часопису, три у истакнутом међународном часопису, два у међународном часопису са импакт фактором, тринаест на конференцијама међународног значаја и два на конференцији националног значаја,

закључујемо да кандидат Никола Баства у сваком погледу испуњава услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Константни развој информационих и комуникационих технологија подстиче нове примене електромагнетске (ЕМ) анализе у областима као што су радио комуникације, радарска техника, медицина, даљинско осматрање Земље итд. Само мали број једноставних

проблема се може решити аналитички, док се за све остале проблеме намеће нумерички приступ. При томе се најчешће полази од једначина ЕМ поља и непозната величина се одређује применом неке од метода стандардно коришћених у нумеричкој електромагнетици, као што су метода момената (MoM), метода коначних елемената (FEM), методе коначних разлика (FD) итд.

Феномен простирања ЕМ таласа преко Земљине површи је почео интензивно да се изучава проналаском радија. Важна прекретница у разумевању тог феномена јесу теоријски радови с почетка двадесетог века који су се бавили аналитичким одређивањем поља Херцовог дипола у околини раздвојне површи ваздуха и реалног земљишта [1]–[3]. Такође, у многим савременим применама (нпр. антиколизциони радар на друмском возилу на 24 GHz, радар за детекцију санти леда на морској површи итд.) се сусреће проблем одређивања поља струја и наелектрисања која се налазе у близини раздвојне површи две произвољне хомогене изотропне и линеарне средине (енг. *half-space problem*). У основи овог проблема лежи решавање тзв. Зомерфелдових интеграла (ЗИ). Иако се ови интегрални проучавају већ читав век, развој и унапређење метода за њихово тачно и ефикасно рачунање је и данас веома актуелно, нарочито због стално растућих потреба за: (а) све већим опсезима радних фреквенција, (б) решавањем електрички све већих проблема и (в) повећањем тачности анализе [4]–[7].

Подинтегралне функције у ЗИ су сингуларне и јако осцилаторне, а сами интегрални су несвојствени због чега је њихово рачунање изузетно захтевно. Како би се избегли сингуларитети, тј. полови и тачке гранања подинтегралне функције, који могу бити близу реалне осе, интеграција се може вршити преко деформисане путање у комплексној равни. У постојећој литератури се тада, уместо директне интеграције дуж реалне осе [8]–[9], најчешће прибегава закривљењу почетног коначног дела путање интеграције у први квадрант комплексне равни [10]–[13]. Показује се да за велика радијална растојања овакав приступ доводи до значајне нумеричке грешке интеграције, која се јавља услед јако великих вредности Беселове функције прве врсте за комплексне аргументе [13]–[14]. Поред закривљења путање, у литератури може пронаћи и приступ у којем се Беселова функција у језгру интеграла изрази преко Хенкелове функције, а интеграција се врши преко затворене путање у комплексној равни. Међутим, овакав приступ, иако погодан за одређивање приближних аналитичких решења, може довести до нумеричких нестабилности и за мала радијална растојања [13].

Полови и тачке гранања у близини реалне осе проузрокују велике грешке у нумеричком рачунању ЗИ. Проблем одређивања полова, као и ефикасног урачунавања њиховог утицаја је већ анализиран у постојећој литератури [8],[10],[12]. Међутим, саме тачке гранања нису довољно детаљно проучене [9], [15]–[18], нарочито са нумеричког аспекта, иако могу значајно успорити конвергенцију интеграције у многим случајевима од интереса. Посебно треба истаћи да у литератури није детаљно разматран случај средина са малим губицима, где су тачке гранања комплексне и налазе се јако близу реалне осе, тј. усвојене путање интеграције.

У објављеним истраживањима мало пажње је посвећено развијању посебних предикционих формула које би за ЗИ одредили приближан минималан број интеграционих тачака који је потребан да би се достигла дата тачност [9]. С обзиром на сложеност ЗИ, за њихово ефикасно рачунање такве формуле су од великог значаја, нарочито за методе интеграције који нису адаптивног типа.

Поред потискивања утицаја сингуларитета у првом, коначном, делу ЗИ, потребно је размотрити и рачунање остатка тзв. „репа“ интеграла (енг. *tail*), чији домен интеграције је, аналитички гледано, полубесконачан. За рачунање „репа“ развијено је више метода, које подразумевају део-по-део интеграцију неком од квадратурних формула, а затим сумирање у виду бесконачног нумеричког низа. Међутим, тек треба испитати која од ових техника је најефикаснија за велика аксијална и/или радијална растојања. Сем тога, за одређивање граница домена „репа“ интеграла у литератури не постоје јасне смернице. Правилна подела

домена интеграције би могла допринети значајној уштеди интергационих тачака у случају ЗИ.

Главни циљ овог рада је развој једноставне и робусне нумеричке методе за ефикасно израчунавање Зомерфелдових интеграла за случај извора ЕМ поља у присуству раздвојне површи две хомогене, линеарне и изотропне средине, са високом и контролабилном тачношћу за широк опсег електричког растојања од извора поља до тачке посматрања. Развој ове методе подразумева: (1) развој техника за потискивање сингуларитета услед тачака гранања подинтегралне функције ЗИ, коришћењем погодних смена променљивих; (2) избор оптималне методе за рачунање „репа“ интеграла и њена примена на велика електричка растојања (3) одређивање критеријума за оптималну поделу домена интеграције, која минимизује утрошак рачунарских ресурса (тачака интеграције); (4) развој формуле за одређивање минималног броја интеграционих тачака потребног за достизање задате тачности;

Ова метода треба да омогући рачунање ЗИ са контролабилном тачношћу (до близу машинске прецизности) за аксијална и радијална растојања од 0 до 1000 λ . Тиме би се за проблеме који захтевају коришћење Зомерфелдових интеграла омогућило не само значајно ефикасније решавање за задату тачност, већ и за ред величине повећање максималне димензије решивих проблема.

Релевантни радови из области истраживања

- [1] A. N. Sommerfeld, "Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie," in *Ann. Physik*, vol. 28, pp. 665-736, 1909.
- [2] H. Weyl, "Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über einem ebenen Leiter," *Ann. Phys.* vol. 60, pp. 481-500, 1919.
- [3] Van der Pol and K. F. Niessen, "Über die Ausbreitung von Electromagnetischer Wellen über eine Ebene Erde," *Ann. Phys.*, 6, pp. 273-294, 1930.
- [4] V. M. Petrović, „Analiza žičanih antena u prisustvu realnog zemljišta metodom likova“, doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1996.
- [5] D. Ž. Đurđević, „Analiza žičanih antena u višeslojnom nesavršenom dielektriku“, doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1996.
- [6] B. M. Kolundzija, M. S. Tasic, D. I. Olcan, D. P. Zoric, and S. M. Stevanetic, "Advanced techniques for efficient modeling of electrically large structures on desktop PCs," *Applied Computational Electromagnetics Society Journal, Special Issue on Computational Electromagnetics Workshop, CEM 11*, Vol. 27, No. 2, pp. 123-131, Feb. 2012.
- [7] R. Tremlinski and D. A. McNamara, "The engineering modelling of electromagnetic wave scattering from sea ice by surface-based radar", *2018 IEEE Int. Symp. Ant. Prop. (APS/URSI)*, Boston, MA, Jul. 2018.
- [8] J. R. Mosig and F. E. Gardiol, A Dynamical Radiation Model for Microstrip Structures, In: Peter W. Hawkes, Editor(s), *Advances in Electronics and Electron Physics*, Academic Press, 1982, Volume 59, pp. 139-237.
- [9] I. D. Koufogiannis, A. G. Polimeridis, M. Mattes and J. R. Mosig, "Real axis integration of Sommerfeld integrals with error estimation," *2012 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, pp. 719-723, Prague, 2012.
- [10] P. Gay-Balmaz, and J. R. Mosig, Three-dimensional planar radiating structures in stratified media. *Int. J. Microw. Mill.-Wave Comput.-Aided Eng.*, 7, pp. 330-343, 1997.
- [11] E. Simsek, Qing Huo Liu and Baojun Wei, "Singularity subtraction for evaluation of Green's functions for multilayer media," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 54, no. 1, pp. 216-225, Jan. 2006.
- [12] R. Golubovic, A. G. Polimeridis and J. R. Mosig, "Efficient algorithms for computing Sommerfeld integral tails," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 5, pp. 2409-2417, May 2012.
- [13] A. Álvarez Melcón, "Applications of the integral equation technique to the analysis and synthesis of multilayered printed shielded microwave circuits and cavity backed antennas," Ph.D. dissertation EPFL, Lausanne, Switzerland, 1998.
- [14] K. A. Michalski and J. R. Mosig, "Efficient computation of Sommerfeld integral tails - methods and algorithms", *JEMWA*, vol. 30, no. 3, pp. 281-317, 2016.
- [15] V. Volskiy, G. A. E. Vandenbosch, R. G. Nićiforović, A. G. Polimeridis and J. R. Mosig, "Numerical integration of Sommerfeld integrals based on singularity extraction techniques and double exponential-type quadrature formulas," *2012 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, Prague, 2012, pp. 3215-3218.
- [16] W. A. Johnson and D. G. Dudley, "Real axis integration of Sommerfeld integrals: Source and observation points in air", *Radio Sci.*, vol. 18, no. 2, pp. 175-186, 1983.

- [17] J. R. Mosig and T. K. Sarkar, "Comparison of Quasi-Static and Exact Electromagnetic Fields from a Horizontal Electric Dipole Above a Lossy Dielectric Backed by an Imperfect Ground Plane," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 34, no. 4, pp. 379-387, Apr 1986.
- [18] V. V. Petrovic, A. J. Krneta and B. M. Kolundzija, "Singularity extraction for reflected Sommerfeld integrals over a multilayered media," *2013 21st Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, Belgrade, 2013, pp. 648-651.

3. Полазне хипотезе

- Сингуларитети који потичу од тачака гранања проузрокују јако велике вредности подинтегралне функције и/или њених извода и у општем случају се не могу избећи простим закривљењем путање интеграције.
- Сингуларни утицај тачака гранања се може потиснути коришћењем погодних смена променљиве.
- Након потискивања утицаја сингуларитета се интеграција може ефикасно извршити по реалној оси коришћењем Гаус-Лежандрове квадратурне формуле.
- Значајна уштеда рачунарских ресурса у рачунању ЗИ се може постићи избором оптималне методе за рачунање „репа“ интеграла, као и адекватном поделом домена интеграције која произилази из нумеричких особина подинтегралних функција.
- Заједнички чиниоци подинтегралних функција имплицирају слично понашање ЗИ у смислу конвергенције, из чега се могу одредити генералне предикционе формуле, које приближно рачунају минималан потребан број интеграционих тачака за постизање задате тачности.

4. Научне методе истраживања

- Прикупљање и теоријска анализа литературе која се бави проблемом моделовања ЕМ поља у присуству раздвојне површи две средине.
- Постављање хипотеза за ефикасно решавање датог проблема.
- Нумерички експерименти у циљу провере постављених хипотеза и развијених техника.
- Квантитативна и квалитативна анализа резултата са аспекта ефикасности, робусности и тачности рачунања ЗИ.

5. Очекивани научни допринос

- Развој једноставне и робусне методе за ефикасно нумеричко израчунавање Зомерфелдових интеграла за случај извора у близини раздвојне површи две средине, коришћењем реалне путање интеграције.
- Развој нове технике за поништавање сингуларног утицаја тачке гранања подинтегралне функције применом погодних смена променљивих.
- Одређивање критеријума за оптималну поделу домена интеграције на поддомене, у циљу повећања ефикасности интеграције.
- Конструисање формула за прорачун минималног потребног броја интеграционих тачака за задату тачност.

6. План истраживања и структура рада

- Преглед научних радова и дисертација које се баве анализом ЕМ поља извора у близини раздвојне површи две средине, заснованој на нумеричком решавању ЗИ.
- Анализа различитих смена променљивих погодних за нумеричко рачунање ЗИ са аспекта конвергенције резултата интеграције на примеру Гринове функције за магнетски вектор-потенцијал у вакууму.

- Проширење анализе сменом променљивих за случај (а) две полупросторне средине са губицима, (б) две полупросторне средине без губитака и (в) вакума и метаматеријалне средине са негативном пермеабилношћу, односно пермитивношћу.
- Анализа нумеричких особина ЗИ са аспекта динамичког опсега вредности подинтегралне функције и развој техника за одређивање оптималних граница поддомена интеграције.
- Анализа конвергенције интеграције и развој приближних формула за одређивање минималног потребног броја интеграционих тачака за задату тачност.
- Развој програмског модула за ефикасно рачунање ЕМ поља произвољно оријентисаног Херцовог дипола у присуству две полупросторне средине

7. Закључак и предлог

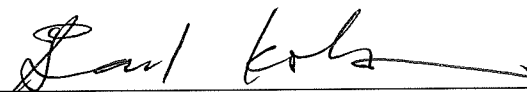
На основу приложене документације, јавне усмене одбране теме, као и увида у досадашњи научноистраживачки рад кандидата Николе Басте, дипл. инж. електротехнике, Комисија закључује следеће:

- Кандидат Никола Баста испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду који су потребни за приступање изради предложене докторске дисертације под насловом **„Ефикасно рачунање Зомерфелдових интеграла у случају електрички великих структура у близини раздвојне површи две средине“**.
- Садржај предложене теме је актуелан у светлу развоја нових метода које треба да обезбеде високу тачност и ефикасност електромагнетског моделовања електрички великих структура у присуству несавршеног диелектричног полупростора. Ужа научна област теме је **Електромагнетика, антене и микроталаси**, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

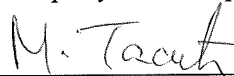
Узимајући у обзир све поменуте чињенице, Комисија и предложени ментор предлажу Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Николи Басте одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Бранко Колунџија, редовни професор на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Уз овај извештај прилаже се и списак радова ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

У Београду, 28.08.2019.

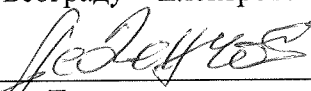
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



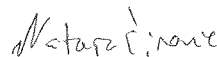
др Бранко Колунџија, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Миодраг Тасић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Небојша Дончов, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Наташа Ћировић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет