

**Универзитет у Крагујевцу**

**Факултет техничких наука у Чачку**

**НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ**

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и подобности теме докторске дисертације кандидата **мр Милице Таушановић**, дипл. инж. електротехнике

Одлуком Већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-433/14 од 15. јуна 2016. год. именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње мр Милице Таушановић, дипл. инж. електротехнике, под насловом:

**“ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности теме докторске дисертације, који је прихваћен одлуком Стручног већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-716/4 од 9. децембра 2015. год., на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације и Правилника о изменама и допунама Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација мр Милице Таушановић, дипл. инж. електротехнике под насловом „ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“, представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада у области електродинимике атмосфере, тј. проучавања атмосферског пражњења облак-Земља.

Електродинамика атмосфере је у жижи интересовања научне јавности већ више од две деценије од када је утврђена линеарна колерација између глобалне честине и интензитета атмосферских пражњења (АП) и пораста температуре на површи Земље. У овој дисертацији је анализирана електродинамика повратног удара негативног атмосферског пражњења облак-Земља са рефлесијама струје од тачке удара. Ови удари представљају преко 80 % свих пражњења облак-Земља и због тога су од фундаменталног значаја како за изучавање електродинимике атмосфере тако и за електро-инжењерску праксу.

Један од циљева дисертације је био да се на један физички прихватљив начин објасни појава измереног позитивног електричног поља у непосредној близини канала (10 cm од језгра). Ово се дешава при повратном удару АП чији канал иницијално садржи негативно наелектрисан корона омотач и где се у мерењима очекивало само негативно електрично поље.

Са тим у вези у дисертацији је требало потврдити претпоставку о постојању некомпензованог (вишка) позитивног наелектрисуња које се нагомилава у омотачу и ствара позитивно поље које је мерено. Требало је оповргнути хипотезу у којој је појава овог поља тумачена ширењем позитивне зоне 1 у корона омотачу на месту сензора поља док је укупно наелектрисуње омотача остајало негативно.

У дисертацији је јасно и недвосмислено показано да некомпензованог позитивно наелектрисуње настаје услед пролазног наелектрисуња у језгру канала које је последица делемичних рефлексија струјних импулса од тачке удара тј. од уземљивача. Другим речима његово постојање управо потврђује да постоје рефлексије струјних импулса од тачке удара и омогућава да се израчуна нелинеарни, струјно зависни коефицијент рефлексије.

Дакле, као први резултат следило је одбацивање претпоставке других аутора (који су користили другачије моделе повратног удара, као на пример моделе преносног вода) о ширењу позитивне зоне у корона омотачу до места сензора.

Друго, на овај начин се разјашњавају електродинамички процеси у омотачу у близини базе канала АП и дају нова физичка објашњења процеса у омотачу канала током повратног удара. Као резултат следи израчунавање нове функције пуњења канала.

Треће, индиректно се потврђује исправност основних концепција генерализаног модела путујућег струјног извора са постојањем рефлексија струјних импулса од тла који је коришћен у овој дисертацији. Модел путујућег струјног извора једини укључује рефлексије струје и тиме даје могућност испитивања утицаја тла односно уземљивача на пражњење.

Четврти допринос дисертације је израчунавање коефицијента рефлексије за дати уземљени објекат и анализа њихове промене са бројем удара. Ово је од великог интереса за електро-инжењерску праксу (пре свега за пројектовање заштите) јер рефлексије струје могу вишеструко да појачају струју у тачки удара као и брзину промене струје (извод струје). Пошто се коефицијенти рефлексије при АП не могу директно измерити једина могућност је њихов прорачун применом наведеног модела и одговарајућег модела корона омотача као што је и показано у дисертацији.

Пети допринос у дисертацији је и могућност унапређења електричног модела тла (електродинамике пробоја у тлу) током повратног удара. Наиме преко израчунатих коефицијената рефлексије је могуће индиректно проверити применљивост вишезонског модела тла у реалним условима при великој јачини струје и брзој промени с обзиром да су мерења извршена у природним условима АП.

Да наведемо само још неколико не мање значајних доприноса у дисертацији који су индиректно повезани са рефлексијама струје. Одређена је проводљивост корона омотача што је значајно са аспекта процене његове температуре, покретљивости носилаца, коефицијента дифузије и сл. Као последњи овде наведени али не и најмањи допринос у дисертацији би било и одређивање брзине таласног фронта повратног удара као и пречника и брзине сажимања корона омотача. Сви наведени резултати су изузетно значајни за даље изучавање гасно-физичких процеса у корона омотачу током повратног удара.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидаткиње у одговарајућој научној области**

Докторска дисертација мр Милице Таушановић, дипл. инж. електротехнике под насловом „ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“, представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада. Тема докторске дисертације је веома актуелна, а нарочито је значајна за развој електродинимике АП облак-Земља. Шире гледано тема дисертације припада области нагло створене плазме где се као једна важна апликација изучавају и АП.

У предложеној дисертацији размотрен је механизам настанка АП, где је посебно анализирано и у природи најчешће негативно АП облак-Земља. Одабрана је једна функција струје у тачки удара која са аспекта моделовања основних параметара струје који се мере (максимум струје, максимум првог извода, време пораста и протекла количина наелектрисања) даје најбоље резултате. Са овом функцијом је апроксимирана измерена крива струје за посматране АП. Такође су одабране погодне аналитичке функције за апроксимацију и фитовање измерених кривих електричног поља. Оба фитовања су извршена са великим степеном корелације.

Изложене су и детаљно анализирани физичке основе генерисаног модела повратног удара са путујућим струјним извором. Посебно је анализирана почетна подужна количина наелектрисања у каналу и њен утицај на јачину струје дуж канала и израчунавање функције пражњења канала АП.

Надаље, теоријски је објашњена динамика канала АП при претпостављеној константној просторној густини наелектрисања у омотачу канала. Користећи поменути генерисани модел повратног удара извршена је анализа струјних рефлексација од тачке удара на динамику канала АП изнад земље. Израчуната је нова функција пражњења канала (односно пуњења негативно наелектрисаног канала позитивним наелектрисањем). Израчунат је укупни коефицијент рефлексације струје од тла и са њим повезани нелинеарни ефекти отпора уземљења при повратном удару. Затим је израчуната брзина сажимања омотача и брзина таласног фронта повратног удара.

Горе наведени резултати су потпуно нови и представљају резултат оригиналне идеје и добро утемељеног научног приступа. Сви резултати показују одлично слагање са резултатима из других, потпуно независних експерименталних студија које су међусобно различите како по методологији тако и по коришћеној мерној опреми. То даје посебну тежину овој дисертацији јер су на потпуно независан начин, применом теорије и нумеричких метода, потврђени резултати из других истраживања. Зато се може сматрати да су закључци из ове дисертације врло поуздани и да је доказана исправност коришћених модела као и постојање рефлексација струје у тачки удара.

## **3. Преглед остварених резултата кандидаткиње у одређеној научној области**

Мр Милица Таушановић је дипломирала на Електротехничком факултету у Београду 1990. год., са темом дипломског рада „*Парцијална пражњења у уљу трансформатора*“. У истој институцији школске 1990/91 године је уписала последипломске студије на смеру Електроенергетске мреже и постројења, где је 2004. год. одбранила магистарску тезу под називом „*Промена карактеристика система изолације мерних трансформатора у току погона*“ под менторством ред. проф. Милана С. Савића.

У периоду 1990. – 2001. год. била је запослена у Заводу за изградњу града Београда у Сектору за надзор на радним местима: инжењера - приправника, инжењера – сарадника и овлашћеног електро-инжењера за надзор.

Од 2001. – 2005. год. је радила у ЈП Електроисток – Пројектни биро, група за пројектовање далековода на радном месту водећег инжењера са лиценцама: одговорног пројектанта за електроенергетске инсталације високог и средњег напона и одговорног пројектанта за разводна постројења и пренос електричне енергије и електроенергетских инсталација ниског и средњег напона.

Од 2005. год. је запослена у ЕПС – ПД Електродистрибуција – Београд на радним местима: до 2011 год. у Дирекцији планирања и развоја, Служба за пројектовање објеката 110 kV и 35 kV, на месту водећег пројектанта за објекте 110 kV и 35 kV и водећег инжењера у служби за пројектовање објеката 10 kV, 1 kV и ЈО (Јавно Осветљење). Од 2011. до 2013. год. је радила у Центру за ИМС на месту Водећег стручног сарадника, а од 2013. год. ради у Служби за анализу догађаја на ДЕЕС на месту Водећег инжењера. Од 2005. год. запослена је у ЕПС – ПД Електродистрибуција – Београд, које од јула 2015. год. носи назив Оператер дистрибутивног система „ЕПС Дистрибуција“, д.о.о. Београд.

У досадашњем раду као аутор или коаутор објавила је следеће публикације:

#### **Рад штампан у часопису међународног значаја M23**

1. **Tausanovic M.**, S. Markovic, S. Marjanovic, J. Cvetic and M. Cvejic, “Dynamics of a Lightning Channel Corona Sheath Using a Generalized Traveling Current Source Return Stroke Model – Theory and Calculations”, IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, Vol. 52, No.3, ISSN 0018-9375, DOI: 10.1109/TEMC.2010.2044886, p.646-656, (2010), IF 0.808.

#### **Радови саопштени на међународном скупу штампани у целини M33**

1. **Taušanović M.**, Cvetić J., Ignjatović M., Pavlović D., Mijajlović N. *Evolution Of The Corona Of Envelope In The Presence Transition Charge Along Lightning Channel Core*, PES 2015 – 12<sup>th</sup> International Conference on Applied Electromagnetics, aug. 31 – sep.2. 2015, ISBN 978-86-6125-145-0, COBISS.SR-ID 217225484, Niš, Serbia, P1-10.

2. **Tausanović M.**, Cvetic J., Ignjatovic M., Pavlovic D., Djuric R., Ponjavic M., Sumarac Pavlovic D. and Mijajlović N., *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 the Physics of Ionized Gases, SPIG 2014, 26.-28. 08. 2014, ISBN 978-86-7762-600-6 Belgrade, pp. 383-386.

3. Cvetic J., S. Markovic, **Tausanovic M.**, “*Luminosity Characteristics of the Traveling Current Source Return Stroke Models*” 18th International Zurich Symposium on EMC, IEEE Catalog Number 07EX1793C, E-ISBN 978-3-9523286-0-6, Munich 2007, pp. 285-288.

#### **Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у целини –M63**

1. **Таушановић М.**, Живанић Ј., Игњатовић М., Цветић Ј., Нелинеарно понашање коефицијента рефлексije струје при повратном удару АП, 60. Конференција ЕТРАН, Златибор, 13 - 16. јун 2016., АР1.3.

2. **Таушановић М.**, Станојевић Д.: Одржавање и преглед личне заштитне опреме - рукавице, II Регионална међународна конференција “Примењена заштита и њени трендови”, 21.-23. 09. 2015., Златибор.

3. **Таушановић М.**, Станојевић Д.: Обезбеђење места рада у ТС 110/X kV са два система сабирница приликом ремонта, II Регионална међународна конференција “Примењена заштита и њени трендови”, 21.-23. 09. 2015., Златибор.
4. **М. Таушановић**, Л. Радић: Показатељи квалитета испоруке електричне енергије (SAIFI, SAIDI i CAIDI) у Електродистрибуцији Београд, Сигре Србија, 32. саветовање 17.–21. 05.2015., Златибор, Р Ц2-12. (група Ц2, број рада-12)
5. **М. Таушановић**: Пробој кабловске спојнице у ТС 35/10 kV Зелени венац, Сигре Србија, 32. саветовање 17.–21. 05.2015., Златибор, Р Б1-04.
6. **М. Бабовић, М. Таушановић**: Изведена истраживања у циљу анализе степена загађења у објектима Електропривреде Србије као последица бомбардовања НАТО пакта, Сигре Србија, 32. саветовање 17.–21. 05.2015., Златибор, Р Ц3-03.
7. **Таушановић М.**, Станојевић Д.: Обезбеђење места рада приликом радова на одржавању импедансе за уземљење неутралне тачке 35 kV, Регионална међународна конференција “Примењена заштита и њени трендови”, 17.-19. 09. 2014., Златибор, с. 204-209.
8. Станојевић Д., **Таушановић М.**: Кључни показатељи успешности у систему безбедности и здравља на раду, Регионална међународна конференција “Примењена заштита и њени трендови”, 17.-19. 09. 2014., Златибор, с. 30-35.
9. **Таушановић М.**, В. Шилкут, М. Грбић, А. Павловић: Примена прописа и искуства ”Електродистрибуције Београд” на заштити запослених и становништва од утицаја нејонизујућих зрачења, Електропривреда, CIREД 2014, 9. саветовање 23. – 28.09.2014., Врњачка Бања, СТК1 Р-1,21.
10. М. Грбић, А. Павловић, **М. Таушановић**, В. Шилкут: Примена мера за смањење вредности магнетске индукције дистрибутивне трансформаторске станице 10/0,4 kV, CIREД 2014, 9. саветовање 23. – 28.09.2014., Врњачка Бања, СТК1 Р-1.19.
11. **Таушановић М.**, Ј. Цветић, М. Игњатовић, Д. Павловић, Н. Мијајловић: Утицај отпора уземљења објекта на струју атмосферског пражњења у тачки удара, CIREД 2014, 12. саветовање 23. – 28.09.2014., Врњачка Бања, СТК1 Р1.22.
11. **Таушановић М.**, Д. Станојевић: Заштита запослених при раду са електричном опремом пуњеном чистим или контаминираним уљима, IX међународно Саветовање “Ризик и безбедносни инжењеринг”, 01.-08. 02. 2014., Копаоник, с. 466-474.
13. **Таушановић М.**, Д. Станојевић: Међусобни однос животне и радне средине кроз призму ISO 14001 i OHSAS 18001, Сигре Србија, 31. саветовање 26.–30. 05.2013., Златибор, Р Ц3-06.
14. Грбић М., А. Павловић, **М. Таушановић**, В. Шилкут: Нивои нејонизујућих зрачења надземних и кабловских водова напонског нивоа 35 kV, CIREД 2012, 8. саветовање 23. – 28.09.2012., Врњачка Бања (рад је проглашен за најбољи у оквиру рада стручне комисије 1, Р-1.13), СТК1 Р-1.13.
15. Грбић М., А. Павловић, Д. Хрвић, **М. Таушановић**, В. Шилкут, С. Максимовић: Нивои нејонизујућих зрачења у пословно-енергетским објектима „Електродистрибуције Београд”, VIII међународно Саветовање “Ризик и безбедносни инжењеринг”, 02.-09. 02. 2013., Копаоник, II Зборник, с. 1-8.
16. Крњајић Д., В. Шилкут, **М. Таушановић**, Д. Станојевић: Модел изградње система квалитета Контролног тела и његове интеграције са осталим системима менаџмента; 15. DQM Међународна конференција, Управљање квалитетом и поузданошћу ICDQM – 2012, 18-29 јун 2012, Београд.
17. **Таушановић М.**, В. Шилкут: Нејонизујућа зрачења у преносној и дистрибутивној мрежи електроенергетског система Србије, Сигре Србија – Округли сто, 30. саветовање 29.05. – 03.06.2011., Златибор.
18. **Таушановић М.**, А. Поповац-Дамљановић, П. Анданов: Повратни утицај потрошача на дистрибутивну мрежу, Сигре Србија, 30. саветовање 29. 05. – 03. 06. 2011., Златибор, Р Ц6-14.

19. **Таушановић М.**, Ј. Храстник, Ђ. Глишић, Деградације изолације слабоизолованог проводника због присуства прибора од метала за његово прихватање на изолатор, Јуко Сигре, 28. саветовање 30. 09.-05. 10. 2007, Врњачка Бања, Р Б2-13.

#### **Рад штампан у часопису националног значаја М53**

1. Б. Радојевић, **М. Таушановић**, М. Мичић: Решење проблема дистрибуције електричне енергије до најудаљенијих потрошача применом фотонапонске конверзије соларне енергије, часопис Електродистрибуција, децембар 1999, ISSN 0351-5109, с. 180-188.

#### **4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

Докторска дисертација кандидаткиње **мр Милице Таушановић** дипл. инж. електротехнике под насловом „ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“ одговара по садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку и Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету и обиму истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за докторску дисертацију.

Докторска дисертација је изложена на 214 страна и подељена је у 7 глава и 5 додатака уз увод и садржај:

1. Електродинамика атмосфере
2. Атмосферско пражњењеоблак-земља
3. Детекција и мерења електричних поља атмосферских пражњења
4. Генералисани модел повратног удара атмосферског пражњења са рефлексјама струје од тачке удара
5. Динамика пражњења канала ап са константном густином просторног наелектрисања – теоријска разматрања
6. Динамика пражњења канала атмосферског пражњења - примена на експерименталне резултате
7. Утицај струјних рефлексја од површи земље на динамику корона омотача током повратног удара

Додаци А, Б, Ц, Д и Е

Шеста и седма глава садрже закључке где су изложени главни доприноси дисертације.

Текст садржи 68 слика, 11 табела, а позиви на укупно 335 библиографских наслова су дати после сваког поглавља. Рад је конципиран са јасно раздвојеним теоријским и експерименталним делом којег прате резултати и дискусија истраживања.

У уводу је постављен концепт рада и детаљније размотрене теме рада у појединим главама.

У оквиру теоријског дела у првој глави су изложене основе електродинамике атмосфере са посебним освртом на јоносферу. С обзиром да су дешавања у јоносфери одлучујућа за динамику доњих слојева, стратосферу и тропосферу, побројани су механизми настанка јоносферних струја у садејству са магнетским пољем Земље. Сагледано је глобално електрично коло на Земљи и дати су његови основни параметри.

Фреквенција и јачина удара АП на Земљи представља основни механизам генерисања напонске разлике јоносфера-површ Земље (јоносфера је позитивно наелектрисана), односно глобалног протока наелектрисања према Земљи. Тиме су дефинисане и остале величине глобалног кола, јачина електричног поља по лепом времену, густина струје и његова отпорност. Поменуто су остале врсте пражњења у атмосфери (sprites, elves, blue jets) које су скоро откривене и предмет су интензивних посматрања а директно су повезане (инициране су) са пражњењима у тропосфери (до висина од 12 km).

У другој глави је посебна пажња посвећена атмосферском пражњењу (АП) облак-Земља које је најзначајније са инжењерске тачке гледишта (са аспекта заштите, мерења и проучавања гасно-физичких процеса). Обрађена је електрична структура громоносних облака (кумулонимбуса) као и механизам њиховог настанка. Дата је класификација АП према Земљи (силазно, узлазно, позитивно и негативно) а детаљно је обрађено негативно силазно АП које представља преко 80% свих АП облак-Земља. Изложене су теорије степ и дарт лидера као и основе механизма настанка повратног удара који следи после фаза лидера. Табеларно и графички је приказан један од основних параметара АП а то је јачина струје у тачки удара која се за разне врсте АП знатно разликује како по интензитету тако и по времену трајања. Приказане су и друге карактеристике АП, протекло наелектрисање, време успона предње ивице импулса струје, акциони интеграл струје и др. Посебна анализа је посвећена савременим техникама изучавања АП (тригерована пражњења са земље или на некој висини) као и израченом електромагнетском пољу из канала на блиским, средњим и великим растојањима од тачке удара.

Трећа глава је посвећена уређајима за детекцију АП, принципима рада и њиховој калибрацији. Истакнут је посебан проблем прецизног мерења вертикалне компоненте електростатичког поља (помоћу field-mill сензора) из које могу да се добију веома важни подаци о структури наелектрисаног облака (симултана мерења из више станица) као и о стеченим условима за почетак пражњења према Земљи. Затим је дат осврт на савремене технике детекције и локације АП, на технику времена доласка сигнала (ТОА), интерферометријске и акустичке методе.

У четвртој глави је дата теоријска основа генералисаног модела повратног удара АП са рефлeksiјама струје од тачке удара. Овај, сасвим нови модел повратног удара по први пут у теорији уводи функцију пражњења (негативно наелектрисаног) канала АП (или функцију пуњења канала са позитивним наелектрисањем) уз постојање струјних рефлeksiја од обе тачке дисконтинуитета. Прва тачка је тачка удара у тло, а друга је рефлeksiја од места таласног фронта повратног удара које се помера навише брзином око трећине брзине светлости. Детаљно је анализирана функција пуњења канала чије је познавање неопходно за рачунање динамике канала АП при повратном удару.

У петој глави су размотране теоријске основе модела корона омотача канала АП. Анализирана су два модела, први који предпоставља константну густину просторног наелектрисања и други са сажимањем (конфинацијом) омотача. Усвојен је први модел који је одраније познат у литератури и који је дао добра теоријска предвиђања од стране аутора овог доктората. Овај модел је уклопљен са генералисаним моделом повратног удара односно функцијом пуњења канала. Добијени су резултати за полупречник корона омотача у обе зоне као и брзина померања у зони 1. Као врло значајан теоријски резултат треба истаћи и извођење израза за радијалне струје и проводљивост корона омотача што би у неким даљим истраживањима могло да се искористи за одређивање његове температуре.

Шеста и седма глава су посвећене експерименталним резултатима и њиховом уклапању у теоријску анализу и изразе који су предходно изведени. У шестој глави су извршена **уклапања** графика измерене струје у тачки удара и блиског електричног поља са



одабраним теоријским функцијама. Добијене су вредности за почетно подужно наелектрисање дуж канала са израженим пиком (реда величине  $1 \text{ mC/m}$ ) на око 10 m до 20 m висине. Одређена је и брзина повратног удара на око  $0,43 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  с при тоталној рефлексији струјних импулса и  $0,56 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  без рефлексија. Оба резултата се добро уклапају у резултате из других, потпуно независних студија. Израчунат је и полупречник корона омотача канала у зонама 1 и 2 у функцији времена као и брзина његовог сажимања од око  $10^5 \text{ m/s}$ .

Седма глава дисертације је посвећена изучавању електродинамике канала атмосферског пражњења у присуству делимичних или потпуних рефлексија струјних импулса од површи земље. Показало се да је најпогодније да се уведу по две функције за два коефицијента рефлексије у складу са раздвајањем струје у тачки удара на две компоненте. Добијене су вредности за коефицијенте рефлексије у облику сложених нелинеарних функција, временски и струјно зависних. Показано је да рефлексије струје јако утичу на електродинамику омотача канала у близини тачке удара. Објашњења је појава некомпензованог позитивног поља измереног у експерименталним студијама изазваних (тригераних) пражњења. Са једне стране резултати потврђују нелинеарну зависност коефицијента рефлексије од струје у тачки удара и постојање зоне пробоја у тлу током повратног удара са струјама преко 15 kA. Вредност укупног коефицијента рефлексије је процењена на око 0.7 што се уклапа са вредностима мерења коефицијента рефлексије на високим објектима. Са друге стране, индиректно, потврђена је валидност концепта генералисаног модела повратног удара са путујућим струјним извором и рефлексијама струјних импулса од тачке удара. У закључку седме главе су сумирани резултати докторске дисертације, подвучени су закључци из појединих експеримената анализираних у претходном поглављу. Изнета су и нека ограничења и недоумице у вези закључака као и смернице за будући рад у овој области.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Вишегодишњим темељним истраживачким радом на докторској дисертацији мр Милица Таушановић је дошла до низа значајних теоријских и практичних резултата. Неки од значајнијих резултата су:

- Применом генералисаног модела повратног удара са рефлексијама струје од тачке удара и модела корона омотача са константном просторном густином наелектрисања објашњен је механизам настанка некомпензованог позитивног електричног поља у мерењима на врло малом растојању од канала. По први пут је добијен резултат који јасно показује да се доњи делови канала у близини земље пуне са позитивним некомпензованим наелектрисањем које остаје у корона омотачу и после престанка струје повратног удара.
- Одређена је функција пражњења канала током повратног удара и показано је да на њу јако утичу рефлексије струје од тачке удара.
- Одређена је вредност два нелинеарна коефицијента рефлексије који одговарају брзој и спорој компоненти струје у тачки удара. Оба коефицијента су струјно зависна.
- Потврђено је постојање зоне варничења у тлу које је примећено и у неким другим студијама. Оно настаје уколико је пик струје већи од око 15 kA и тада је коефицијент рефлексије струјних импулса једнак 1. За мање вредности пика постоји само зона јонизације у тлу а коефицијент рефлексије је мањи од 1.
- Одређена је расподела почетног подужног наелектрисања у каналу.



- Одређена је брзина повратног удара као и брзина сажимања омотача. Утврђено је да је брзина повратног удара за око три реда величине већа од брзина сажимања омотача.
- Индиректно је потврђена исправност генерализаног модела повратног удара са рефлексјама струје од тачке удара. До сада су коришћени разни други модели повратног удара (нпр. модели преносног вода или ТЛ модел) који нису узимали у обзир ове рефлексје па су закључци који су следили применом ових модела били мањкави и дискутабилни.

## **6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси**

Докторска дисертација кандидаткиње **мр Милице Таушановић**, дипл. инж. електротехнике под насловом „ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“ даје низ резултата, који се односе на теоријско-нумеричко истраживање базирано на експерименту у подручју електродинамике атмосферских пражњења облак-Земља. Резултати омогућавају нови увид у механизам атмосферског пражњења као и нови приступ при пројектовању заштите објеката од удара, а посебно при пројектовању добрих уземљивача.

## **7. Начин презентирања резултата научној јавности**

Као резултат рада на овој докторској дисертацији, мр Милица Таушановић је публиковала **1** рад у међународном часопису са импакт фактором (M23), **3** рада на међународним конференцијама (M33) и **2** рада на домаћим конференцијама (M63). Треба рећи да је још један рад из дисертације прошао прву ревизију у цењеном часопису Electric Power System Research (M21, мр Милица Таушановић је први аутор на раду) и очекује се његово прихватање за штампу.

Поред тога, током каријере, из делокруга своје струке, објавила је један рад у часопису националног значаја (M53) и још 17 радова штампаних у целини на домаћим скуповима (M63).

Комисија сматра да истраживања и резултати остварени током рада на докторској дисертацији пружају обиман материјал од ширег значаја за више научних дисциплина. Резултати заслужују, поред већ публикованих, и даљу презентацију на међународним и домаћим научним скуповима, и објављивање радова у референтним научним часописима, који се баве проблемима електродинамике атмосферских пражњења.

## **ЗАКЉУЧАК**

- 1.** Докторска дисертација кандидаткиње мр Милице Таушановић, дипл. инж. електротехнике, под насловом „ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“ одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку.
- 2.** У оквиру докторске дисертације, кроз темељан и обиман теоријски рад у којем су искоришћени експериментални резултати из других студија дошло се до низа оригиналних научних резултата и нових сазнања који се односе на електродинамику канала атмосферског пражњења у присуству рефлексје струјних импулса од тачке удара као и на понашање тла током повратних удара.

3. Докторска дисертација је резултат самосталног рада и по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања и у потпуности задовољава законске услове као и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

С обзиром на горе наведено, докторанткиња мр Милице Таушановић, дипл. инж. електротехнике и поднета докторска дисертација испуњавају све потребне услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета техничких наука у Чачку.

Према горе изнетим закључцима, предлажемо Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати докторску дисертацију мр Милице Таушановић, под насловом

**„ЕЛЕКТРОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ У КАНАЛУ ПРИ АТМОСФЕРСКОМ ПРАЖЊЕЊУ СА УТИЦАЈЕМ СТРУЈНЕ РЕФЛЕКСИЈЕ“**

као успешно урађену и да кандидаткињу позове на усмену јавну одбрану дисертације.

У Чачку и Београду, јуна 2016.

**Чланови Комисије:**

1. \_\_\_\_\_  
**Др Јован Цветић, ред. проф., председник**  
Електротехнички факултет Београд, Универзитет у Београду  
научна област: Физика

2. \_\_\_\_\_  
**Др Небојша Митровић, ред. проф., члан**  
Факултет техничких наука, Чачак, Универзитет у Крагујевцу,  
научна област: Физика

3. \_\_\_\_\_  
**Др Аленка Миловановић, ванр. проф., члан**  
Факултет техничких наука, Чачак, Универзитет у Крагујевцу,  
научна област: Теоријска и општа електротехника