

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Милана Игњатовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5012/15-3 од 19.12.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милана Игњатовића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милан Игњатовић је рођен 8.11.1989. године у Београду. Основну школу и Гимназију у Обреновцу завршио је као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2008. године, а дипломирао у августу 2012. године на Одсеку за физичку електронику, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Завршни рад под насловом „Електронска структура цилиндричних графенских нанотачака“ одбранио је са оценом 10, под менторством др Милана Тадића. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је у октобру 2012. године на модулу Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Завршни рад на мастер студијама 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. 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“ на којем и сада учествује. У јануару 2015. и 2018. године биран је у звање асистента за област Физичка електроника, на Катедри за микроелектронику и техничку физику. Од октобра 2015. године обавља функцију секретара Катедре. На Електротехничком факултету у Београду, Милан Игњатовић је учествовао у настави на Катедри за микроелектронику и техничку физику 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

три рада публикованих у часописима са импакт фактором, 16 радова саопштених на међународним конференцијама као и три рада на скуповима националног значаја. Добитник је награде за најбољи рад у секцији Антене и простирање 6. IsETTRAN конференције одржане на Сребрном језеру 3-6. јуна 2019. године.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Милан Игњатовић уписао је докторске студије на модулу Нуклеарна, медицинска и еколошка техника на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2013. године. Током докторских студија испунио је следеће испитне и студијске обавезе:

Испити:

1. Метод момената у електромагнетици (Оцена:10; ЕСПБ:9)
2. Нумеричке методе за анализу нуклеарних реактора (Оцена:10; ЕСПБ:9)
3. Одабрана поглавља из нуклеарне физике (Оцена:10; ЕСПБ:9)
4. Комплексни феномени у физици плазме (Оцена:10; ЕСПБ:9)
5. Примена плазме у савременим технологијама, електроници и науци о материјалима (Оцена:10; ЕСПБ:9)
6. Моделовање наноструктура (Оцена:10; ЕСПБ:9)
7. Простирање оптичких таласа у комплексним срединама (Оцена:10; ЕСПБ:9)
8. Увод у научни рад (Оцена:10; ЕСПБ:6)
9. Нуклеарне методе у технолошким процесима (Оцена:10; ЕСПБ:9)
10. Дозиметрија, заштита од зрачења и нуклеарни отпад (Оцена:10; ЕСПБ:9)

Обавезе:

1. Студијски истраживачки рад (15 ЕСПБ)
2. Научно стручни рад (3 ЕСПБ)
3. Студијски истраживачки рад (15 ЕСПБ).

Кандидат је остварио укупно 120 ЕСПБ са просечном оценом 10,00.

По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду.

MSc Игњатовић Милан је био ангажован на теоријском и експерименталном раду везаном за пројекат ОИ171007. Бавио се моделовањем процеса повратног удара атмосферског пражњења, нумеричком симулацијом корона пражњења коришћењем дрифт дифузионог модела и утицајем короне на простирање пренапона дуж енергетских водова. Објављена су три рада у врхунским часописима категорије M21 (2) и M22 (1), шеснаест радова на међународним конференцијама M33 и три рада на домаћим конференцијама M63. Кандидат се бавио и практичним радом у лабораторији учествујући у изradi Марксовог генератора за потребе тестирања опреме.

Објављени радови кандидата:

Категорија M21

1. **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, pp. 333–345. (ISSN: 0169-8095, IF:2.844, M21, DOI:10.1016/j.atmosres.2014.01.004.)
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, pp. 84–98 (ISSN 0378-7796, IF (2017) =2.859, M22, DOI: 10.1016/j.epr.2016.10.035).

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, pp. 19-23 (ISSN: 0042-207X, IF:1.858, M22, DOI:org/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 Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Srebrno jezero, Serbia, 2019, pp. 103-106 (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, Rzeszow, Poland, 2018, (ISSN: 978-1-5386-6635-7/18/\$31.00, M33)
3. Cvetic J., **Ignjatovic M.**, Heidler F., Pavlovic D.: *Soil Surge Characteristics During Lightning Discharge*, Proc. of the 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Palić, Serbia, 2018, pp. 609-613, (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 – PIEC, Niš, Serbia, 2017, pp. 32 (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, Kladovo, Serbia, 2017, (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, Estoril, Portugal, 2016, (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, Estoril, Portugal, 2016, (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, Niš, Serbia, 2015, pp. 67-68, (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, Niš, Serbia, 2015, pp. 69-70 (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, Silver Lake, Serbia, 2015, (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, Shanghai, China, 2014, pp. 29-31 (ISSN: 978-1-4799-3544-4/14/\$31.00, 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, Shanghai, China, 2014, pp. 32-36 (ISSN: 978-1-4799-3544-4/14/\$31.00, 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, Belgrade, Serbia, 2014, pp. 379-382, (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, Belgrade, Serbia, 2014, pp. 383-386 (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, Belgrade, Serbia, 2013, pp. 681-684 (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 – PIEC, Niš, Serbia, 2013 (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 генералисани модел повратног удара са путујућим струјним извором*, Zbornik 61. Konferencije ETRAN, Kladovo, Srbija, 2017, (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):, Zlatibor, Srbija, 2016, str. AP1.3-AP1.6 (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):, Врњачка Бања, Србија, 2014, стр. 57-58

Кандидат Милан Игњатовић је дана 15.01.2020. године полагао испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Милош Вујисић, доцент, др Милорад Кураица, редовни професор (Физички факултет у Београду), др Златан Стојковић, редовни професор. Комисија је оценила да је кандидат Милан Игњатовић испит положио са оценом: **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходно оствареног рада и постигнутих резултата, Комисија је стекла увид у научно-истраживачке способности кандидата, као и потенцијал да током израде докторске дисертације оствари резултате који могу бити оцењени од стране међународне заједнице. Према томе, Комисија сматра да кандидат Милан Игњатовић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, поседује адекватан ниво знања и суштински задовољава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације са насловом: „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“ (енглески: „*Dynamics of lightning induced corona charge in cylindrical geometry*“).

2. Предмет и циљ истраживања

Удари атмосферских пражњења (АП) су један од најчешћих узрока кварова на енергетским водовима и разводним постројењима. С обзиром да је у питању природни феномен који зависи од метеоролошких услова, АП се не могу поуздано предвидети, али се њихов утицај на енергетски систем током одређеног временског периода може проценити. Изолација се пројектује тако да ризик од кварова буде минималан, узимајући у обзир статистичке податке о АП у датом подручју, али и економски фактор цене конструкције [1].

Канал атмосферског пражњења се састоји од танког језгра око којег се налази корона омотач чији је пречник реда величине метара. Сматра се да је већина наелектрисања депонована у корона омотачу, док кроз језгро веома велике проводљивости тече сва аксијална струја [2,3]. Код 90% свих пражњења облак-Земља депоновано наелектрисање је негативно, па ће се у оквиру дисертације разматрати ефекти негативног силазног АП. Струја АП не представља директно пражњење наелектрисања у облаку ка Земљи, већ је последица неутрализације наелектрисања корона омотача током повратног удара. Из тог разлога је анализа динамике наелектрисања у корони кључна за разумевање процеса повратног удара. У негативно наелектрисаном корона омотачу се формира електрично поље великог интензитета у претежно радијалном правцу. Спољна граница канала атмосферског пражњења је одређена вредношћу пробојног електричног поља у ваздуху.

Поред тога што чини саставни део самог канала АП, корона пражњење се јавља и на објектима на земљи који су под утицајем удара АП [4]. У случају директних удара у енергетски вод, ударни импулс почиње да се простире дуж проводника [5]. Временска зависност струје у тачки удара АП се моделује стандардним импулсом чије је време чела 1.2 μs , а време зачеља 50 μs [6,7]. Главни ефекат који утиче на промену облика напонског импулса током простирања дуж енергетског вода је управо корона која се формира око проводника. Корона представља парцијално неравнотежно пражњење које се јавља око оштрих електрода са малим радијусом кривине, као што су игле, жице и ивице, где постоји изразито нехомогено електрично поље великог интензитета [8,9]. Пробој у ваздуху се не дешава у целом простору између електрода, већ само око оштре електроде где је вредност интензитета електричног поља изнад потребне минималне вредности како би дошло до јонизације молекула у гасу и генерисања наелектрисаних честица. Корона доводи до атенуације ударног импулса који се простире дуж проводника услед губитака који се јављају због јонизације ваздуха. Такође, јавља се и кашњење дела импулса који се налази изнад прага короне и који се простире брзином мањом од брзине светлости [10].

Први циљ дисертације ће бити анализа расподеле наелектрисања у каналу атмосферског пражњења коришћењем генералисаног модела повратног удара са путујућим струјним извором. Разматраће се цилиндрични модел корона омотача који се састоји из две зоне [11]. Зона 1 се налази око језгра канала и садржи укупно позитивно наелектрисање. Зона 2 окружује зону 1 и садржи укупно негативно наелектрисање. Биће испитан утицај различитих расподела наелектрисања унутар зона на динамику канала повратног удара атмосферског пражњења.

Други циљ дисертације ће бити моделовање и нумеричка симулација короне око цилиндричног проводника услед негативног стандардног импулса АП. Динамика честица у јонизованом гасу се описује дрифт-дифузионим моделом који представља једначине континуитета за електроне, јоне и ексцитоване честице [12,13]. Овај модел омогућава детаљну анализу физичких и хемијских процеса који се одвијају током пражњења [14,15]. На основу резултата симулације за концентрације честица и вредности електричног поља, може се одредити укупно генерисано наелектрисање у зависности од примењеног напона (Q-V крива) које се може експериментално мерити [16]. Познавање временске еволуције концентрација честица, позитивног и негативног наелектрисања је од значаја за формирање једноставнијих инжењерских модела короне [17].

Трећи циљ дисертације је примена резултата симулације короне на анализу простирања негативног ударног импулса АП. Макроскопски гледано, корона повећава капацитивност вода и доводи до појаве проводности ваздуха између жичаног проводника и земље [10]. Током простирања импулса ове величине се могу одредити на основу резултата симулације Q-V криве. Од посебног интереса је одредити како корона утиче на амплитуду и стрмост импулса током простирања.

Референце:

- [1] A. R. Hileman, *Insulation Coordination for Power Systems*, Boca Raton, USA, Taylor & Francis, 1999
- [2] G. Maslowski, V. A. Rakov, „A study of the lightning channel corona sheath“, J. Geophys. Res. Vol. 111, D14110, 2006
- [3] V. Cooray and V. Rakov, “On the upper and lower limits of peak current of first return strokes in negative lightning flashes”, J. on Atmospheric Research, vol. 117, pp. 12–17, 2012
- [4] F. H. Heidler, Ch. Paul, “Some return stroke characteristics of negative lightning flashes recorded at the Peissenberg Tower”, IEEE Trans. on EMC, vol. 59, no. 5, pp. 1490–1497, 2017

- [5] J. L. Evans, D. W. P. Thomas, S. Greedy, "Modeling the influence of corona discharge on high-voltage surges propagating along transmission-lines using TLM", IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), Dresden, Germany, 2015
- [6] F. Heidler, J. M. Cvetic, B. V. Stanic, "Calculation of Lightning Current Parameters", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 2, pp. 399-404, Apr. 1999
- [7] V. A. Rakov, M. A. Uman, *Lightning, Physics and Effects*, Cambridge University Press, 2003
- [8] Y. Raizer: "*Gas discharge physics*", Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1991
- [9] Y. Park, R. Kumar Jha, C. Park, S. B. Rhee, J.H. Lee, C.G. Park, S. H. Lee, "Fully Coupled Finite Element Analysis for Ion Field Under HVDC Transmission Lines Employing Field Enhancement Factor", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 33, No. 6, pp. 2856-2863, 2018.
- [10] V. Cooray and N. Theethayi, "Pulse Propagation Along Transmission Lines in the Presence of Corona and Their Implication to Lightning Return Strokes", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 56, No. 7, pp. 1948-1959, July 2008.
- [11] Grzegorz Maslowski, Vladimir Rakov, Jovan Cvetic and Megumu Miki, "An Improved Model for Prediction of the Dynamics of Lightning Channel Corona Sheath", 20th International Zurich Symposium on EMC, 2009, p.121-124.
- [12] A. Luque, U. Ebert, "Density models for streamer discharges: Beyond cylindrical symmetry and homogenous media", Journal of Computational Physics, Vol. 231, pp. 904-918, 2012.
- [13] D. L. Book, J. P. Boris, S. T. Zalesak, "Flux-Corrected transport" in *Finite-Difference Techniques for Vectorized Fluid Dynamics Calculations*, New York, Springer, 1981, ch. 3, pp. 29-55
- [14] S. Pancheshnyi, "Effective ionization rate in nitrogen-oxygen mixtures", J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 46, No. 15, 155201, 2013
- [15] M. B. Zhelezniak, A. K. Mnatsakanian, S. V. Sizykh, "Photoionization of nitrogen and oxygen mixtures by radiation from a gas discharge", High. Temp., Vol. 20, pp. 367-362, 1982.
- [16] T. Noda, T. Ono, H. Matsubara, H. Motoyama, S. Sekioka and A. Ametani, "Charge-Voltage Curves of Surge Corona on Transmission Lines: Two Measurement Methods", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 18, No. 1, pp. 307-314, Jan. 2003.
- [17] V. Cooray, "Charge and Voltage Characteristics of Corona Discharges in a Coaxial Geometry", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 7, No. 6, pp. 734-743, Dec. 2000.

3. Полазне хипотезе

- Електрично поље измерено у непосредној околини канала се може израчунати помоћу инжењерског модела атмосферског пражњења са путујућим струјним извором и усвајањем електростатичке апроксимације.
- Око високо проводног језгра канала АП налази се корона омотач који се састоји од зоне са укупним негативним наелектрисањем и зоне са укупним позитивним наелектрисањем.
- Просторна расподела и временска еволуција концентрације наелектрисаних честица у корони се може описати једначинама дрефт-дифузионог модела. Електрони се брзо релаксирају на равнотежну расподелу брзина.
- На основу резултата симулације може се израчунати укупна струја пражњења у присуству короне која ће показати добро слагање са резултатима мерења доступним у литератури.
- Утицај короне при простирању ударног импулса дуж енергетског вода се може одредити рачунањем Q-V криве за временску зависност напона у различитим тачкама дуж вода.

4. Научне методе истраживања

Повратни удар атмосферског пражњења се описује инжењерским генералисаним моделом са путујућим струјним извором у којем је преко функције пражњења канала почетна расподела наелектрисања одређена струјом у тачки удара. Функцијом пражњења се на једноставан начин описује укупно дејство свих физичких процеса који утичу на динамику корона омотача. Нумеричка симулација короне коришћењем дрифт-дифузионог модела подразумева симултатно решавање једначина континуитета за честице које учествују у пражњењу и Пуасонове једначине како би се добила расподела електричног поља у сваком тренутку. Проблем ће бити анализиран у цилиндричној геометрији решавајући 1D једначине усвајањем радијалне симетрије. Такође, потребно је развити и програм који решава 2D једначине ради анализе короне око жице која се налази изнад равни. У случају 1D анализе једначине су решаване применом метода коначних разлика, а код 2D анализе једначине су решаване применом метода коначних елемената. При решавању једначина континуитета примењен је алгоритам корекције флукса (flux-corrected transport – FCT), како би се избегле лажне осцилације и нумеричка дифузија. Резултати симулација ће се упоредити са резултатима експеримената доступним у литератури, где су мерене Q-V криве за жичане проводнике различитих пречника, као и мерења облика струја и напона дуж вода током простирања ударног импулса.

5. Очекивани научни допринос

- Биће извршена анализа динамике корона омотача током повратног удара атмосферског пражњења на основу профила радијалне зависности густине наелектрисања унутар короне и вредности пробојног електричног поља.
- Резултати нумеричких симулација Q-V крива за жичане проводнике различитих пречника показује слагање са мереним вредностима при експериментима доступним у литератури и потврдиће се да је могуће користити дрифт-дифузиони модел за процену Q-V крива.
- Написаће се програм који може да изврши 2D прорачун пражњења у корони већих димензија и у разумном временском року у геометрији енергетског вода и за напонске импULSE амплитуде реда величине 1 MV.
- Биће извршена детаљна анализа физичких процеса и динамике наелектрисаних честица током пражњења у корони коришћењем дрифт-дифузионог модела.
- Модел короне биће имплементиран за прорачун транзијентних струја и напона на енергетском воду услед удара грома.
- Испитаће се утицај короне на параметре ударног импулса током простирања дуж вода потребних ради пројектовања изолације.

6. План истраживања и структура рада

- Упознавање са релевантном литературом, дрифт-дифузионим моделом и вредностима транспортних и реакционих коефицијената честица које учествују у пражњењу
- Развијање оптимизационих техника за прорачун расподеле наелектрисања у корона омотачу атмосферског пражњења коришћењем генералисаног модела повратног удара са путујућим струјним извором.
- Развијање програма за 1D прорачун короне у цилиндричној геометрији и поређење добијених резултата са мерењима QV крива доступним у литератури за жичане проводнике различитих пречника.

- Детаљна анализа микроструктуре пражњења, електричног поља и динамике честица у негативној корони услед стандардног импулса атмосферског пражњења
- Развијање програма за 2D прорачун короне око жице изнад проводне равни коришћењем CUDA платформе за паралелно програмирање на графичким картицама.
- Писање програма за решавање једначине телеграфичара у спрези са једначинама дрефт-дифузионог модела.
- Анализа промене амплитуде и стрмости ударног импулса, поређење са резултатима експеримената доступним у литератури и резултатима инжењерских модела коришћених за пројектовање изолације.

7. Закључак и предлог

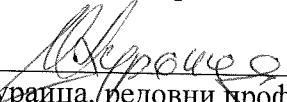
Разматрајући резултате у досадашњем научно-истражовачком раду кандидата Милана Игњатовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија сматра да кандидат испуњава све услове за реализацију предвиђених истраживања. Сагледавајући наведене циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је у потпуности сагласна да предложена тема са насловом „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“ задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. Комисија констатује да предложена тема припада ужој научној области Физичка електроника за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан и за ментора предлаже др Јована Цветића, редовног професора на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Уз Извештај о подобности теме и кандидата, Комисија прилаже и списак радова др Јована Цветића, редовног професора који га квалификују за ментора дисертације. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Извештај о предлогу теме докторске дисертације са насловом „Динамика наелектрисања короне у цилиндричној геометрији услед атмосферских пражњења“ и да акндидату Милану Игњатовићу омогући да приступи изради дисертације.

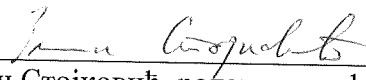
У Београду, 18.02.2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


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


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