

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Николе Георгијевића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5046/11-1 од 13. 12. 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Николе Георгијевића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Откривање редног електричног лука у једносмерном колу фотонапонских система"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Никола Георгијевић је рођен 31. 03. 1987. године у Београду. Основну школу "Душан Јерковић – Уча" у Шимановцима завршио је као носилац Вукове дипломе. Матурирао је 2006. године, завршивши Земунску гимназију, након чега уписује Електротехнички факултет у Београду. Основне академске студије, на Одсеку за енергетику, Смер за електроенергетске системе, завршио је 2010. године са просечном оценом у току студија 9,02 и оценом на дипломском раду 10. Дипломске академске (мастер) студије завршио је 2011 године на Електротехничком факултету у Београду, модул електроенергетски системи, са просечном оценом 9,33 и оценом на завршном мастер раду 10.

Докторске студије је уписао 2011. године на Електротехничком факултету у Београду и положио све испите предвиђене планом и програмом модула за Енергетске претвараче и погоне са просечном оценом 10. Тренутно је студент докторских студија.

Од 01. 04. 2011. запослен је на Електротехничком Институту Никола Тесла у Београду, у Сектору за електроенергетске системе. Тренутно је у звању самостални сарадник. До сада је био ангажован на више различитих пројеката, где се бавио математичким моделовањем и анализом електроенергетских система, проблематиком компензације реактивне снаге и побољшањем енергетске ефикасности постројења.

Током докторских студија објавио је два рада у међународним часописима са SCI листе, четири рада у зборницима међународних стручних скупова, четири рада у домаћим часописима и два рада у зборницима скупова националног значаја. Наведен је као проналазач једног регистрованог патента на међународном нивоу.

Активно се служи енглеским језиком.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао 29. 12. 2011 (школска 2011/2012. година) и положио све испите који су предвиђени планом докторских академских студија на модулу Енергетски претвараачи и погони на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, са просечном оценом 10. На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 545/2 од 13.3.2012. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2011/2012, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. Кандидат је пред Комисијом формираном од стране Наставно–научног већа Електротехничког факултета (др Миомир Костић, редовни професор, др Ђорђе Стојић, научни сарадник, др Јован Цветић, редовни професор, др Жељко Ђуришић, доцент), на јавној усменој одбрани, успешно положио докторски испит, одржан 22. 12. 2017. године.

Преглед положених испита

	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Надгледање стања електричних машина у погону	10	9
2	Прелазне појаве у електричним машинама	10	9
3	Математичко моделирање у електротермији	10	9
4	Управљање енергетским претвараачима	10	9
5	Електромагнетни прелазни процеси у електроенергетским системима	10	9
6	Методe оптимизације у електроенергетским системима	10	9
7	Поузданост електроенергетских система	10	9
8	Управљање електроенергетским системима	10	9
9	Енглески језик	10	6
10	Прелазни процеси средњег и дугог трајања у електроенергетским системима	10	9
11	Уземљивачки системи	10	9
12	Флексибилни регулациони уређаји у електроенергетским преносним мрежама	10	9
13	Одабрана поглавља из специјалих електричних инсталација	10	9

Списак реализованих обавеза

	Назив обавезе	ЕСПБ
1	Научно-стручни рад	3
2	Студијски истраживачки рад I	15
3	Студијски истраживачки рад II	15

Списак објављених радова

* Односе се на тему дисертације

Патенти М90

1. Krumpholz Christian, Zoran Radakovic, Nikola Georgijevic, and Srdjan Srdic. "Arc detection." U.S. Patent 9,739,821, issued August 22, 2017. (M91) *

Радови објављени у научним часописима међународног значаја М20

1. N. Georgijevic, M. Jankovic, S. Srdic, Z. Radakovic, "The Detection of Series Arc-Fault in Photovoltaic Systems Based on the Arc Current Entropy," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 8, pp. 5917–5930, 2016, doi: 10.1109/TPEL.2015.2489759, Print ISSN: 0885-8993

Electronic ISSN: 1941-0107, IF 7.151 (M21a) *

2. D. Stojic, N. Georgijevic, M. Rivera, and S. Milic, "Novel Orthogonal Signal Generator for Single Phase PLL Applications," IET Power Electronics, Oct. 2017. DOI: 10.1049/iet-pel.2017.0458, Online ISSN 1755-4543, IF 3.547 (M21) *

Радови објављени у домаћим часописима М50

1. П. Стефанов, Н. Георгијевић, "Стабилизација међузонских осцилација електроенергетских система применом регулатора на дистрибуираним енергетским ресурсима", Техника - Електротехника, јун 2014, стр. 1013-1023, doi:10.5937/техника1406013С (M51)

2. М. Костић, Н. Георгијевић, "Конструисање погонског дијаграма турбогенератора у области високих реактивних снага помоћу Потјеове реактансе," Техника - Електротехника, вол. 71, но. 2, стр. 263–269, 2016, doi:10.5937/техника1602263К (M51)

3. М. Костић, Н. Георгијевић, "Анализа виших хармоника напона и струје и опасности од резонанце у мрежи са кондензаторима", Зборник радова, Електротехнички институт "Никола Тесла", бр. 24, стр. 107-117, 2014, ИСБН 0350-8528 (M53)

4. М. М. Костић, Н. Георгијевић, "Избор и димензионисање компензације реактивне енергије потрошача са моторима средњег напона", "ЕНЕРГИЈА-Економија-Екологија", Број 1-2, 2012, стр. 133-139 (M51)

Саопштења са међународних научних скупова (М30)

1. М. М. V. Jankovic, N. Georgijevic, "Applications of probabilistic model based on joystick probability selector," in Neural Networks (IJCNN), 2014 International Joint Conference on, 2014, pp. 1028-1035. (M31)

2. Miloje M. Kostić, Nikola Georgijević, Saša Minić, "Procedure for Design of Anti-resonant Filters in MV Networks", 17th International Symposium on Power Electronics- Ee 2013, Novi Sad, Serbia, Paper No.T6-3, Book of Abstracts, p. 36. (M33)

3. Georgijević, N., Srdić, S., Radaković, Z.: "Detekcija rednog električnog luka u kolu fotonaponskih panela", Zbornik radova Druge međunarodne konferencije o obnovljivim izvorima električne energije - MKOIEE '13, секција III, rad br. 25, Beograd, Srbija, 16–18. oktobar 2013. (M33) *

4. М. М. Костић, Н. Георгијевић, М. Ивановић, "Construction and Analysis of Generator Actual Capability Curves Using the New Method", International Conference Power Plants 2012, Zlatibor-Serbia, October 2012. (M33)

Радови у зборницима научних скупова од националног значаја (М60)

1. N. Georgijević, A. Radovanović, M. Dilparić, D. Đorđević, D. Milošević, "Regulacija napona – analiza ispunjenosti zahteva iz Pravila o radu prenosnog sistema i smernice za odabir parametara

novih agregata", 17. Simpozijum Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, CIGRE Srbija, Vršac, 2016, ISBN 978-86-82317-79-1. (M63)

2. N. Georgijević, S. Lukić, M. Dilparić, D. Đorđević, A. Radovanović, B. Filipović, "Uticaj strukture i pojačanja regulatora pobude na rezultate modalne analize EES Srbije", Zbornik radova 33. Savetovanja CIGRE Srbija, Grupa R C2 04, Zlatibor, 2017, ISBN 978-86-82317-81-4. (M63)

Сумарно из теме докторске дисертације: M91, M21a, M21 и M33.

Према подацима са Scopus-а од 5. јануара 2018.,

рад M21a (doi: 10.1109/TPEL.2015.2489759), штампан у августу 2016, има 9 хетероцитата.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Никола Георгијевић поседује одговарајући ниво знања из области обраде сигнала, микропроцесорске технике, енергетске електронике, фотонапонске технике, настанка електричног лука и његових карактеристика (пре свега редног електричног лука у једносмерним колима фотонапонских панела). Знања из наведених области представљају базу знања неопходну за суочавање са техничким проблемом који се третира у докторској дисертацији. Кандидат је до сада као коаутор публиковао 12 радова / од тога 3 у вези са темом докторске дисертације (2 / 2 у међународним часописима са SCI листе, 4 / 1 у зборницима међународних стручних скупова, 4 / 0 у домаћим часописима и 2 / 0 у зборницима скупова националног значаја). Наведен је као проналазач једног регистрованог патента на међународном нивоу. До сада је положио све испите на докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду са највишом оценом. На крају, кандидат је пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, на јавној усменој одбрани, **успешно положио докторски испит, одржан 22. 12. 2017. године**. На основу наведених резултата кандидата, наша је процена да је кандидат Никола Георгијевић у стању да успешно реализује израду предметне докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Системи за генерисање електричне енергије помоћу фотонапонских (ФН) панела у последњој деценији су доживели глобалну експанзију. У 2016. години, укупни инсталирани капацитет на глобалном нивоу прешао је 300 GW [1].

ФН системи се генерално сматрају безбедним, али се са брзим растом инсталираних капацитета дошло до нових искустава у погледу кварова. Један од кварова који се јављају у пракси је електрични лук (ЕЛ) у једносмерном колу система кога чине ФН панели, проводници и инвертор [2]. У [2] је наведено да у зависности од места у електричном колу на коме лук може да се појави, постоје три типа ЕЛ: редни, паралелни и земљоспојни. Редни електрични лук (РЕЛ) појављује се при лошем контакту у струјном колу. РЕЛ може настати на било ком месту, чак и у самим панелима, јер су ова кола изложена појачаним механичким напрезањима, али пре свега на местима контаката елемената једносмерног кола. Паралелни ЕЛ се појављује као електрично пражњење између два проводника који се налазе на различитим потенцијалима, док се земљоспојни ЕЛ успоставља између проводника на нунулом потенцијалу и земље. При појави ЕЛ настаје плазма високе температуре која може да доведе до паљења изолације и појаве пожара. Битна чињеница у вези са проблемом лука је то да ФН панели не могу да се искључе. Наиме, док су осветљени, ФН панели генеришу напон на својим прикључцима, чиме се могу створити услови за формирање стабилног ЕЛ. Због присуства напона на прикључцима ФН панела чак и док су ван погона, повећава се вероватноћа настанка пожара и значајно отежава његово гашење. Примери пожара проузрокованих ЕЛ наведени су у [3]. Због пожара проузрокованих ЕЛ, стандардом NEC

690.11 из 2011. године у САД је прописано да сваки систем са ФН панелима уграђеним на зградама, са напонима од 80 V до 1000 V, мора да садржи и уређај за заштиту од ЕЛ, а тиме и РЕЛ као једног од различитих типова ЕЛ [4].

Имајући у виду да се РЕЛ најчешће јавља на местима лошег контакта ([5], [6]), као и чињеницу да постоји велики број места на којима се остварују електрични контакти између појединих компоненти, у ФН системима постоји велики ризик од појаве РЕЛ. Док постоји једносмерна струја која се споро мења кроз међуконтактни простор у коме постоји ЕЛ, сматра се да се ради о стационарном луку [7]. Приликом настанка редног електричног лука долази до смањења струје у једносмерном колу, јер се стационарни РЕЛ понаша као импеданса серијски прикључена у коло. Због тога се од РЕЛ не може штитити прекострујном заштитом.

У литератури је представљено више метода за детекцију РЕЛ у ФН системима. У [8] је представљен аутономни детектор редног и паралелног лука, који врши детекцију лука на основу мерења напона на улазу у инвертор. Детектор садржи два спрегнута резонантна кола чија је резонантна учестаност подешена на неколико стотина kHz. У случају појаве ЕЛ, у овим колима се детектује високофреквентни сигнал чијим се процесирањем закључује да ли постоји ЕЛ, а затим генерише сигнал постојања лука. Међутим, овај детектор је лажно реаговао при укључењу и искључењу инвертора [8]. У [9] је приказан детектор лука који је намењен за уградњу у разводну кутију ФН панела. Предложени детектор би омогућио и кратко спајање крајева сваког панела у систему када се детектује електрични лук, чиме би се извршила заштита система и од паралелног и од редног лука (изузимајући редни лук унутар панела). Као критеријум за детекцију лука у [9] се користи нагло повећање варијансе сигнала напона при појави лука. У [10] и [11] је представљен алгоритам за детекцију лука који користи информацију о промени струје ФН панела, посматраној у временском домену, и информацију о нормализованој ефективној вредности струје која је добијена декомпозицијом сигнала помоћу таласића. Дати су експериментални резултати при појави лука у систему са упрошћеним моделом ФН система и испитана је робусност на промену оптерећења. Утицај инвертора на рад метода представљених у [10] и [11] није анализиран. У [12] је предложена употреба анализе звука и светлости уз опциони мониторинг струје. Међутим, захтевано је постављање сензора светлости на позиције са којих се могу директно видети сва места на којима се може појавити електрични лук. Како су ФН панели често постављени на крововима и повезани дугим проводницима, откривање РЕЛ анализом светлости и звука није наишло на ширу практичну примену. У [13] су представљене методе које се заснивају на спектроскопији импедансе низа ФН панела. Методе засноване на спектроскопији су идентификоване као могуће решење за откривање РЕЛ, али је као велики проблем препозната чињеница да се резултати спектроскопије разликују за различите произвођаче система [14], за различите радне услове [15], [16], али и да се мењају како систем стари [17].

Мерењима је показано ([18], [19]) да се приликом појаве електричног лука на једносмерну компоненту струје панела суперпонира компонента чији фреквентни спектар има карактеристике ружичастог шума (шум чија је спектрална густина снаге обрнуто пропорционална са фреквенцијом). Детаљним анализама које су спроведене у [20], утврђено је да је спектар струје у колу са електричним луком подложен различитим утицајима, од којих су најважнији: утицај шума који генерише инвертор, као и утицај проводника, панела и конектора на путу струје. С друге стране, утврђено је да локација настанка РЕЛ веома мало утиче на фреквентни спектар струје. У [18] су вршена испитивања на више ФН модула, а карактеристике струјног потписа су биле различите за сваки тип инвертора и ФН модула. Међутим, вишеструка узастопна мерења су показала да је струјне потписе могуће репродуковати, тј. да се струјни потписи не мењају при истом радном режиму и истој комбинацији ФН модула и инвертора. У [21] је чак показано да се струјни потпис инвертора разликује ако се уместо правих ФН панела користи симулатор ФН панела. Анализом извршеном у [20] показано је да одређени делови спектра струје панела пружају више информација неопходних за детекцију лука. Наиме, показано је да на опсегу учестаности између 100 Hz и 100 kHz могу да се уоче веће разлике у спектру струје између случаја са РЕЛ и

случаја без РЕЛ. Тешкоће у постављању математичког модела, пре свега електричног лука и ФН система, усложњавају предвиђање последица појаве лука у једносмерном колу, односно манифестације које прате појаву лука [14], [22].

Како је закључено у [21], детектор РЕЛ треба да буде тестиран на реалном ФН систему, а не на систему који се састоји од инвертора и симулатора, или систему који се састоји од ФН панела и пасивног оптерећења, јер су за наведене случајеве значајно различити струјни потписи. Последично, алгоритми који су калибрисани на једном систему могу да имају потешкоће са правилном детекцијом кварова на другом систему.

Због наведених проблема издвајања виших хармоника који се јављају у нормалном раду соларних инвертора, у дисертацији ће се размотрити и примена других метода обраде сигнала, пре свега анализа ентропије сигнала струје. Циљ је да се дође до алгоритма мале сложености, способног да разликује временске облике мерених величина ФН система у режимима без редног електричног лука, који су уређени управљачком логиком инвертора, од оних у режимима у којима се као последица редног електричног лука јављају стохастичне компоненте. Друга значајна одлика оваквог алгоритма је да није потребна његова калибрација (или је потребна у минималној мери) за сваки тип инвертора на који се прикључују ФН панели.

Поред анализе ентропије сигнала струје, у раду ће се истражити и могућност примене алгоритма базираног на идентификацији импедансе низа ФН панела. При томе ће се користити сигнали напона и струје на учестаности комутација. Ова идеја представља надградњу на постојеће методе засноване на спектроскопији импедансе система са ФН панелима, које нису нашле широку примену у пракси из три главна разлога: (1) за спектроскопију је потребан посебан уређај, (2) импеданса ФН система се мења у зависности од радних режима и старењем компоненти ФН система, и (3) спектроскопија се не врши континуално, већ као део периодичне провере ФН система.

Релевантни библиографски извори

- [1] "Global Market Outlook for Solar Power 2017-2021", SolarPower Europe, Africa-EU Renewable Energy Cooperation Programme, 2017.
- [2] J. Yuventi, "DC electric arc-flash hazard-risk evaluations for photovoltaic systems," IEEE Trans. Power Deliv., vol. 29, no. 1, pp. 161–167, 2014.
- [3] J. Johnson, B. Moore, C. Oberhauser, S. McCalmont, and B. LaRocca, "Arc-fault Protection in PV Installations: Ensuring PV Safety and Bankability," World Renew. Energy Forum, 2012.
- [4] M. W. Earley, J. S. Sargent, C. D. Coache, and R. J. Roux, National electrical code handbook, National Fire Protection Association, 2011.
- [5] I. S. Zarev and N. A. Hadžiefendić, "Otkrivanje rednog električnog luka u niskonaponskim električnim instalacijama upotrebom savremenih zaštitnih komponenti," Tehnika, vol. 69, no. 4, pp. 637–644.
- [6] N. Hadziefendic, M. Davidovic, V. Djordjevic, and M. Kostic, "The Impact of an Incomplete Overlap of a Copper Conductor and the Corresponding Terminal on the Contact Temperature," IEEE Trans. Components, Packag. Manuf. Technol., vol. 7, no. 10, pp. 1644–1654, Oct. 2017.
- [7] M. Savić, "Visokonaponski rasklopni aparati", Beograd: Akademska misao, 2004.
- [8] H. Haeberlin and M. Real, "Arc Detector for Remote Detection of Dangerous Arcs on the DC Side of PV Plants", 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Milano, Italy, Sept. 2007
- [9] F. Schimpf and L. E. Norum, "Recognition of electric arcing in the DC-wiring of photovoltaic systems," in INTELEC 2009 - 31st International Telecommunications Energy Conference, 2009, pp. 1–6.
- [10] X. Yao, L. Herrera, and J. Wang, "A series DC arc fault detection method and hardware implementation," 2013 Twenty-Eighth Annu. IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo., pp.

- 2444–2449, 2013.
- [11] X. Yao, L. Herrera, S. Ji, K. Zou, and J. Wang, "Characteristic Study and Time Domain-Discrete Wavelet Transform Based Hybrid Detection of Series DC Arc Faults," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 6, pp. 3103–3115, 2014.
 - [12] P. Parikh, R. Luna, M. Pilon, and R. Mao, "A novel approach for Arc-Flash detection and mitigation: At the speed of light and sound," 2013 66th Annu. Conf. Prot. Relay Eng. CPRE 2013, vol. 50, no. 2, pp. 227–233, 2013.
 - [13] D. Schoenwald, W. Bower, S. Kuszmaul, J. Strauch, and J. Johnson, "Characterizing PV Arcing Conditions with Impedance Spectroscopy and Frequency Response Analysis," in 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, pp. 3751–3756, 2011.
 - [14] J. Johnson, D. Schoenwald, S. Kuszmaul, J. Strauch, and W. Bower, "Creating dynamic equivalent PV circuit models with impedance spectroscopy for arc fault modeling," *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, pp. 002328–002333, 2011.
 - [15] D. Chenvidhya, K. Kirtikara, and C. Jivacate, "PV module dynamic impedance and its voltage and frequency dependencies," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 86, no. 2, pp. 243–251, Mar. 2005.
 - [16] W. Kim, V.-H. Duong, T.-T. Nguyen, and W. Choi, "Analysis of the effects of inverter ripple current on a photovoltaic power system by using an AC impedance model of the solar cell," *Renew. Energy*, vol. 59, pp. 150–157, Nov. 2013.
 - [17] P. Bhatt, K. Pandey, P. Yadav, B. Tripathi, and M. Kumar, "Impedance Spectroscopic Investigation of the Degraded Dye-Sensitized Solar Cell due to Ageing," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2016, pp. 1–9, 2016.
 - [18] W. Bower, J. Johnson, S. Kuszmaul, and D. Schoenwald, "Using Pv Module and Line Frequency Response Data To Create Robust Arc Fault," 26th Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf., pp. 3745–3750, 2011.
 - [19] C. E. Restrepo, "Arc fault detection and discrimination methods," in *Electrical Contacts, Proceedings of the Annual Holm Conference on Electrical Contacts*, 2007, pp. 115–122.
 - [20] J. Johnson et al., "Photovoltaic DC arc fault detector testing at Sandia National Laboratories," in *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, 2011, no. 1, pp. 003614–003619.
 - [21] F. Reil, A. Sepanski, S. Raubach, M. Vosen, and E. Dietrich, "Comparison of different DC Arc spectra — Derivation of proposals for the development of an international arc fault detector standard," in 2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), pp. 1589–1593, 2013.
 - [22] R. F. Ammerman, T. Gammon, P. K. Sen, and J. P. Nelson, "DC-Arc Models and Incident-Energy Calculations," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 46, no. 5, pp. 1810–1819, 2010.

3. Полазне хипотезе

Реализација методе за детекцију РЕЛ базира се на сталној анализи сигнала струје и напона у једносмерном колу фотонапонских панела. У раду ће се користити три приступа. Први је заснован на спектралној анализи сигнала струје, уз детекцију делова спектра који су последица начина рада инвертора и њиховог изостављања из критеријумске функције за детекцију РЕЛ. Други је заснован на примени Цалисове генерализације стандардног израза (Шенонове) ентропије. Трећи је идентификација импедансе низа ФН панела са прикључним кабловима на фреквенцији комутација f_{PWM} .

Хипотезе:

X1: На основу мерених података снимљених у једносмерном колу ФН панела може се доћи до одређених показатеља на основу којих је могуће одредити да ли је у једносмерном колу дошло до појаве редног електричног лука.

X2: Промене радних режима ФН система знатно су спорије од промена које настају као последица редног електричног лука.

X3: Применом Цалисове генерализације стандардног израза (Шенонове) ентропије, као показатеља мере неуређености сигнала, могу се разликовати периодични сигнали који настају као резултат управљачке логике инвертора од оних који постоје у режимима у којима се јављају стохастичне компоненте које су последица електричног лука.

X4: Резултујући алгоритам, који је заснован на прорачуну Цалисове генерализације стандардног израза ентропије, могуће је формирати у рекурзивној форми, како би се дошло до алгоритма линеарне сложености који се може реализовати на микроконтролеру.

X5: За случај претварача са константном фреквенцијом комутација и променљивим фактором попуне – импулсно ширинском модулацијом (eng. Pulse Width Modulation - PWM) могуће је на основу сигнала напона и струје на прикључцима једносмерног кола соларног инвертора идентификовати импедансу низа ФН панела са прикључним кабловима на фреквенцији комутација f_{PWM} .

4. Научне методе истраживања

У циљу анализе и провере постављених хипотеза, истраживање ће се спровести коришћењем следећих квантитативних метода базираних на рачунарским симулацијама спроведеним на ФН систему и реалним мерним подацима:

- Експериментална метода,
- Метода анализе,
- Метода синтезе,
- Алгоритам за одређивање присуства редног електричног лука ће бити развијен у програмском пакету MATLAB,
- Рачунарским симулацијама у програмском пакету MATLAB вршиће се анализа алгоритма ради формирања што погоднијих вредности улазних параметара алгоритма.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни резултати предложене дисертације требало би да представљају унапређење области заштите ФН система за производњу електричне енергије. Међу очекиване научне доприносе спадају:

- Развој новог показатеља за одређивање присуства редног електричног лука заснованог на Цалисовој генерализацији израза за прорачун ентропије,
- Развој алгоритма линеарне сложености за прорачун Цалисове генерализације израза за прорачун ентропије погодног за имплементацију на микроконтролеру,
- Развој методе за идентификацију импедансе низа ФН панела на фреквенцији комутација,
- Развој новог показатеља за одређивање присуства редног електричног лука заснованог на праћењу промена импедансе низа ФН панела на фреквенцији комутација,
- Развој методе која на основу анализе више показатеља присуства редног електричног лука разликује режиме са редним електричним луком од устаљених радних режима и транзијентата који се јављају у нормалном погону.

6. План истраживања и структура рада

1. Проучавање релевантне литературе,
2. Израда мерног кола за мерење напона, струје и високофреквентних компоненти струје у једносмерном колу ФН система,
3. Спровођење мерења на реалном ФН систему,
4. Развој методе за прорачун ентропије сигнала према Цалисовој генерализацији,
5. Развој методе за идентификацију импедансе низа ФН панела на фреквенцији комутација,
6. Развој алгоритма за откривање присуства редног електричног лука на рачунару,
7. Анализа рада алгоритма на основу мерења спроведених на реалном ФН систему,
8. Израда прототипа детектора редног електричног лука,
9. Верификација прототипа детектора на примеру реалног ФН система.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Николе Георгијевића, дипломираног инжењера електротехнике, Комисија је закључила да:

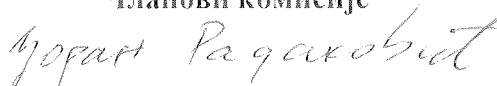
1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације;
2. Предложена тема „Откривање редног електричног лука у једносмерном колу фотонапонских система“ научно је заснована, а резултати до којих ће се доћи израдом ове дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос у области предметног истраживања.

Никола Георгијевић спроводи истраживања у вези са предложеном темом на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Николи Георгијевићу одобри израду докторске дисертације под наведеним називом, а под менторством др Зорана Радаковића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 15. јануар 2018.

Чланови комисије



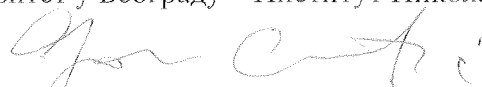
др Зоран Радаковић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Миомир Костић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ђорђе Стојић, научни сарадник,
Универзитет у Београду – Институт Никола Тесла



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



др Жељко Турић, доцент,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет