

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Драгана Павловића**

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5002/12-3 од 22.3.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Драгана Павловића** под насловом

**„Еволуција плазма канала код тригерованих атмосферских пражњења“**  
(енгл. „*Evolution of the plasma channel in the triggered lightning discharge*“)

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

**13.11.2012.** године Драган Павловић је уписао докторске академске студије Електротехнике и рачунарства, модул Наноелектроника и фотоника, на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Положио је све испите (10) на докторским студијама са просечном оценом 10,00.

**26.9.2017.** године Драган Павловић је пријавио тему за израду докторске дисертације под радним називом „Еволуција плазма канала код тригерованих атмосферских пражњења“.

**3.10.2017.** године Комисија за студије III степена, разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и упутила Наставно-научном већу предлог за именовање Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације.

**20.10.2017.** године, на 818. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета, именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5002/12-1 од 20.10.2017. године) у саставу:

- Др Петар Матавуљ, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- Др Жељко Ђуришић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет,

- Др Предраг Маринковић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

За ментора је предложен

- Др Јован Цветић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

**1.11.2017.** године је обављена јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред Комисијом у саставу:

- Др Петар Матавуљ, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- Др Жељко Ђуришић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет,
- Др Предраг Маринковић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На одбрани су били присутни сви чланови Комисије. Комисија је закључила да је кандидат добио оцену „**задовољно**“. Комисија је предложила да ментор докторске дисертације буде др Јован Цветић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

**5.12.2017.** године, на 821. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5002/12-2 од 5.12.2017. године).

**25.12.2017.** године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Драгана Павловића, под насловом „Еволуција плазма канала код тригераних атмосферских пражњења“ (Одлука бр. 61206-5177/2-17 од 25.12.2017. године).

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.

**28.2.2019.** године Драган Павловић је предао на преглед и оцену докторску дисертацију под насловом „Еволуција плазма канала код тригераних атмосферских пражњења“ (енгл. „Evolution of the plasma channel in the triggered lightning discharge“).

**5.3.2018.** године Комисија за студије III степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

**12.3.2019.** године на 837. Седници Наставно-научно веће Електротехничког факултета, именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (Одлука бр. 5002/12-3 од 22.3.2019. године), у саставу:

- Др Јован Цветић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,

- Др Томислав Шекара, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет,
- Др Милорад Кураица, редовни професор, Универзитет у Београду – Физички факултет.

## 1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Еволуција плазма канала код тригераних атмосферских пражњења“ припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа научна област Физика плазме, за коју је матичан Електротехнички факултет 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 је изабран у звање редовног професора за исту научну област и држи наставу на основним, мастер и докторским студијама при Катедри за микроелектронику и техничку физику. Активно се бави истраживањем из наведене научне области и аутор је или коаутор већег броја радова у међународним часописима са импакт фактором, који га квалификују за вођење ове дисертације. Релевантни радови ментора су наведени приликом пријаве теме дисертације кандидата.

## 1.3 Биографски подаци о кандидату

Драган М. Павловић је рођен 13. септембра 1988. године у Горњем Милановцу. Основну школу „Свети Сава“ у Горњем Милановцу, уписао је 1995. године, а завршио је 2003. године као носилац Вукове дипломе. После тога је завршио средњу школу у Горњем Милановцу 2007. године као носилац Вукове дипломе и као носилац треће награде на републичком такмичењу из енергетске електронике 2006. године. Основне академске студије, завршио је у јулу 2011. године на Електротехничком факултету у Београду, на Одсеку за физичку електронику, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника, са просечном оценом 8,44. Дипломски рад под називом „Високоимпедансни јединични појачавач напона мале дисторзије“, одбранио је са оценом 10 под менторством др Слободана Петричевића.

Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, уписао је у октобру 2011. године на модулу Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Испите је положио са просечном оценом 10,00, а мастер рад под називом „Температурно стабилисан ЛЕД“, одбранио је у јуну 2012. са оценом 10 под менторством др Слободана Петричевића.

Докторске академске студије је уписао новембра 2012. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Наноелектроника и фотоника. Положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 10,00 и успешно је реализовао све обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија.

У фебруару 2013. године, запослио се на Електротехничком факултету у звању истраживач-приправник као учесник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под бројем ТР37012 „Електродинамика атмосфере у урбаним срединама Србије“ на којем и сада учествује. У фебруару 2015. године, изабран је у звање истраживач-сарадник, а у фебруару 2018. је реизабран у исто звање.

Током свог досадашњег рада на Електротехничком факултету у Београду, кандидат је учествовао у научно-истраживачком раду из области физике плазме, физике атмосферских

пражњења и нумеричке математике. Драган Павловић је аутор или коаутор три научна рада у часописима са SCI листе, двадесет један рад на конференцијама међународног значаја и пет радова на конференцијама националног значаја од којих је већина цитирана.

Такође, учествовао је у експерименталном раду и унапређивању лабораторијских вежби у Лабораторији за Климатологију и екологију атмосфере на Електротехничком факултету.

Кандидат је добио Захвалницу регионалног центра за таленте Београд II за допринос у развоју рада са надареном и талентованом школском популацијом, у склопу програмског рада центра за таленте у школској 2017/2018. години.

Активно говори енглески језик, а служи се и немачким језиком.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација Драгана Павловића под насловом „Еволуција плазма канала код тригераних атмосферских пражњења“, написана је на енглеском језику („*Evolution of the plasma channel in the triggered lightning discharge*“) и има укупно 165 страна. По форми и структури одговара Упутству за обликовању докторске дисертације и Упутству за формирање репозиторијума докторских дисертација Универзитета у Београду од 14.12.2011. године. На почетку се налазе насловна страна и сажетак на енглеском и српском језику, као и садржај. Текст дисертације се састоји из 7 поглавља, а на крају се налази закључак, преглед коришћене литературе и прилози. Поглавља су организована у следећем редоследу (оригинални назив на енглеском је у загради): 1. Увод (*Introduction*), 2. Електрично пражњење у гасовима (*Electric discharge in gases*), 3. Физика атмосферских пражњења и моделовање канала муње (*The Physics of the Lightning discharge and lightning channel modeling*), 4. Моделовање динамике канала муње и његових ефеката (*Modeling of the lightning channel dynamics and its effects*), 5. Еволуција канала муње (*Evolution of the lightning channel*), 6. Алгоритми за израчунавање функције пражњења (*Algorithms for the calculation of the channel discharge function*), 7. Закључак (*Conclusion*). После прегледа коришћене литературе (наведених по редоследу цитирања у тексту), налази се део са прилозима (*Appendix A-C*). На самом крају дисертације, налазе се обавезни прилози: биографија и три неопходне изјаве аутора (о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије, коришћењу).

### 2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном, поглављу, дат је преглед проблема моделовања канала муње, као и моделовања еволуције самог канала, а затим је улога и значај ове теме размотрен са аспекта физике. У овом поглављу су наведене претпоставке за моделовање процеса, као и начини на који се одређени проблеми могу превазићи. Истакнути су, осим полазних хипотеза, и научни доприноси проистекли из рада на дисертацији и на крају је укратко описана даља структура дисертације.

Друго поглавље је посвећено основним чињеницама везаним за електрично пражњење у гасовима. Такође, детаљно је описан стримерски и Таузендов механизам пробоја у гасу. На крају овог поглавља, дат је детаљан опис електричног лука. Ова врста пражњења у гасовима је по својим карактеристикама најсличнија атмосферским пражњењима.

У трећем поглављу, представљени су основни физички механизми код атмосферских пражњења као и модели за моделовање повратног удара. Посебна пажња је посвећена TL моделима (Transmission line type models), као и опису TCS модела (Traveling current source type models). Највише пажње је посвећено опису GTCS модела (Generalized traveling current return stroke model). Ово је урађено због тога што је овај модел по први пут коришћен да би се описали физички процеси унутар канала атмосферског пражњења (АП). У описивању динамике канала муње до сада су најчешће коришћени TL модели, али они су искључивали могућност моделовања динамике канала АП, јер су унапред дефинисане карактеристике канала.

У поглављу 4, дата је детаљна теоријска анализа динамике корона омотача АП у хоризонталном попречном пресеку. У обзир су узети електростатички ефекти, док су остали ефекти занемарени. Дат је детаљан преглед експеримената који су коришћени за верификацију резултата теоријског прорачуна из поглавља 5.

У петом поглављу је приказан допринос дисертације који је везан за проучавање еволуције канала муње у временском домену. Дати су резултати прорачуна електричног поља дуж осе канала муње, као и профили подужне електричне проводности дуж осе језгра. Добијени теоријски резултати се добро слажу са експериментом. На крају је анализиран утицај рефлексија струје о земљу на динамику канала АП.

Шесто поглавље је посвећено израчунавању функције пражњења канала муње (функција пражњења је уведена у оквиру GTCS модела). Добијени резултати ће у будућности омогућити детаљнији увид у физичке процесе који се одигравају унутар канала АП. Ова функција се добија решавањем нелинеарне, нехомогене Волтерине интегралне једначине прве врсте. Детаљно је приказан аналитички метод који даје решења, као и нумерички методи који дају конвергентна решења. Урађена је компаративна анализа метода и дата су решења за неколико примера.

Седмо поглавље представља Закључак, у коме је дат преглед најважнијих решења и резултата који су проистекли из претходних истраживања. Дисертација има три прилога, како би се избегло оптерећење главног текста математичким изразима и извођењима и олакшало праћење.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1 Савременост и оригиналност**

Електричне појаве у атмосфери су у жижи интересовања научне јавности већ више од две деценије од када је утврђена линеарна колерација између глобалне учестаности и интензитета атмосферских пражњења (АП) и пораста температуре на површи Земље. Пражњења облак-земља као и надоблачна пражњења су области од посебног интереса у оквиру физике атмосфере. Тема ове дисертације је везана за пражњења облак-земља, која су од великог интереса за изучавање физике плазме и електродинамике атмосфере.

Заправо, канал АП који је високојонизован (тзв. нагло створена плазма) у електро-динамичком смислу представља веома стабилну структуру која траје много дуже него што се очекује на основу теоријских разматрања и лабораторијских симулација. Наиме, одсуство пинч ефекта код плазмених структура са израженом подужном геометријом и јаком струјом је крајње необично. У последње време се у физици плазме врше истраживања и покушава се да се бар делимично објасни стабилност канала АП при повратном удару. Паралелно са овим

истраживањима развијају се напредни, детаљни и ефикасни методи за моделовање физичких процеса у каналу АП.

Ова област науке је интересантна и са инжењерског аспекта због огромне штете коју могу проузроковати АП.

Оригиналност и савременост своје дисертације кандидат је потврдио објављивањем радова произашлих из рада на дисертацији, у међународним часописима са импакт фактором, међу којима је и један рад у врхунском међународним часописом (M21) и два рада у истакнутом међународном часопису (M22), као и цитираношћу резултата.

### 3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Током рада на дисертацији, кандидат Драган Павловић је детаљно анализирао одговарајућу литературу, која припада области физике плазме, физике атмосферских пражњења и нумеричке математике. Доступна коришћена литература, чији је преглед дат у дисертацији, обухвата 109 наслова, који се превасходно односе на радове објављене у међународним и домаћим часописима, радове излагане на конференцијама, стручне књиге као и докторске дисертације одбрањене на домаћим и страним универзитетима. У списку литературе налазе се и радови у којима је и кандидат Драган Павловић аутор. Проучавањем споменуте литературе кандидат је сагледао актуелно стање, недостатке постојећих модела и формирао полазне хипотезе, као и методе које су примењене током израде дисертације.

### 3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

У првој фази истраживања, било је потребно проучити релевантну научну литературу и упознати се са постојећим моделима. Истраживање у оквиру ове дисертације представљало је комбинацију аналитичких и нумеричких метода који су примењени у неколико прорачуна, као и експерименталне верификације појединих прорачуна:

- За рачунање електричног поља унутар канала муње, коришћене су интегралне методе израчунавања поља примењене на разне инжењерске моделе повратног удара.
- За израчунавање подужне електричне проводности канала муње, као и за добијање временског профила проводности, примењен је Омов закон у локалном облику.
- Претходна два прорачуна су верификована на основу експерименталних резултата. Поклапања су задовољавајућа и није потребно уносити корекције у теоријске моделе.
- За тачно израчунавање функције пражњења из Волтерине интегралне једначине прве врсте коришћен је метод Лапласове трансформације који се уобичајено примењује за једначине ове врсте. Познате функције су представљене преко Мејер G функције и трансформисане су у комплексни домен, одакле се крајње решење добија инверзном Лапласовом трансформацијом. Као метод за инверзну Лапласову трансформацију коришћен је метод Гавер-а. Овај метод споро конвергира.
- За брзо израчунавање функције пражњења из Волтерине интегралне једначине прве врсте, треба применити или унапредити нови нумерички метод. Коришћена су два приступа. Један је метод конволуционих квадрата, који је доста брз, има сложенији алгоритам, а при томе се директно ослања на аналитички метод. Метод модификоване композитне трапезне формуле је најбржи, има задовољавајућу прецизност, док је поступак добијања крајњег решења крајње једноставан.
- Извршено је поређење споменутих метода по свим критеријумима.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе одговарају спроведеном научно-истраживачком раду, као и теми дисертације. Примена

наведених метода омогућила је развој и унапређење метода за прорачун одговарајућих физичких величина, што представља основни допринос ове дисертације. У предложеним методама су укључени постојећи резултати из доступне литературе.

### 3.4 Применљивост остварених научних резултата

На основу добијених резултата за електрично поље и подужну проводност, резултата експеримената, као и добро познатих формула које се користе у спектроскопији плазме, могуће је добити карактеристике канала АП у интегралном облику – концентрација, температура и покретљивост носилаца, полупречник канала, као и јачина струје у каналу. Емитовани спектар се мери из целог канала, па мерења исказују средњу вредност у просторном смислу.

Ако бисмо желели да сагледамо праву физичку слику, тј. да одредимо расподелу тражених параметара (температура, концентрација и покретљивост носилаца) дуж аксијалног и радијалног правца, потребно је развити нове методе и алгоритме у којима ће се као основни параметра користити функција пражњења која је израчуната у овој дисертацији.

Као што можемо видети добијени резултати имају велику примену у савременој науци, како у овом тренутку, тако и у будућности.

### 3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални рад

Кандидат Драган Павловић је у процесу израде дисертације показао иницијативу, способност самосталног изучавања литературе, систематичност, истрајност и могућност примене резултата из различитих области. Оригинални научни доприноси проистекли из рада на дисертацији, потврђени већим бројем објављених радова и цитата (видети 4.3), говоре у прилог томе да је Драган Павловић стекао добре основе за самостални научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1 Приказ остварених научних доприноса

Главни научни доприноси ове дисертације су:

1. Тачно израчунато аксијално поље дуж осе канала муње.
2. Израчунат временски профил подужне проводности дуж језгра канала муње.
3. Одређивање интегралних карактеристика канала муње на основу експеримента.
4. Алгоритам за аналитичко решавање Волтерине интегралне једначине прве врсте коришћењем Мејџер G функције.
5. Алгоритам за нумеричко решавање Волтерине интегралне једначине прве врсте коришћењем метода Lubich-a.
6. Алгоритам за нумеричко решавање Волтерине интегралне једначине прве врсте коришћењем метода модификоване композитне трапезне формуле.

## 4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Проблематика која је обрађена у дисертацији Драгана Павловића представља и даље изазов у научној заједници, како са инжењерског аспекта, с обзиром на потешкоће приликом експерименталног рада, тако и чисто научног, јер постојећи модели у литератури не успевају да у потпуности одговоре на моделовање процеса унутар канала муње.

До сада, колико је нама познато, у литератури није извршен прорачун електричног поља дуж језгра канала муње. Прорачун који је спроведен у оквиру дисертације, у том погледу, представља новину. За израчунавање електричног поља су примењене различите нумеричке интегралне методе. С обзиром да се ради о тродимензионалним интегралима, посебну пажњу треба обратити на тачност резултата, односно на корак при сабирањима доприноса елементарних поља, јер је могућа појава дисконтинуитета. У нашем случају, израчунато аксијално поље је без дисконтинуитета (као и струја у језгру), са смером од тла ка облаку (за негативне повратне ударе). Максимални интензитет аксијалног поља је свуда мањи од пробојног поља на површи корона омотача. Такође, средње вредности израчунатог поља треба да буду у складу са експериментом. Оно што се може окарактерисати као секундарни резултат је то, да је вредност електричног поља у једном хоризонталном пресеку канала приближно константна (ако се посматра потег од језгра ка корона омотачу).

Код израчунавања подужне проводности канала АП, коришћена је најједноставнија релација, тј. Омов закон у локалном облику. У првој апроксимацији претпостављено је да су густина аксијалне струје и вертикално поље у језгру повезани скаларном проводношћу. Максимална вредност подужне скаларне проводности је реда величине неколико десетина  $kS/m$ , а то је резултат који је процењен из спектроскопских мерења температуре плазме у каналу. Евентуалне инверзије поља (супротни смерови поља и густине струје), представљају озбиљну ману појединог модела.

За израчунавање функције пражњења, предложена су три метода, један аналитички који је уједно и доказ да се једначину могуће решити и два нумеричка метода. Ове три предложене методе, могу се поредити према различитим критеријумима. Даћемо кратак преглед сваке методе.

Метод Лапласове трансформације представља аналитичко решење проблема. Недостатак је то да инверзна Лапласова трансформација траје исувише дуго.

Метод конволуционих квадратура је специјални метод који је развио аустријски математичар Lubich за проблеме у решавању интегралних једначина, а ослања се на аналитичко решење проблема. У суштини, овај метод даје ефикасну апроксимацију конволуционих интеграла. Квадратурне тежине у овом методу се одређују уз помоћ Лапласове трансформације и линеарних вишекорачних метода. Ова метода је конвергентна и стабилна, али у раду са импулсним функцијама, постоје неке модификације које смо увели да би олакшали решавање проблема. Нумерички резултати показују да је CQ метода ефикасна за решавање проблема.

Трећи метод (метод модификоване композитне трапезне формуле) који је примењен је прецизан, ефикасан и релативно једноставан нумерички метод. Његове предности у односу на остале методе су те што има мању сложеност алгорита и најкраће време израчунавања.



### 4.3 Верификација научних dopриноса

Научни доприноси су потврђени радовима који су распоређени по категоријама.

#### Списак објављених радова

Радови објављени у међународним часописима (M20):

1. **D. Pavlovic**, J.Cvetic, F. Heidler, R. Djuric , “Vertical Electric Field Inside the Lightning Channel during Discharge – Comparison of Different Return Stroke Models”, *Electric Power System Research*, Volume 13, August 2014, 30-40, DOI: 10.1016/j.epsr.2014.02.026.

(ISSN: 0378-7796, IF(2014): 2.234, **M21**)

#### **Публикација која цитира рад 1:**

J. Cen, P. Yuana, S. Xue, and X. Wang, Resistance and internal electric field in cloud-to-ground lightning channel, *Appl. Phys. Lett.* 106, 054104 (2015); <https://doi.org/10.1063/1.4907287>.

2. M. Tausanovic, M. Ignjatovic, J. Cvetic, F. Heidler, M. Alimpijevic, **D. Pavlovic**, “Influence of current reflections from the ground on corona sheath dynamics during the return stroke”, *Electric Power Systems Research*, Volume 143, February 2017, 84–98, DOI: 10.1016/j.epsr.2016.10.035.

(ISSN: 0378-7796, IF(2017): 2.859, **M22**)

#### **Публикација која цитира рад 2:**

T. An, P. Yuan, G. Liu, J. Cen, X. Wang, M. Zhang, and Y. An, The radius and temperature distribution along radial direction of lightning plasma channel, *Physics of Plasmas* 26, 013506 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5059363> .

3. **D. Pavlovic**, G. Milovanovic, J. Cvetic, “Calculation of the channel discharge function for the generalized lightning traveling current source return stroke model”, *Filomat*, Volume 32, Number 20, 6937–6951, 2018, DOI: 10.2298/FIL1820937P.

(ISSN: 2406-0933, IF(2017): 0.857, **M22**)

Радови саопштени на међународним научним скуповима (M33):

1. **D. Pavlovic**, G.V.Milovanovic, “Numerical methods for Volterra integral equation in the calculation of the channel discharge function”, *Scientific conference dedicated to the 70th birthday of academician Gradimir V. Milovanovic*, Tuesday, November 13, 2018, Serbian Academy of Arts and Sciences.

2. **D. Pavlovic**, M. Ignjatovic, “Sokol Movement in Modern Serbia”, *Scientific Conference Multidisciplinary Approach to Contemporary Research*, 24-25th November 2018, Belgrade, ISBN 978-86-6179-062-1 (CIK).
3. **D. Pavlovic**, J. Cvetic, “Evolution of plasma channel in triggered lightning discharges”, *Scientific Conference Multidisciplinary Approach to Contemporary Research*, 24-25th November 2018, Belgrade, ISBN 978-86-6179-062-1 (CIK).
4. J. Cvetic, V. Malic, **D. Pavlovic**, N. Mijajlovic, R. Kovacic, M. Cvejic, B. Juranovic, M. Ignjatovic, D. Flores, “Old Machines for the New Age”, *Trends in heritology: Industrial and intangible heritage*, Belgrade, 28.06.2018, ISBN 978-86-6179-063-8 (CIK).
5. **D. Pavlovic**, J. Cvetic, “Stadion for Grand, Belgrade Slavic Sokol Slet in 1930”, *Trends in heritology: Industrial and intangible heritage*, Belgrade, 28.06.2018, ISBN 978-86-6179-063-8 (CIK).
6. J. Cvetic, M. Ignjatovic, **D. Pavlovic**, F. Heidler, “Frequency Approach in the Analysis of the Lightning Current Ground Reflection Coefficient”, *34th International Conference on Lightning Protection ICLP*, September 02-07, 2018, Rzeszow, Poland, 978-1-5386-6635-7/18/\$31.00 ©2018 IEEE.
7. J. Cvetic, M. Ignjatovic, F. Heidler, **D. Pavlovic**, “Soil Surge Characteristics During Lightning Discharge”, *5<sup>th</sup> International Conferenece on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN*, June 11-14, 2018, Palić, Serbia, Proceedings of Papers, pp. 609-613, ISBN 978-86-7466-752-1.
8. **D. Pavlović**, G. Milovanović, J. Cvetić, “Calculation of the channel discharge function for the generalized lightning traveling current source return stroke model”, *ACTA 2017: APPROXIMATION AND COMPUTATION – THEORY AND APPLICATIONS*, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Belgrade, Serbia, 30. Nov - 02. Dec, 2017.
9. M. Ignjatović, J. Cvetić, **D. Pavlović**, N. Mijajlović, “Numerical Simulation of DC Corona Discharge”, *13th International Conference on Applied Electromagnetics – IIEC 2017*, 978-86-6125-184-9, Niš, Serbia, 30. Aug - 01. Sep, 2017.
10. M. Ignjatović, J. Cvetić, N. Mijajlović, **D. Pavlović**, “Modeling of the Influence of Corona on the Transmission Lines during Lightning Discharge”, *4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2017*, Društvo za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, pp. API1.7.1 - API1.7.4, 978-86-7466-692-0, Kladovo, Srbija, 5. - 8. Jun, 2017.

11. J. Cvetic, F. Heidler, M. Ignjatovic, M. Tausanovic, N. Mijajlovic, **D. Pavlovic**, “Electric Field Close to Lightning Channel in the Presence of Current Reflections from the Ground”, *33<sup>rd</sup> International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Estoril, Portugal, sept. 25-30, 2016.
12. M. Ignjatovic, F. Heidler, J. Cvetic, N. Mijajlovic, **D. Pavlovic**, “Space Charge Distribution Inside the Corona Sheath During a Return Stroke”, *33<sup>rd</sup> International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Estoril, Portugal, sept.25-30, 2016.
13. M. Tausanovic, J.Cvetic, M. Ignjatovic, **D. Pavlovic** and N. Mijajlovic, “Evolution of the corona envelope in the presence of transition charge along lightning channel core”, *12<sup>th</sup> International Conference on Applied Electromagnetics - PES 2015*, Aug. 31 – Sep. 02, 2015, Niš, Serbia, ISBN 978-86-6125-145-0, p.67-68.
14. M. Ignjatovic, J. Cvetic, F. Heidler, **D. Pavlovic**, N. Mijajlovic, “Transition line charge distribution along the lightning channel core during return stroke”, *12<sup>th</sup> International Conference on Applied Electromagnetics - PES 2015*, Aug. 31 – Sep. 02, 2015, Niš, Serbia, ISBN 978-86-6125-145-0, p.69-70.
15. M. Ignjatović, J. Cvetić, M. Tausanović, **D. Pavlović**, N. Mijajlović, R. Djurić, M. Ponjavić, D. Š. Pavlović, “Lightning corona sheath evolution in the presence of the current ground reflections during the return stroke”, *Proceedings of 2nd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2015*, Silver Lake, Serbia, June 8 – 11, 2015, ISBN 978-86-80509-71-6, pp. API1.2.1-5.
16. J. Cvetic, M. Ignjatovic, **D. Pavlovic**, R. Djuric, M. Ponjavic, D. Sumarac Pavlovic, Z. Trifkovic, N. Mijajlovic, "Lightning Corona Sheath Dynamics Based on a Generalized Space Charge Distribution", *2014 International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Shanghai, China, DOI: [10.1109/ICLP.2014.6973149](https://doi.org/10.1109/ICLP.2014.6973149), pp. 29-31 (IEEE pp. 364 - 366).
17. M. Ignjatovic, J. Cvetic, **D. Pavlovic**, R. Djuric, M. Ponjavic, D. S. Pavlovic, Z. Trifkovic, N. Mijajlovic, "Generalized Traveling Current Return Stroke Model with Current Reflections and Attenuation Along the channel ", *2014 International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Shanghai, China, DOI: [10.1109/ICLP.2014.6973150](https://doi.org/10.1109/ICLP.2014.6973150), pp. 32-36 (IEEE pp. 367 - 371).
18. 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”, *27<sup>th</sup> Summer School and International Symposium on Physics of Ionized Gases- SPIG 2014*, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-7762-600-2, pp. 379-382.
19. M. Tausanovic, J. Cvetic, M. Ignjatovic, **D. Pavlovic**, R. Djuric, M. Ponjavic, D. Sumarac Pavlovic and N. Mijajlovic, “The Influence of the Lightning Current Reflections From The Ground on Electric Field Near Channel Core”, *27<sup>th</sup> Summer School and International Symposium on Physics of Ionized Gases- SPIG 2014*, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-7762-600-2, pp. 383-386.

20. S. Markovic, J. Cvetic, **D. Pavlovic**, M. Ignjatovic, "Applicability of the Gauss' law on Lightning Channel Corona Sheath Modeling", *21st Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2013, pp. 681-684 (ISBN: 9781479914180).

21. M. Ignjatović, J. Cvetić, F. Heidler, S. Marković, **D. Pavlović**, R. Đurić, D. Šumarac Pavlović, Z. Trifković, "Dynamics of the Lightning Channel using Generalized Traveling Current Source Return Stroke Model", *11th International Conference on Applied Electromagnetics - ПЕС 2013*, Niš, 2013 (ISBN: 978-86-85195-83-9).

#### Радови саопштени на националним научним скуповима (МБЗ):

1. **Д. Павловић**, Г. Миловановић, Ј. Цветић, Н. Мијајловић, М. Игњатовић, „Нумеричко решење Волтерине интегралне једначине прве врсте за генералисани модел повратног удара са путујућим струјним извором“, *Zbornik 61. Konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku ETRAN 2017*, pp. AP1.3.1 - AP1.3.5, 978-86-7466-692-0, Kladovo, Srbija, 5. - 8. Jun, 2017.

2. М. Таушановић, Ј. Цветић, М. Игњатовић, **Д. Павловић**, Н. Мијајловић, „Утицај отпора земљења објекта на струју атмосферског пражњења у тачки удара“, *ЦИРЕД 2014*, Зборник садржаја реферата, стр. 57-58.

3. **D. Pavlović**, J. Cvetić, S. Marković, R. Djurić, M. Ponjavić, D. Šumarac, Z. Trifković, B. Trajkovski, "Generalized TCS model with the Current Reflection at Ground and at the Upper End of the Lightning Channel", *57. Konferencija ETRAN-a*, Zlatibor, 3-6 juna 2013, pp. AP1.2-23 (ISBN: 978-86-7892-447-7).

4. J. Cvetić, **D. Pavlović**, S. Marković, R. Djurić, M. Ponjavić, D. Šumarac, Z. Trifković, B. Trajkovski, "Modified Lightning Traveling Current Source Return Stroke Model", *57. Konferencija ETRAN-a*, Zlatibor, 3-6 juna 2013, pp. AP1.2-23 (ISBN: 978-86-7892-447-7).

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног, Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Драгана Павловића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, под насловом „Еволуција плазма канала код тригераних атмосферских пражњења“ (енгл. „*Evolution of the plasma channel in the triggered lightning discharge*“) испуњава све формалне и суштинске услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета. **Напомена:** дисертација је написана на енглеском језику.

Значај истаживања, огледа се у развоју напредних, детаљних и ефикасних аналитичких и нумеричких метода, чијом применом треба да се постигне разумевање појединих физичких ефеката, као и њихових комбинација у каналу АП. Докторска дисертација кандидата Драгана Павловића садржи више научних доприноса од којих бисмо као најважније издвојили: (1) израчунато аксијално електрично поље дуж осе језгра канала АП, (2) израчунат временски профил проводљивости језгра канала АП и (3) развијени су и предложени прецизни, ефикасни и релативно једноставни аналитички и нумерички поступци

за израчунавање функције пражњења у GTCS modelu. Резултати из ставки (1) и (2) су експериментално верификовани.

На основу дисертације, види се да кандидат прати савремене трендове развоја у области физике атмосферских пражњења и да је спровео прорачуне, који су експериментално верификовани. Кандидат је способан да самостално и успешно примењује и реализује методологију научно-истраживачког рада, предлаже нова решења и сагледава будуће правце истраживања.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се докторска дисертација под насловом „Еволуција плазма канала код тригерованих атмосферских пражњења“, кандидата Драгана Павловића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, прихвати, изложи на јавни увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 26.3.2019.

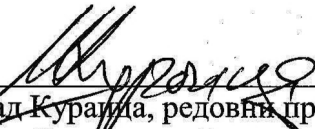
#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Томислав Шекара, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милорад Курајица, редовни професор  
Универзитет у Београду – Физички факултет