

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет
1. септембар 2021. године

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милана Игњатовића

Одлуком бр. 5031/13-3 од 18. јуна 2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Игњатовића под насловом

Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

31.10.2013. године Милан Игњатовић је уписао докторске академске студије Електротехнике и рачунарства, модул Нуклеарна, медицинска и еколошка техника, на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. На докторским студијама положио је све испите са просечном оценом 10,00.

28.11.2019. године Милан Игњатовић пријавио је тему за израду докторске дисертације под радним називом „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“.

03.12.2019. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно–научном већу на усвајање.

10.12.2019. године на 846. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5031/13-1 од 19.12.2019. године) у саставу

- др Милош Вујисић, доцент, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
- др Милорад Кураица, редовни професор, Универзитет у Београду - Физички факултет
- др Златан Стојковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

За ментора докторске дисертације предложен је др Јован Цветић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

15.01.2020. године кандидат је пред Комисијом полагао јавну усмену одбрану предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија је закључила да је кандидат добио оцену „задовољно“ и предложила да ментор докторске дисертације буде др Јован Цветић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

10.03.2020. године Наставно-научно веће Електротехничког факултета усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5031/13-2 од 10.03.2020. године).

30.04.2020. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације

29.04.2021. године Милан Игњатовић предао је на преглед и оцену докторску дисертацију под насловом „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“.

01.06.2021. 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.

09.06.2021. године Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5031/13-3 од 18.06.2021. године) у саставу

- др Јован Цветић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Милош Вујисић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Весна Јавор, ванредни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет
- др Жељко Ђуришић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Драган Олћан, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду - Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“ кандидата Милана Игњатовића припада научној области Електротехника и рачунарство и ужој научној области Физичка електроника, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор кандидата је др Јован Цветић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, члан Катедре за микроелектронику и техничку физику. Др Јован Цветић држи наставу на основним, мастер и докторским студијама при Катедри за микроелектронику и техничку физику. Један је од водећих истраживача у области физике електричних гасних пражњења, посебно у области атмосферских пражњења. Објавио је

преко 80 научних радова и преко 20 публикација са SCI листе, а одржао је више предавања по позиву на међународним конференцијама. Био је руководилац више тржишних пројеката, а руководилац је и пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Електродинамика атмосфере у урбаним срединама Србије“. Био је ментор и руководилац шест докторских дисертација и више магистарских и мастер теза.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милан Игњатовић је рођен 8. новембра 1989. године у Београду. Завршио је Гимназију у Обреновцу као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2008. године, а дипломирао у августу 2012. године на Одсеку за физичку електронику, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Дипломски рад под насловом "Електронска структура цилиндричних графенских нанотачака" одбранио је са оценом 10 под менторством др Милана Тадића. Мастер студије на Електротехничком факултету уписао је у октобру 2012. године на модулу Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Мастер рад под насловом "Утицај јачине пробојног електричног поља у корона омотачу на динамику повратног удара атмосферског пражњења" одбранио је у јуну 2013. године са оценом 10, под менторством др Јована Цветића. Докторске студије на Електротехничком факултету уписао је у октобру 2013. године на модулу Нуклеарна, медицинска и еколошка техника.

У априлу 2013. године запослио се на Електротехничком факултету у звању истраживач приправник као учесник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја "Физички и функционални ефекти интеракције зрачења са електротехничким и биолошким системима". У јануару 2015. и 2018. године биран је у звање асистента за област Физичка електроника, на Катедри за микроелектронику и техничку физику. Више од пет година је обављао дужност секретара Катедре. На Електротехничком факултету у Београду, учествовао је у настави из предмета на свим годинама основних студија: Физика 1, Лабораторијске вежбе из физике, Материјали у електротехници, Простирање оптичких таласа, Физичка електроника гасова и плазме. Аутор или коаутор је четири рада публикованих у часописима са импакт фактором, 16 радова саопштених на међународним конференцијама као и 3 рада на скуповима националног значаја. Добитник је награде за најбољи рад у секцији Антене и простирање 6. ICETRAN конференције одржане на Сребрном језеру 3-6. јуна 2019. године.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“ написана је на српском језику ћириличним писмом и има укупно 119 страна. Делови дисертације су:

- насловне стране на српском језику (1 страна) и енглеском језику (1 страна),
- страна са информацијама о ментору и члановима комисије,
- страна са изјавом захвалности,
- стране са подацима о докторској дисертацији на српском језику (1 страна) и енглеском језику (1 страна),
- садржај (2 стране),
- текст рада по поглављима:

1. Увод (16 страна),
 2. Динамика канала атмосферског пражњења током повратног удара (22 стране)
 3. Модел пражњења у гасу (16 страна),
 4. Нумеричке методе за решавање једначина дрифт-дифузионог модела (16 страна),
 5. Симулација корона пражњења у цилиндричној геометрији (14 страна),
 6. Простирање ударног таласа дуж надземног вода (10 страна),
 7. Закључак (3 стране),
- списак литературе (8 страна),
 - биографија аутора (1 страна),
 - Изјава о ауторству (1 страна),
 - Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада (1 страна) и
 - Изјава о коришћењу (2 стране).

Дисертација садржи 46 слика, 6 табела и 213 једначина. Списак литературе садржи 114 библиографских јединица наведених по редоследу цитирања у тексту дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу је представљена историја изучавања атмосферских пражњења између облака и земље, почев од експеримената *Franklin*-а средином XVIII века. Описани су процеси који се дешавају у облаку и каналу атмосферског пражњења. Приказани су методи квантитативног описивања утицаја атмосферских пражњења на систем за пренос електричне енергије. Дат је кратак опис корона пражњења при негативном и позитивном поларитету када је примењени напон једносмеран или када се примењује напонски импулс. Коначно, изложени су главни циљеви дисертације и мотивација за изучавање корона пражњења.

У другом поглављу је дат преглед резултата експеримената вештачки изазваних атмосферских пражњења. Описани су модели повратног удара са путујућим струјним извором и анализиран је утицај коефицијента рефлексије струјних импулса од земље. Развијен је инжењерски модел корона омотача канала атмосферског пражњења током повратног удара и приказани резултати модела који описују динамику наелектрисања у каналу и електрично поље у непосредној близини канала.

У трећем поглављу су изведене једначине дрифт-дифузионог модела електричног пражњења у гасу, почев од основних постулата кинетичке теорије. Наведени су најзначајнији процеси судара електрона и јона у ваздуху и на металним површинама. Дате су дефиниције транспортних и реакционих коефицијената и њихове вредности у зависности од интензитета електричног поља у ваздуху на атмосферском притиску. Дефинисан је математички модел коришћен при прорачунима просторне и временске зависности концентрација електрона, позитивних и негативних јона током корона пражњења.

У четвртном поглављу су описани нумерички методи коришћени при решавању система парцијалних диференцијалних једначина дрифт-дифузионог модела спрегнутих са *Poisson*-овом једначином за потенцијал. У геометрији коаксијалне жице и цилиндра где постоји радијална симетрија, 1D једначине су решаване методом коначних разлика. У геометрији жице постављене изнад савршено проводне равни, 2D једначине су решаване методом коначних елемената. Описана је процедура примене алгоритма корекције флукса неопходног

за отклањање појаве лажних осцилација и нумеричке дифузије код решавања једначина континуитета.

У петом поглављу су приказани резултати симулације корона пражњења у геометријама коришћеним у експериментима које су извели *Cooray* и *Noda*. Изведена је детаљна анализа целокупног процеса пражњења при примени стандардног напонског импулса атмосферског пражњења. Резултати прорачуна зависности генерисаног наелектрисања од примењеног напона (QV криве) су поређени са вредностима добијеним у експериментима које су извели *Cooray* и *Noda*. Разматрана је примена радијално симетричног модела при прорачуну у геометрији жице постављене изнад савршено проводне равни.

У шестом поглављу је објашњен поступак примене дрефт-дифузионог модела код укључивања ефекта короне при простирању ударног таласа атмосферског пражњења дуж надземног вода. Описан је метод нумеричког решавања једначина телеграфичара за струју и напон дуж вода. Извршена је симулација простирања ударног таласа у циљу упоређивања са резултатима експеримената које је извео *Wagner*.

У седмом поглављу су истакнути главни закључци и доприноси тезе, као и смернице за будућа истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Удари атмосферских пражњења су један од најчешћих узрока кварова на надземним водовима и разводним постројењима. У дисертацији су разматрани ефекти негативног атмосферског пражњења, с обзиром на то да ови удари чине око 90% свих пражњења између облака и земље. Струја атмосферског пражњења представља последицу неутрализације наелектрисања корона омотача. Из тог разлога је анализа динамике наелектрисања у корони кључна и за разумевање процеса повратног удара атмосферског пражњења. Показатељ савремености и оригиналности инжењерског модела корона омотача развијеног у дисертацији је да је кандидат држао усмене презентација радова на International Conference of Lightning Protection (ICLP).

Инжењерски модели се заснивају на феноменолошком описивању процеса, што омогућава лаку примену. Са друге стране, унапређење модела је немогуће без суштинског разумевања физичких процеса. У том циљу кандидат је спровео нумеричко решавање једначина дрефт-дифузионог модела. Овакав приступ је први пут примењен код симулације корона пражњења услед негативног стандардног импулса атмосферског пражњења. Корона која се формира око жичаних проводника је најзначајнији ефекат који утиче на промену облика напонског импулса током простирања дуж надземног вода.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Докторска дисертација садржи 114 библиографских референци које су наведене по редоследу цитирања у тексту. С обзиром на то да је у дисертацији представљена историја изучавања атмосферских пражњења и њиховог утицаја на објекте на земљи, референце из ових области датирају од двадесетих година XX века до пре неколико година. Међу цитираним референцама су и стандарди IEEE, IEC и CIGRE који се односе на утицај атмосферских пражњења на надземне водове. Из области моделовања повратног удара атмосферског пражњења цитирани су актуелни радови објављени у међународним часописима и саопштени на међународним конференцијама, укључујући и радове на којима је кандидат један од аутора. У опису основних процеса електричних пражњења у гасу и типова пражњења, дисертација се позива на референтне изворе из физике пражњења.

Наведени су и актуелни радови који се тичу моделовања и примене короне пражњења у различитим областима технике.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Ради формирања новог модела корона омотача канала атмосферског пражњења било је потребно извршити преглед релевантне литературе и упознати се са феноменолошким описом фазе повратног удара на којем се заснивају инжењерски модели. Дошло се до закључака који су показали простор за унапређење постојећих модела. У том смислу се појавила потреба за детаљнијом сликом физичких и хемијских процеса током пражњења у ваздуху на атмосферском притиску. Састављен је програм који решава једначине континуитета за концентрације више честица и рачуна електрично поље у простору између електрода. У том циљу су коришћени методи нумеричког решавања парцијалних диференцијалних једначина, као што су метод коначних разлика и метод коначних елемената. Резултати симулације су верификовани кроз поређења са резултатима експеримената доступним у литератури.

3.4. Применљивост остварених резултата

Сврха инжењерских модела повратног удара и динамике корона омотача је да обезбеде везу између струје у тачки удара и електричног поља у околини атмосферског пражњења, моделујући расподелу наелектрисања дуж канала. Процене електромагнетског поља се могу користити за прорачун индукованих напона на енергетским водовима и телекомуникационим системима. Познавање временске еволуције концентрација честица, позитивног и негативног наелектрисања добијених на основу дрефт-дифузионог модела електричног пражњења гасу је од значаја за унапређење инжењерских модела короне. Зависност генерисаног наелектрисања око жичаног проводника од примењеног напона (QV крива) може се користити код анализе простирања ударних таласа дуж надземног вода у присуству короне. Одређивање амплитуда и стрмине импулса који стиже до постројења је неопходно ради одређивања највишег напона опреме у разводном постројењу и спровођења поступка координације изолације.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Милан Игњатовић је брзо испитао проблематику моделовања фазе повратног удара атмосферског пражњења и већ у првој години докторских студија је објављен рад у међународном часопису на којем је кандидат први аутор. Показао је истрајност у дубљем истраживању физичких процеса електричних пражњења у гасу. Примена коришћених модела захтевала је програмерско умеће и упознавање са принципима паралелног програмирања на графичким картицама. Кандидат је у дисертацији показао способност повезивања различитих области, од симулације физичких процеса на микроскопском нивоу до закључака применљивих у инжењерској пракси.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији су остварени следећи научни доприноси:

- Формулисан је нови инжењерски модел корона омотача који може узети у обзир различите радијалне расподеле наелектрисања унутар канала.

- Извршена је анализа динамике наелектрисања у корона омотачу и временске зависности електричног поља у непосредној близини канала током повратног удара атмосферског пражњења на основу новог модела корона омотача и GTCS модела повратног удара са струјним рефлексима
- Развијена је нумеричка процедура којом се оптимизацијом вредности просторне густине наелектрисања добија вредност полупречника канала за који је интензитет електричног поља на спољној граници једнак критичној вредности
- Изведена је детаљна теоријска анализа короне при стандардном напонском импулсу атмосферског пражњења заснована на резултатима дрефт-дифузионог модела који описује кинетику наелектрисаних честица у јонизованом гасу.
- Постигнуто је слагање резултата нумеричких симулација QV крива за жичане проводнике са мереним вредностима при експериментима које су извели *Cooray* и *Noda* и потврђено да је могуће користити дрефт-дифузиони модел за процену QV крива за жице постављене изнад земље.
- Дрефт-дифузиони модел је имплементиран код прорачуна транзијентних струја и напона на надземном воду услед удара атмосферског пражњења.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Нови инжењерски модел корона омотача канала атмосферског пражњења омогућава изучавање различитих радијалних зависности просторне густине наелектрисања на динамику корона омотача, укључујући и специјалне случајеве које су испитивали други истраживачи. Једноставно се примењује код инжењерских модела повратног удара, па је могуће анализирати динамику наелектрисања дуж читавог канала. То су први кораци ка детаљнијем изучавању фазе повратног удара, с обзиром на велика растојања на којима се процес дешава. За изучавање корона пражњења око жичаних проводника коришћен је детаљан физички дрефт-дифузиони модел који омогућава испитивање временске еволуције концентрација појединачних честица током пражњења у гасу. Посебно су анализирани резултати зависности генерисаног наелектрисања од примењеног напона, који су поређени са резултатима експеримената доступним у литератури, при чему је постигнуто задовољавајуће слагање. Поновљени су ефекти који постоје код мерених резултата, које не показују постојећи инжењерски модели. Рачунарски изазов је имплементирати дрефт-дифузиони модел код прорачуна транзијентних струја и напона дуж надземног вода, што омогућава даље истраживања утицаја короне на простирање ударних таласа.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси остварени у оквиру докторске дисертације објављени су у следећим публикацијама сврстаним у категорије према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

Категорија M21

1. **Ignjatovic M.**, Cvetic J., “Drift-diffusion model of corona discharge in coaxial geometry due to negative lightning impulse voltage”, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 129 (2021): 106815, (ISSN: 0142-0615, IF (2021): 3.588, DOI: 10.1016/j.ijepes.2021.106815)

2. Tausanovic M., **Ignjatovic M.**, Cvetic J., Heidler F., Alimpijevic M., Pavlovic D., "Influence of current reflections from the ground on corona sheath dynamics during the return stroke", *Electric Power Systems Research*, Vol. 143 (2017): 84–98 (ISSN 0378-7796, IF (2017): 2.859, DOI: 10.1016/j.epsr.2016.10.035).
3. **Ignjatovic M.**, Cvetic J., Heidler F., Markovic S., Djuric R., "The influence of the breakdown electric field in the configuration of lightning corona sheath on charge distribution in the channel", *Atmospheric Research* Vol. 149 (2014): 333–345 (ISSN: 0169-8095, IF:2.844, DOI:10.1016/j.atmosres.2014.01.004.)

Категорија M22

1. Alimpijevic M., Stankovic K., **Ignjatovic M.**, Cvetic J., "The Maxwellian nature of free-electrons' gas spectrum of noble gases at low pressure", *Vacuum* Vol. 110 (2014): 19-23 (ISSN: 0042-207X, IF:1.858, M22, DOI: 10.1016/j.vacuum.2014.08.005)

Категорија M33

1. **Ignjatovic M.**, Cvetic J., Pavlovic D., "The Influence of Corona on the Lightning Surge Propagation Along Transmission Lines", *Proc. of the 6th International Confernece on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN* (2019): 103-106, Srebrno jezero, Serbia, (ISSN: 978-86-7466-785-9, M33)
2. Cvetic J., **Ignjatovic M.**, Pavlovic D., Heidler F., "Frequency Approach in the Analysis of the Lightning Current Ground Reflection Coefficient", *Proc. of the 34th International Conference on Lightning Protection ICLP* (2018), Rzeszow, Poland, (ISSN: 978-1-5386-6635-7, M33)
3. Cvetic J., **Ignjatovic M.**, Heidler F., Pavlovic D., "Soil Surge Characteristics During Lightning Discharge", *Proc. of the 5th International Confernece on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN* (2018): 609-613, Palić, Serbia, (ISSN: 978-86-7466-752-1, M33)
4. **Ignjatović M.**, Cvetić J., Pavlović D., Mijajlović N., "Numerical Simulation of DC Corona Discharge", *Proc. of 13th International Conference on Applied Electromagnetics – IIEC* (2017), Niš, Serbia, (ISSN: 978-86-6125-184-9, M33)
5. **Ignjatović M.**, Cvetić J., Mijajlović N., Pavlović D., "Modeling of the Influence of Corona on the Transmission Lines during Lightning Discharge", *Proc. of the 4th IcETRAN* (2017), Kladovo, Serbia, (ISSN: 978-86-7466-692-0, M33)
6. Cvetic J., Heidler F., **Ignjatovic M.**, Tausanovic M., Mijajlovic N., Pavlovic D., "Electric Field Close to Lightning Channel in the Presence of Current Reflections from the Ground", *Proc. of the 33rd International Conference on Lightning Protection ICLP* (2016), Estoril, Portugal, (ISSN: 978-972-96346-9-7, M33)
7. **Ignjatovic M.**, Heidler F., Cvetic J., Mijajlovic N., Pavlovic D., "Space Charge Distribution Inside the Corona Sheath During a Return Stroke", *Proc. of the 33rd International Conference on Lightning Protection ICLP* (2016), Estoril, Portugal, (ISSN: 978-972-96346-9-7, M33)

8. Tausanovic M., Cvetic J., **Ignjatovic M.**, Pavlovic D. and Mijajlovic N., "Evolution of the corona envelope in the presence of transition charge along lightning channel core", *Proc. of the 12th International Conference on Applied Electromagnetics - PES* (2015): 67-68, Niš, Serbia, (ISSN: 978-86-6125-145-0, M33)
9. **Ignjatovic M.**, Cvetic J., Heidler F., Pavlovic D. and Mijajlovic N., "Transition line charge distribution along the lightning channel core during return stroke", *Proc. of the 12th International Conference on Applied Electromagnetics - PES* (2015): 69-70, Niš, Serbia, (ISSN 978-86-6125-145-0, M33)
10. **Ignjatović M.**, Cvetić J., Tausanović M., Pavlović D., Mijajlović N., Djurić R., Ponjavić M., Pavlović D.Š., "Lightning corona sheath evolution in the presence of the current ground reflections during the return stroke", *Proceedings of the 2nd IcETRAN* (2015), Silver Lake, Serbia, (ISSN: 978-86-80509-71-6, M33)
11. Cvetic J., **Ignjatovic M.**, Pavlovic D., Djuric R., Ponjavic M., Sumarac Pavlovic D., Trifkovic Z., Mijajlovic N., "Lightning Corona Sheath Dynamics Based on a Generalized Space Charge Distribution", *32nd International Conference on Lightning Protection ICLP* (2014): 29-31, Shanghai, China, (ISSN: 978-1-4799-3544-4, DOI: 10.1109/ICLP.2014.6973149, M33), (IEEE pp. 364 - 366)
12. **Ignjatovic M.**, Cvetic J., Pavlovic D., Djuric R., Ponjavic M., Sumarac Pavlovic D., Trifkovic Z., Mijajlovic N., " Generalized Traveling Current Return Stroke Model with Current Reflections and Attenuation Along the channel ", *32nd International Conference on Lightning Protection ICLP* (2014): 32-36, Shanghai, China, (ISSN: 978-1-4799-3544-4, DOI: 10.1109/ICLP.2014.6973150, M33), (IEEE pp. 367 - 371).
13. **Ignjatovic M.**, Cvetic J., Tausanovic M., Pavlovic D., Djuric R., Ponjavic M., Sumarac Pavlovic D. and Mijajlovic N., "Calculation of Lightning Channel Line Charge Density Using Very Close Electric Field Measurements", *27th Summer School and International Symposium on Physics of Ionized Gases- SPIG* (2014): 379-382, Belgrade, Serbia, (ISSN 978-86-7762-600-2, M33)
14. Tausanovic M., Cvetic J., **Ignjatovic M.**, Pavlovic D., Djuric R., Ponjavic M., Sumarac Pavlovic D. and Mijajlovic N., "The Influence of the Lightning Current Reflections From The Ground on Electric Field Near Channel Core", *27th Summer School and International Symposium on Physics of Ionized Gases- SPIG* (2014): 383-386, Belgrade, Serbia, (ISSN 978-86- 7762-600-2, M33).
15. Markovic S., Cvetic J., Pavlovic D., **Ignjatovic M.**, "Applicability of the Gauss' law on Lightning Channel Corona Sheath Modeling", *Proc. of the 21st TELFOR* (2013): 681-684, Belgrade, Serbia, (ISSN: 9781479914180, M33).
16. **Ignjatović M.**, Cvetić J., Heidler F., Marković S., Pavlović D., Đurić R., Šumarac Pavlović D., Trifković Z., "Dynamics of the Lightning Channel using Generalized Traveling Current Source Return Stroke Model", *11th International Conference on Applied Electromagnetics - IIEC* (2013), Niš, Serbia, (ISSN: 978-86-85195-83-9, M33).

Категорија М63

1. Павловић Д., Миловановић Г., Цветић Ј., Мијајловић Н., **Игњатовић М.**, "Нумеричко решење Волтерине интегралне једначине прве врсте за генерализани модел повратног

удара са путујућим струјним извором“, *Zbornik 61. Konferencije ETRAN* (2017), Kladovo, Srbija, (ISSN: 978-86-7466-692-0, M63)

2. Tausanović M., Živanić J., **Ignjatović M.**, Cvetić J. “Nelinearno ponašanje koeficijenta refleksije struje pri povratnom udaru AP”, *Зборник 60. Конференције ETRAN* (2016): AP1.3-AP1.6, Zlatibor, Srbija, (ISSN: 978-86-7466-618-0, M63).
3. Таушановић М., Цветић Ј., **Игњатовић М.**, Павловић Д., Мијајловић Н., „Утицај отпора уземљења објекта на струју атмосферског пражњења у тачки удара“, *Зборник садржаја реферата ЦИРЕД* (2014): 57-58, Врњачка Бања, Србија

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Током истраживања и рада на дисертацији кандидат је показао висок степен способности за самосталан научно-истраживачки рад. Докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе у виду нових модела фазе повратног удара атмосферских пражњења применљивих у инжењерској пракси и теоријске анализе корона пражњења у цилиндричној геометрији. Наведени резултати објављени су у врхунским међународним часописима и саопштени на угледним међународним конференцијама.

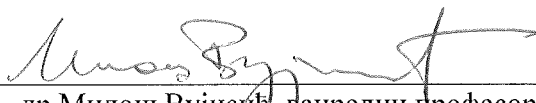
На основу свега наведеног Комисија констатује да су испуњени сви формални и суштински услови предвиђени Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија има задовољство да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“ кандидата Милана Игњатовића прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 1.9.2021. године

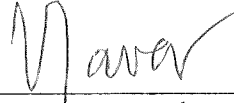
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Јован Цветић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



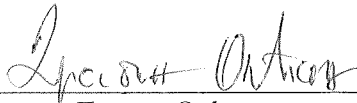
др Милош Вујисић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Весна Јавор, ванредни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Жељко Ђуришић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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