

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Александра Крнете**, мастер инж. електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Већа Електротехничког факултета у Београду бр. 811 од 14.03.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Александра Крнете**, мастер инж. електротехнике, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „**Функције базиса ултра високог реда и сингуларне функције базиса у анализи аксијално симетричних металних структура**“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Александра Крнета је рођена 2. јануара 1989. године у Београду, где је завршила основну школу “Младост” као носилац Вукове дипломе и ученик генерације, и Математичку гимназију као носилац Вукове дипломе. Током основне школе и гимназије освојила је 12 награда на Републичким и Савезним такмичењима из физике и математике, и једну награду на Физичкој олимпијади Србије.

Електротехнички факултет у Београду уписала је 2007. године. Дипломирала је 15. јула 2011. године на Одсеку за телекомуникације, Смер микроталасна техника са просечном оценом 9,91, по четворогодишњем студијском програму. Дипломски рад „Моделовање антена на људском телу за бежичне сензорске мреже“, одбранила је са оценом 10, а ментор рада је био др Владимир Петровић, ванредни професор. По дипломирању проглашена је за студента генерације на Одсеку за телекомуникације. Током основних академских студија радила је као демонстратор на Електротехничком факултету на предметима Лабораторијске вежбе из Основа електротехнике, Микроталасна техника и Антене и простирање.

Након тога је уписала дипломске академске – мастер студије на Смеру за микроталасну технику, које је завршила 27. септембра 2012. године са просечном оценом 10,0, по једногодишњем студијском програму. Мастер рад „Кружни антенски низ на диелектричној сфери за омнидирекционо и усмерено зрачење“, одбранила је са оценом 10, а ментор рада је био др Владимир Петровић, ванредни професор.

Докторске студије на Смеру за микроталасну технику уписала је 13. новембра 2012. године. На докторским студијама положила је свих 10 испита са просечном оценом 10,0. У оквиру докторских студија похађала је курс „Advanced Computational EM for Antenna Analysis“ у школи „European School of Antennas (ESoA)“ одржаног у Паризу, Француска од 15. до 19. септембра 2014. године.

Александра Крнета је запослена са пуним радним временом на Катедри за општу електротехнику Електротехничког факултета Универзитета у Београду од 2011. године. За сарадника у настави на годину дана за ужу научну област Електромагнетика, антене и микроталаси изабрана је 6. децембра 2011. године. За асистента за ужу научну област Електромагнетика, антене и микроталаси изабрана је 12. фебруара 2013. године, а поново је изабрана у исто звање 1. марта 2016. године.

Учествује у настави на више предмета на Електротехничком факултету у Београду. Држи вежбе на табли и лабораторијске вежбе на предметима Основи електротехнике 1 и 2, Практикум из Основа електротехнике 1 и 2, Лабораторијске вежбе из Основа електротехнике, Антене и простирање, и Моделовање и симулација електромагнетских поља.

Коаутор је једног рада прихваћеног за публикавање у врхунском међународном часопису (M21), 2 рада у часописима од међународног значаја са импакт фактором (M23), једног рада у часопису међународног значаја верификованог посебним одлукама (M24), 6 радова на конференцијама међународног значаја (M33) и 4 рада на конференцијама националног значаја (M63).

1.2. Сачењено научноистраживачко искуство

Кандидат Александра Крнета је 13. новембра 2012. године уписала докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на Смеру за микроталасну технику. Током докторских академских студија испунила је све обавезе и положила је све испите са оценом 10. Списак положених предмета је дат у следећој табели.

<i>Назив испита или обавезе</i>	<i>Оцена</i>	<i>ЕСПБ бодови</i>
Специјалне функције (13Д081СФ)	10	9
Електромагнетика (13Д071ЕМ)	10	9
Антене и простирање радиоталаса (13Д071АПР)	10	9
Метод момената у електромагнетици (13Д071ММЕ)	10	9
Анализа и синтеза антена (13Д071АСА)	10	9
Микроталасна техника (13Д071МТ)	10	9
Енглески језик (13Д091ЕЈ)	10	6
Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала (13Д071ЕКИ)	10	9
Метод коначних елемената у електромагнетици (13Д071МКЕ)	10	9
РФ и микроталасни филтри (13Д071РФМ)	10	9
Студијско истраживачки рад I		15
Научно стручни рад		3
Студијско истраживачки рад II		15

Активности по предметима су следеће.

- Специјалне функције: проучавање литературе, консултације, семинарски рад на тему Беселових и Хенкелових функција, сферних Беселових и Хенкелових функција и решење таласне једначине у цилиндричном координатном систему.
- Електромагнетика: проучавање литературе, консултације, полагање теоријског и усменог дела испита. За практични део испита проучавала је расејање равнот ЕМ таласа на савршено проводном цилиндру, на диелектричном цилиндру и цилиндру састављеном од диелектричних љуски, моделовала је исте проблеме у програмском пакету WIPL2D и међусобно упоређивала резултате.
- Антене и простирање радио таласа: проучавање литературе, консултације, семинарски рад на тему метода интеграције које се базирају на екстракцији сингуларитета и поништавању сингуларитета код интеграла потенцијала који се јављају при решавању интегралне једначине електричног поља у случају редукованог језгра. Из истраживања је проистекао рад „Поређење две методе за рачунање интеграла потенцијала у анализи танких жичаних структура“, *ЕТРАН 2014*, 58. Конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну физику, Врњачка Бања, 2-5. јун 2014, секција за Антене и простирање, AP1.3.1-6, ISBN: 978-86-80509-70-9.
- Микроталасна техника: проучавање литературе, консултације, упознавање са принципима анализе вишепроводничких водова у временском и фреквенцијском домену. За практичан део испита направила је програм у MATLAB-у за анализу двоводничких водова без губитака коришћењем „time-stepping“ методе и модалне анализе у временском домену и упоређивала резултате са програмским пакетом Linres.
- Метод момената у електромагнетици: проучавање литературе, консултације. За практичан део испита проучавала је, а затим и написала семинарски рад на тему ЕМ анализа жичаних структура (расејача и антена) са једним или више спојева (*junction-a*) коришћењем редукованог језгра интегралне једначине и методе подешавања у тачкама и Галеркинове методе. Анализирала је примену метода момената за израчунавање резонантних учестаности резонаторских шупљина из чега је проистекао рад "On Calculating Resonant Frequencies Using General-Purpose Method-of-Moments Code", *29th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics ACES 2013*, March 24-28, 2013, Monterey, CA, pp. 804-809.
- Анализа и синтеза антена: проучавање литературе, консултације, истраживање могућности примена методе ликова у случају антена изнад савршено проводне равни и земље. Проучавала је примену егзактног језгра интегралне једначине електричног поља и Галеркинове методе у комбинацији са функцијама базиса вишег реда за ефикасну ЕМ анализу аксијално симетричних жичаних структура из чега је проистекао рад „Анализа аксијално симетричних жичаних антена коришћењем егзактног језгра интегралне једначине електричног поља“, 59. Конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну физику (*ЕТРАН 2015*), Сребрно Језеро, Јун 8-11, 2015, стр. AP1.4.1-6.
- Енглески језик: проучавање литературе, консултације. Семинарски рад под називом „Scattering from an infinitely long dielectric cylinder“ и његова презентација.
- Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала: проучавање литературе, консултације, изучавање проблема цурења сигнала у временском домену при анализи електромагнетских система и анализа уметања нула (zero-padding). Семинарски рад под називом "Experimental and Numerical Validation of Temporal Leakage" у оквиру

чега је разматрано цурење у времену за разне облике улазних сигнала, и где је дато поређење аналитичких резултата са резултатима мерења и резултатима симулације у програму WIPL-D.

- Метод коначних елемената у електромагнетици: проучавање литературе, консултације. Примена методе коначних елемената (FEM) и векторских базисних функција на проблем проналаска резонантних учестаности резонаторске шупљине у облику квадрата. Рачунање расејања у далеком пољу на основу FEM решења за блиско поље на примеру структуре у облику закривљеног хексаедрона.
- РФ и микроталасни филтри: проучавање литературе, консултације. ЕМ моделовање разних класа микроталасних филтара у симулационом пакету WIPL-D.

Кандидат Александра Крнета је прво као студент, а затим као асистент на Електротехничком факултету Универзитета у Београду била укључена у више различитих истраживања, као што су 1) електромагнетско моделовање људи и антена у анализи WBAN мрежа, 2) прорачун расејања електромагнетских таласа од 2Д цилиндричних слојевитих структура коришћењем специјалних функција, 3) карактеризација резонатора коришћењем метода момената и методе коначних елемената и 4) развој метода за електромагнетско моделовање аксијално симетричних металних структура, укључујући и коришћење функција базиса ултра високог реда и сингуларних функција базиса. Истраживања у областима 1), 3) и 4) потврђена су кроз објављене радове у домаћим и међународним часописима, као и на конференцијама. Резултати истраживања у области 2) користе се као референтни резултати у развоју нумеричких метода за расејање од цилиндричних слојевитих структура произвољног попречног пресека.

Библиографија кандидата:

Рад прихваћен за публиковање у истакнутом међународном часопису (M21)

- (1) **Aleksandra J. Krneta** and Branko M. Kolundžija, "Evaluation of Potential and Impedance Integrals in Analysis of Axially Symmetric Metallic Structures to Prescribed Accuracy up to Machine Precision", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, DOI: 10.1109/TAP.2017.2673760, ISSN: 0018-926X, **IF₂₀₁₅ = 2,263** (прихваћен 7.2.2017. за публиковање)

Радови у међународном часопису (M23)

- (1) Vladimir V. Petrović, **Aleksandra J. Krneta**, „Polarization Properties of a Turnstile Antenna in the Vicinity of the Human Body“, *Wireless Personal Communication*, Vol. 72, Issue 1, pp. 71-84, DOI: 10.1007/s11277-013-1001-7, print ISSN: 0929-6212 (online ISSN:1572-834X), September 2013 (first online 11th January 2013). (**IF₂₀₁₃: 0,979**, url: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11277-013-1001-7#>)
- (2) S. Savić, **A. Krneta**, M. Stevanović, D. I. Olćan, M. Tasić, M. M. Ilić, D. Tošić, B. Kolundžija, A. R. Đorđević, „Analytic solutions of electromagnetic fields in inhomogeneous media“, *International Journal of Electrical Engineering Education*, Vol. 52, No. 2, pp. 131-141, DOI: 10.1177/0020720915571799, ISSN: 0020-7209, April 2015 (**IF₂₀₁₄: 0,077**).

Радови у часопису међународног значаја верификованог посебним одлукама (M24)

- (1) **Aleksandra J. Krneta** and Branko M. Kolundžija, "Analysis of Axially Symmetric Wire Antennas by the Use of Exact Kernel of Electric Field Integral Equation", *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 13, No. 1, pp. 95-109, DOI: 10.2298/SJEE1601095K, UDC 621.396.67:517.968, Feb. 2016 (url: http://www.journal.ftn.kg.ac.rs/Vol_13-1/09-Krneta-Kolundzija.pdf)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- (1) Branko M. Kolundžija and **Aleksandra J. Krneta**, "Optimal Use of Gauss-Legendre Integration Formula for Evaluation of Potential Integrals in Analysis of Axially Symmetrical Wire Antennas", *Proceedings of 3rd IcETRAN Conference, IcETRAN 2016*, June 13-16, 2016, Zlatibor, Serbia, pp. API1.4.1-6, ISBN: 978-86-7466-618-0
- (2) **Aleksandra J. Krneta** and Branko M. Kolundžija, "Singularity Cancellation and Extraction Techniques for Precise Evaluation of Impedance Integrals in Thin-Wire Analysis", *10th European Conference on Antennas and Propagation EuCAP 2016*, 10-15 April, 2016, Davos, Switzerland, pp. 1-4, ISBN: 978-8-8907-0186-3, DOI: 10.1109/EuCAP.2016.7481384
- (3) D. I. Olcan, **A. J. Krneta** and B. M. Kolundžija, "Modelling of human bodies for analysis of wireless body area networks in crowds," *Proceedings of 2014 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting*, July 6-11, 2014, Memphis, Tennessee, pp. 406-407. ISBN: 978-1-4799-3539-0
- (4) Vladimir V. Petrović, **Aleksandra J. Krneta** and Branko M. Kolundžija, "Method for Improving Convergence of the Reflected Sommerfeld Integrals for a Multilayered Media", *Proceedings of 21st Telecommunication forum TELFOR 2013*, November 26-28, 2013, Belgrade, Serbia, ISBN 978-1-4799-1419-7, pp. 652-655.
- (5) Vladimir V. Petrović, **Aleksandra J. Krneta** and Branko M. Kolundžija, "Singularity Extraction for Reflected Sommerfeld Integrals Over a Multilayered Media", *Proceedings of 21st Telecommunication forum TELFOR 2013*, November 26-28, 2013, Belgrade, Serbia, ISBN 978-1-4799-1419-7, pp. 648-651.
- (6) **A. J. Krneta**, D. I. Olcan, D.H. Trout, "On Calculating Resonant Frequencies Using General-Purpose Method-of-Moments Code", *29th Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics ACES 2013*, March 24-28, 2013, Monterey, CA, pp. 804-809.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

- (1) **A. J. Krneta** и Б. М. Колунџија, „Анализа аксијално симетричних жичаних антена коришћењем егзактног језгра интегралне једначине електричног поља“, *ЕТРАН 2015*, 59. Конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну физику, Сребрно Језеро, 8-11. јун 2015, секција за антене и простирање, API.4.1-6, ISBN: 978-86-80509-71-6. Рад је освојио награду за **најбољи рад младог истраживача** на секцији за Антене и простирање.
- (2) **A. J. Krneta** и Б. М. Колунџија, „Поређење две методе за рачунање интеграла потенцијала у анализи танких жичаних структура“, *ЕТРАН 2014*, 58. Конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну физику, Врњачка Бања, 2-5. јун 2014, секција за Антене и простирање, API.3.1-6, ISBN: 978-86-80509-70-9
- (3) Владимир В. Петровић, **Александра Крнета**, „Моделовање простирања ЕМ таласа у околини људског тела помоћу софтвера WIPL-D“, *TELFOR 2011*, 19. Телекомуникациони форум, Београд, 22–24. новембар 2011., ISBN 978-1-4577-1498-6, DOI 10.1109/TELFOR.2011.6143708, стр. 969–972, секција за примењену електромагнетику ПЕМ. Рад је освојио **ERICSSON** награду за најбољи рад из области „Мобилних комуникација“.
- (4) **Александра Крнета**, „Поређење пет антена за WBAN примене“, *TELFOR 2011*, 19. Телекомуникациони форум, Београд, 22–24. новембар 2011, ISBN 978-1-4577-1498-6, DOI: 10.1109/TELFOR.2011.6143866, стр. 1598–1601, студентска секција. Рад је освојио награду „**Илија Стојановић**“ за најбољи студентски рад презентован у студентској секцији.

Кандидат Александра Крнета је 12. априла 2017. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду јавно усмено бранила предложену тему докторске дисертације пред Комисијом у саставу:

1. др Драган Олћан, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
2. др Братислав Миловановић, редовни професор, Универзитет Сингидунум у Београду,
3. др Златан Стојковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

На јавној усменој одбрани предложене теме, Комисија је закључила да је кандидат Александра Крнета добила оцјену 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, посебно издвајамо следеће.

- Сакупила је сто двадесет (120) ЕСПБ (полагањем испита на докторским студијама и обављањем научно истраживачких обавеза).
- Јавно је одбранила тему докторске дисертације 12. априла 2017. године, пред Комисијом (в. проф. др Драган Олћан, проф. др Братислав Миловановић, проф. др Златан Стојковић) формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду на седници број 811. одржаној 14.3.2017. године.
- Публиковала је укупно четрнаест радова, од којих је три публиковано у међународним часописима, један у часопису међународног значаја верификованог посебним одлукама, шест у саопштењима међународних научних скупова штампаних у целини, и четири у саопштењима са скупова националног значаја штампаних у целини.

На основу ових чињеница закључујемо да кандидат Александра Крнета у сваком погледу испуњава услове који је квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Савремени развој антена, микроталасне и радарске технике, електромагнетске компатибилности и других области примењене електромагнетике није могућ без нумеричке електромагнетике. Једна од најчешће коришћених метода за ефикасно 3D електромагнетско моделовање произвољних металних и диелектричних структура у фреквенцијском домену базира се на решавању површинских интегралних једначина (SIE) коришћењем метода момената (MoM). При томе се струје расподељене по граничним површима материјала апроксимирају сумом познатих функција базиса помножених непознатим коефицијентима, а површинске интегралне једначине трансформишу се у систем линеарних једначина чијим се решавањем ти непознати коефицијенти одређују [1].

Иако се овај метод унапређује већ више десетина година и даље постоје стални захтеви за повећањем тачности и ефикасности моделовања, за анализом све већих и комплекснијих структура, које укључују све ситније детаље, као и за проширењем опсега учестаности, идући од веома ниских до веома високих учестаности. Повећање тачности, ефикасности и домена примене овог метода између осталих техника подразумева: а) имплементацију

комплекснијих елемената за прецизно моделовање геометрије, б) прецизније рачунање тзв. импедансних интеграла који представљају елементе системске матрице, и в) коришћење софистицираних функција базиса. У овом раду све ове технике биће разматране у случају аксијално симетричних металних структура напајаних тачкастим (идеалним напонским делта) генераторима, као што су на пример дебела дипол антена, биконична антена напајана коаксијалним каблом, ниско-пропусни филтар у коаксијалној технологији, итд.

У радовима, у којима се анализа оваквих структура базира на тзв. егзактном језгру интегралне једначине, за моделовање се по правилу користе цилиндрични елементи и функције базиса ниског реда, што и за електрички мале проблеме захтева релативно велики број непознатих коефицијената [2]-[4]. У неким радовима, у којима се користи поједностављено, тзв. редуковано језгро, за моделовање се употребљавају елементи у облику зарубљених конуса и функције базиса високог реда, што омогућава веома прецизну и ефикасну анализу, али само за проблеме чија је радијална димензија много мања од таласне дужине [5], [6]. Показује се да је у случају електрички дугачких жица анализа утолико ефикаснија, тј. захтева мање непознатих коефицијената, уколико је максимални ред функција базиса које се користе већи. Међутим, у имплементацији максимални ред апроксимације који се може ефикасно применити је лимитиран условљеношћу системске матрице и бројем тачних цифара са којим су елементи ове матрице израчунати. Тако се у случају обичне/дупле прецизности (6 односно 15 цифара тачности) могу користити тзв. модификоване функције базиса максимално 8. односно 20. реда.

Да би се одговарајући импедансни интеграл израчунали са овако високом прецизношћу и у случају егзактног језгра, потребно је на одговарајући начин третирали сингуларитете подинтегралне функције. Иако се велики број радова бави израчунавањем оваквих интеграла за цилиндричне елементе, ниједна од реферисаних техника не омогућава ефикасно добијање тачности веће од неколико значајних цифара. За разлику од ових радова у којима се проблем сингуларитета решава екстракцијом, у задњих десет година појавили су се радови који су показали да се поништавање сингуларитета може постићи погодном одабраним сменама променљивих [7], [8].

На другој страни условљеност системске матрице се може знатно повећати ако се уместо модификованих функција базиса користе максимално ортогонализоване функције базиса [9]. Прецизно израчунавање одговарајућих импедансних интеграла отворило би могућност коришћења функција базиса много вишег реда него што је то до сада био случај, а тиме и повећање тачности и ефикасности моделовања. Међутим, у случају израженог ивичног ефекта резултати се релативно споро поправљају са повећањем реда апроксимације. У том случају много је ефикасније да се уместо повећања реда апроксимације користе сингуларне функције базиса које у себи укључују сингуларно понашање расподеле струја у околини ивица [10], [11]. Овакве сингуларне функције базиса су до сада коришћене у релативно малом броју радова, а главни разлог је што још увек нису развијене методе ефикасног рачунања одговарајућих импедансних интеграла.

Главни циљеви овог рада су (1) развој нове методе за анализу аксијално симетричних металних структура коришћењем зарубљених конуса за геометријско моделовање у комбинацији са модификованим функцијама базиса вишег реда за апроксимацију струја, (2) развој алгоритама за рачунање импедансних интеграла са произвољно великом тачношћу, до машинске прецизности, заснованих на поништавању сингуларитета коришћењем погодних одабраних смена променљивих, (3) повећање стабилности импедансне матрице коришћењем максимално-ортогонализованих функција базиса и прилагођавање методе анализе и алгоритама за рачунање импедансних интеграла тако да се омогући коришћење функција базиса ултра високог реда и (4) развој сингуларних функција базиса које у себи укључују сингуларно понашање расподеле струја у околини ивица.

Нова метода треба да омогући прецизну и ефикасну анализу аксијално симетричних структура у веома широком опсегу учестаности, тако да се њихове аксијалне и радијалне

димензије крећу у опсегу од $10^{-6}\lambda$ до 100λ . Искуства стечена у имплементацији максимално ортогонализованих функција базиса ултра високог реда и развоју сингуларних функција базиса, укључујући технике поништавања сингуларитета при рачунању импедансних интеграла, биће веома драгоцене за примену у случају произвољних метало-диелектричних структура.

- [1] B. M. Kolundzija and A. R. Djordjevic, *Electromagnetic Modeling of Composite Metallic and Dielectric Structures*, Boston, MA, USA: Artech House, 2002.
- [2] A. Mohan and D. S. Weile, "Accurate modeling of the cylindrical wire kernel," *Microw. Opt. Tech. Lett.*, vol. 48, no. 4, pp. 740-744, Apr. 2006.
- [3] A. M. A. Jalloul and J. L. Young, "Singularity evaluation of the straight-wire mixed-potential integral equation in the Method of Moments procedure," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 1, pp. 172-179, Jan. 2011.
- [4] D. H. Werner, "An exact formulation for the vector potential of a cylindrical antenna with uniformly distributed current and arbitrary radius," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 41, no. 8, pp. 1009-1018, 1993.
- [5] A. R. Djordjevic, M. B. Dragovic, and B. D. Popovic, "Analysis of electrically thick antennas of revolution," *Proc. 3rd ICAP*, Norwich, U.K., Apr. 12-15, 1983, pp. 390-394.
- [6] B. M. Kolundzija and B. D. Popovic, "Entire-domain Galerkin method for analysis of generalized wire antennas and scatterers," *Proc. IEEE H*, vol. 139, no. 1, pp. 17-24, Feb. 1992.
- [7] D. R. Wilton and N. J. Champagne, "Evaluation and integration of the thin wire kernel," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 54, no. 4, pp. 1200-1206, Apr. 2006.
- [8] A. G. Polimeridis and J. R. Mosig, "Evaluation of weakly singular integrals via generalized Cartesian product rules based on the double exponential formula," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 6, pp. 1980-1988, June 2010.
- [9] M. M. Kostic and B. M. Kolundzija, "Maximally Orthogonalized Higher Order Bases Over Generalized Wires, Quadrilaterals, and Hexahedra," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no. 6, pp. 3135-3148, Jun. 2013.
- [10] B. M. Kolundzija, "On the Inclusion of Edge Effect into Surface Vector Basis Functions," *Proc. of IEEE AP-S Int. Symp.*, Atlanta, GA, 1998, pp. 282-285.
- [11] R. D. Graglia and Guido Lombardi, "Singular Higher Order Divergence-Conforming Bases of Additive Kind and Moments Method Applications to 3D Sharp-Wedge Structures," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 12, pp. 3768-3788, Dec. 2008.

3. Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на следећим хипотезама.

- Применом Гаус-Лежандрових интеграционих формула на импедансни интеграл, чија је подинтегрална функција трансформисана коришћењем погодне одабране смене променљивих, могуће је ефикасно израчунати вредност интеграла са произвољно великом тачношћу, скоро до машинске прецизности.
- Повећањем реда апроксимације за струје постиже се бржа конвергенција резултата него додатном сегментацијом, а при истом броју непознатих коефицијената.
- Већа тачност рачунања импедансних интеграла, а самим тим и одговарајућих елемената системске матрице омогућава коришћење вишег реда апроксимације за струје.
- Коришћењем максимално-ортогонализованих функција базиса могуће је формирати системску матрицу чија стабилност практично не зависи од реда апроксимације за струје.
- Утицај ивичних ефеката на расподелу струја може се врло тачно узети у обзир коришћењем погодне дефинисаних сингуларних функција базиса.

4. Научне методе истраживања

У циљу провере и потврде постављених хипотеза биће коришћени следећи научни методи.

- Биће прикупљена постојећа знања објављена у отвореној литератури, а пре свега у часописима и зборницима радова који се баве електромагнетским моделовањем.
- Биће урађена теоријска анализа прикупљених радова и биће постављене хипотезе о начину решења постављеног проблема.
- Развиће се нове функција базиса и метода за рачунање импедансних интеграла базираних на поништавању сингуларитета.
- Биће развијен програмски модул за анализу аксијално симетричних металних структура коришћењем различитих функција базиса и различитих смена променљивих којима се врши поништавање сингуларитета.
- Биће урађена компаративна анализа тачности системске матрице као и крајњих резултата за различите смене променљивих, типове функција базиса и редове апроксимација за струје, укључујући и поређење са познатим методама.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни резултати предложене дисертације би требало да представљају помак у овој области на светском нивоу. Главни очекивани научни доприноси су следећи.

- Биће развијена нови метод за анализу аксијално симетричних металних структура коришћењем егзактног језгра интегралне једначине, зарубљених конуса за геометријско моделовање и функција базиса вишег реда за апроксимацију струја.
- Биће развијен нови алгоритам за рачунање импедансних интеграла са произвољно великом тачношћу, до машинске прецизности, заснованог на поништавању сингуларитета коришћењем погодних одабраних смена променљивих.
- Повећаће се стабилност системске матрице коришћењем максимално-ортогонализованих функција базиса, чиме ће се омогућити коришћење функција базиса ултра високог реда.
- Биће развијене и имплементиране сингуларне функције базиса које у себи укључују сингуларно понашање расподеле струја у околини ивица.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће бити обављено у следећим корацима.

- Биће прегледани радови који се баве електромагнетским моделовањем жичаних, аксијално симетричних и металних структура коришћењем метода момената, као и радова који користе функције базиса вишег реда и сингуларне функције базиса.
- Развиће се и испитаће се различите смене за поништавања сингуларитета у импедансним интегралима, који се јављају при рачунању системске матрице у анализи аксијално симетричних металних структура.
- Развиће се програмски модул за анализу аксијално симетричних металних структура коришћењем модификованих функција базиса вишег реда.
- Биће урађено проширење метода анализе, алгоритама интеграције и програмског модула за случај а) максимално-ортогонализованих функција базиса и б) сингуларних функција базиса.
- Анализираће се перформансе нове методе на примерима различитих аксијално симетричних металних структура.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научноистраживачки рад кандидата Александре Крнете, мастер инж. електротехнике и рачунарства, Комисија закључује следеће.

- Кандидат Александра Крнета 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: „**Функције базиса ултра високог реда и сингуларне функције базиса у анализи аксијално симетричних металних структура**“.
- Садржај предложене теме је актуелан у светлу развоја нових метода које треба да обезбеде већу тачност и ефикасност електромагнетског моделовања, анализу све већих и комплекснијих структура које укључују све ситније детаље, као и проширење опсега учестаности анализе, идући од веома ниских до веома високих фреквенција. Ужа научна област теме је **Електромагнетика, антене и микроталаси**, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

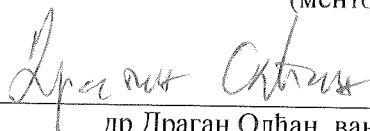
Узимајући у обзир све поменуте чињенице, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Александри Крнети одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Бранко Колунџија,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

У Београду 18.04.2017. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



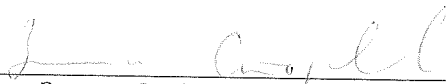
др Бранко Колунџија, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(ментор)



др Драган Олџан, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Братислав Миловановић, редовни професор
Универзитет Сингидунум



др Златан Стојковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет