

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Илије Радовановића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5044/12-1 од 24.12.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Илије Радовановића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом

**„Детекција и идентификација проблема смањења ефикасности
у раду фотонапонских панела у урбаним срединама“.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Илија Радовановић је рођен 15.08.1986. године у Београду. Завршио је VI београдску гимназију 2004. године, када је и уписао Електротехнички факултет у Београду. Дипломирао је на модулу за електронику у децембру 2010. године са просечном оценом 7,83 у току студија и оценом 10 на дипломском испиту. Мастер студије на модулу за електронику Електротехничког факултета у Београду је уписао истог месеца. Студије је завршио у септембру 2012. године са просечном оценом 9.33. У октобру 2012. године уписао је докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, модул електроника. Положио је све испите на докторским студијама са просечном оценом 9,90. Завршио је међународне МБА студије на Факултету техничких наука Универзитета у Новом Саду, смер Лидерство и управљање пројектима 2016. године.

Од јануара 2011. године Илија Радовановић је запослен у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду (ИЦЕФ) као истраживач, а од марта 2014. године до априла 2019. године је обављао функцију оперативног менаџера ИЦЕФ-а. У априлу 2019. године Илија је изабран на функцију заменика директора ИЦЕФ-а. Течно говори енглески језик, а добро се служи и француским језиком.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Илија Радовановић уписао је докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у октобру 2012. године. Током прве две студијске године докторских студија, испунио је следеће испитне и студијске обавезе:

- Испити:
 1. Дизајн интегрисаних РФ кола, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 2. Примена програмабилних система на чипу, ЕСПБ: 9, оцена: 9
 3. Моделовање саобраћаја у М2М комуникационим системима, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 4. Функционална анализа и примене, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 5. Енглески језик, ЕСПБ: 6, оцена: 10
 6. Фазно синхронисане петље, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 7. Наменске сензорске мреже, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 8. Технике обраде и препознавања говорног сигнала, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 9. Пројектовање наменских рачунарских система, ЕСПБ: 9, оцена: 10
 10. Методе оптимизације у електроенергетским системима, ЕСПБ: 9, оцена: 10
- Додатне обавезе:
 1. Студијски истраживачки рад I
 2. Научно стручни рад
 3. Студијски истраживачки рад II

Кандидат је остварио укупно 120 ЕСПБ бодова са просечном оценом 9,90.

Током мастер студија кандидат је започео, а током докторских студија и наставио истраживачки рад у области електронике. Од 2011. године учествовао је на неколико научно-истраживачких пројеката и студија у вези са интеграцијом сензора у паметним окружењима. Најзначајнији пројекти на којим је кандидат учествовао:

- ТР 32043, Развој и моделовање енергетски ефикасних, адаптивних, вишепроцесорских и вишесензорских електронских система мале снаге, Министарство просвете, науке и технолошког развоја, 2011.-2019.
- Израда студије и анализе имплементације пројекта паметних решења у граду Шапцу, Градска управа града Шапца, 2018.
- HUBTECS - Feasibility study for a Regional Digital Manufacturing Innovation Hub HORSE - H2020 I4MS Project, European Commission, 2017.
- L4MS "FOF-12-2017 ICT Innovation for Manufacturing SMEs (I4MS)" "Area 2: Robotics", European Commission, 2018.

У свом истраживању кандидат се бави развојем паметних сензорских система са посебним освртом на процесе калибрације, корелације и аутоматске корекције у вишесензорским системима. У фокусу истраживања кандидата налази се проучавање рада и интеграција дистрибуираних фотонапонских панела у урбаним срединама под различитим утицајима околине. Резултати његовог досадашњег истраживања представљени су у оквиру 43 публикације и то – 3 рада у међународним часописима са SCI листе, 2 поглавља у монографијама међународног значаја, 2 рада у домаћим

часописима, 20 радова на међународним конференцијама, 5 рад на домаћој конференцији и 11 техничких решења.

Објављени радови кандидата:

Поглавље у истакнутој монографији међународног значаја (M13)

[1] Zoran Stevic, Mirjana Rajcic-Vujasinovic, **Ilija Radovanovic**, Supercapacitors Test Methods, Book title: Supercapacitors: Electrochemical Properties, Applications and Technologies, Edited by: Cindy D. Mullan, Nova Science Publishers, NY, USA (2014), ISBN: 978-1-63321-019-6

Поглавље у монографији међународног значаја (M14)

[1] Zoran Stević, **Ilija Radovanović**, "Energy Efficiency of Electric Vehicles", Book title: New Generation of Electric Vehicles, Edited by: Zoran Stević, Intech, Rijeka (2012), ISBN 978-953-51-0893-1

Рад у научном часопису међународног значаја (M23)

[1] Z. Stević, **I. Radovanović**, M. Rajčić-Vujasinović, S. Bugarinović, V. Grekulović, "Synthesis and characterization of specific electrode materials for solar cells and supercapacitors", *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5 (2013).

[2] Z. Stevic, M. Rajcic-Vujasinovic, **I. Radovanovic**, Comparative Analysis of Dynamic Electrochemical Test Methods of Supercapacitors, *International Journal of Electrochemical Science*, 9 (2014).

[3] I. Popovic and **I. Radovanovic**, Methodology for detection of photovoltaic systems underperformance operation based on the correlation of irradiance estimates of neighboring systems, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 10 (2018).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

[1] **I. Radovanovic**, N. Rajovic, V. Rajovic, J. Jovicic, "Signal Acquisition And Processing in the Magnetic Defectoscopy of Steel Wire Ropes", TELFOR Conference, Nov 2011

[2] Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, **I. Radovanović**, S. Bugarinović, V. Grekulović, "Characterization of specific electrode materials for supercapacitors", Proceeding, XIVth International scientific-practical conference, Modern information and electronic technologies, Odessa, Ukraine, (2013) 117-120. ISBN 978-966-2666-04-5

[3] Z. Stević, **I. Radovanović**, "Thermography application in the diagnosis of renewable energy source", II MKOIEE Conference, Beograd, 2013.

- [4] Zoran Stević, **Ilija Radovanović**, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Vesna Fajnišević, "Supercapacitors, accumulator batteries and fuel cells in EV", II MKOIEE Conference, Beograd, 2013.
- [5] Đ. Klisić, **I. Radovanović**, S. Skorić, M. Zlatanović, I. Popović, "Bird monitoring study for the purpose of the future wind farm "Šušara Fields", II MKOIEE, Beograd, 2013.
- [6] Đ. Klisić, **I. Radovanović**, V. Jovandić, I. Popović, Lj. Stamenić, "Novel probability model of a bird – wind turbine collision", II MKOIEE, Beograd, 2013.
- [7] **I. Radovanović**, I. Popović, N. Bežanić, "Renewable energy sources impact on smart transducers application concept in urban environment-smart city solution ", II MKOIEE Conference, Beograd, 2013.
- [8] Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, M. Tripunovic, **I. Radovanović**, D. Topisirović, Karakterizacija pojedinih elektrodnih materijala za superkondenzatore, INFOTEH-JAHORINA Vol. 12, p. 400-403, March 2013.
- [9] Đ. Klisić, **I. Radovanović**, N. Bežanić, Lj. Stamenić, I. Popović, „Monitoring of the seismic activity using high sensitivity MEMS accelerometer“, ETRAN, V. Banja, July, 2014.
- [10] Đ. Klisić, **I. Radovanović**, N. Bežanić, Lj. Stamenić, I. Popović, „Voltage Controlled Power Characteristics of a Custom Made Laser Diode Assembly“, TELFOR, Belgrade, November, 2014.
- [11] Đ. Klisić, **I. Radovanović**, N. Bežanić, I. Popović, *Use of 3d probability model of a bird – wind turbine collision for the purpose of the future wind farm "Šušara fields"*, III MKOIEE Conference, Beograd, October 2015.
- [12] Đ. Klisić, M. Zlatanović, **I. Radovanović**, I. Popović, *Extrapolation of the Measured Wind Data Using Cfd Model Implemented in the Windsim Software Package*, IV MKOIEE Conference, Beograd, October 2016.
- [13] **I. Radovanović**, *Review of Solar Thermal Technologies and Experiences In The Area of Southern Spain*, IV MKOIEE Conference, Beograd, October 2016.
- [14] Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, M. Stević, **I. Radovanović**, *Application Of Supercapacitors For Energy Storage In Solar Systems*, V MKOIEE Conference, Beograd, October 2017.
- [15] **I. Radovanović**, Đ. Klisić, I. Popović, *Multi Channel Sensor Measurements In Fog Computing Architecture For Renewable Energy Sources Systems Monitoring*, V MKOIEE Conference, Beograd, October 2017.
- [16] **I. Radovanovic**, I. Popovic and D. Drajic, "Multi channel sensor measurements in fog computing architecture," *2017 Zooming Innovation in Consumer Electronics International Conference (ZINC)*, Novi Sad, 2017.
- [17] **I. Radovanović**, R. Djurić: *Power Management Of The Reconfigurable Photovoltaic Energy Systems*, VI MKOIEE Conference, Beograd, October 2018.

[18] **I. Radovanović**, I. Popović: Analysis Of The Pv System Operation Using The System Efficiency Factor - η_{SF} , VI MKOIEE Conference, Beograd, October 2018.

[19] **I. Radovanović**, M. Stević, D. Milenković, Z. Stević: Design of the Impulse Laser Power Measurer, Proceedings of selected papers and Abstracts of the The Second International Students' Scientific Conference "Multidisciplinary approach to contemporary research" Belgrade, 24.-25. 11. 2018, Publisher: Central Institute for Conservation, Belgrade, November 2018.

[20] **I. Radovanović**, I. Popović: Detection Of Pv System Operation In Urban Environment Based On Fog Computing Architecture, VII MKOIEE Conference, Beograd, October 2019.

Рад у научном часопису (M53)

[1] Klisić Đ., Zlatanović M., **Radovanović I.**, "WinSim® Computational Flow Dynamics Model Testing Using Databases from Two Wind Measurement Stations", *Electronics*, vol. 15, no. 2, pp. 43 – 49, December 2011

[2] **I. Radovanovic**, N. Rajovic, V. Rajovic, N. Jovicic, "Signal Acquisition And Processing in the Magnetic Defectoscopy of Steel Wire Ropes", *TELFOR Journal*, Vol. 4, No. 2, 2012

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

[1] Klisić Đ., Zlatanović M., **Radovanović I.**, „Primena baza podataka mernih stanica za vetar za testiranje CFD modela softverskog paketa WindSim®“, *konferencija ETRAN 2011, ML 1.4.*, Banja Vrućica, BiH, jun 2011.

[2] **I. Radovanovic**, I. Popovic, "Implementation of Smart Transducer Correction Functions", *YUINFO2012 Conference*, Feb 2012

[3] N. Bezanic, I. Popovic, **I. Radovanovic**, "Implementation of Service Oriented Architecture in Smart Transducers Network", *YUINFO2012 Conference*, Feb 2012

[4] **I. Radovanovic**, I. Popovic, N. Bezanic, "Smart Transducers Application Concept in Urban Environment-Smart City Solution", *YUINFO2013 Conference*, March 2013

[5] **I. Radovanovic**, N. Bežanić, DJ. Klisić, V. Milosavljević, D. Drajić, I. Popovic, "Servisno-orjentisana senzorska mreža za merenje koncentracije štetnih gasova u vazduhu", *YUINFO2016 Conference*, March 2016

Техничко решење (M81)

[1] Z. Marković, Đ. Klisić, LJ. Stamenić, I. Popović, **I. Radovanović**, „Laboratorijsko postrojenje za tretman očnih tumora kod laboratorijskih miševa upotrebom UV laserske diode male optičke snage“, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Univerzitet u Beogradu*, Beograd, 2013.

Техничко решење (M83)

[1] Miljko Erić, Nenad Vukmirović, Lazar Saranovac, Miloš Janjić, **Ilija Radovanović**, Laboratorijski model senzorske mreže za združeni prostorno-vremenski spectrum sensing na bazi metode za direktnu lokalizaciju formirane u okviru tehnološkog demonstratora kognitivnog radija korišćenjem usrp sdr pltaformi, 2015.

Техничко решење (M85)

[1] Klisić Đ., **Radovanović I.**, Zlatanović M., Popović I. „Uređaj za snimanje seizmološke aktivnosti u kućnim uslovima baziran na MEMS senzoru velike osetljivosti“, 2012.

[2] **Radovanović I.**, Popović I. „Pametni merač temperature sa automatskom korekcijom prema IEEE 1451 standardu“, 2011.

[3] Stević Z., **Radovanović I.** „Sistem za merenje, obradu i prikaz biopotencijala u akupunkturnim tačkama“, 2012.

[4] **Radovanović I.**, Rajović V., Jovicić N., Popovic I., Rajovic N., „Uredjaj za akviziciju i procesiranje signala kod metode magnetne defektoskopije čeličnih užadi“, 2012.

[5] **Ilija Radovanovic**, Ivan Popovic, Djordje Klisic, Nikola Bezanic, Uredjaj za merenje nivoa ugljen-monoksida u vazduhu baziran na MQ-7 senzoru niske potrosnje, 2013.

[6] **Ilija Radovanović**, Ivan Popović, Đorđe Klisić, Nikola Bezanić, „Uređaj za merenje nivoa alkohola u vazduhu baziran na MQ-3 senzoru niske potrošnje“, 2014.

[7] **Ilija Radovanovic**, Ivan Popovic, Djordje Klisic, Nikola Bezanic, Uredjaj za merenje nivoa koncentracije gasova (CNG/LPG/Hydrogen) u vazduhu baziran na MQ-4/6/8 senzorima niske potrošnje, 2015.

[8] S. Janković, I. Popović, D. El Mezeni, **I. Radovanović**, L. Saranovac, Metoda za procenu degradacije performansi aplikacije kod namenskih računarskih sistema, 2017.

[9] Strahinja Janković, Ivan Popović, Dragomir El Mezeni, **Ilija Radovanović**, Lazar Saranovac, Simulator solarno napajanog bežičnog senzorskog čvora orijentisan na optimizaciju potrošnje i performansi, 2019.

Дана 29.12.2020. године на Електротехничком факултету у Београду, Илија Радовановић је имао јавни усмени испит о подобности теме и кандидата пред комисијом у саставу:

1. др Иван Поповић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Владимир Рајс, доцент,
Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука
3. др Милош Цветановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
4. др Зоран Радаковић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
5. др Јован Микуловић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Комисија је једногласно закључила да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације и оценила испит оценом **задовољно**. Комисија је такође предложила промену радног наслова теме „Детекција и идентификација проблема у раду фотонапонских система у урбаним срединама“ у „Детекција и идентификација проблема смањења ефикасности у раду фотонапонских панела у урбаним срединама“ како би наслов теме тачније и прецизније дефинисао област рада на докторској дисертацији.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходно оствареног рада и постигнутих резултата, као и оствареног искуства кандидата Илије Радовановића, Комисија је стекла увид у способност кандидата за научно-истраживачки рад, као и његове могућности да током израде предложене докторске дисертације оствари резултате који могу бити верификовани од стране како домаће тако и међународне научне заједнице. Стога, Комисија сматра да кандидат Илија Радовановић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, задовољава све потребне услове за пријаву теме докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

У последњим годинама дошло је до наглог пораста насељености у градовима, што је довело до преоптерећености различитих виталних система, па се све више урбаних средина окреће концепту паметних градова. Приметан је висок пораст удела обновљивих извора енергије у производњи електричне енергије у урбаним срединама, што се посебно односи на дистрибуиране фотонапонске системе. Истраживање фотонапонске технологије прешло је са потражње за највећом ефикасношћу на повећање поузданости перформанси у току рада и животног века. Смањење емисије угљен-диоксида (CO_2) је један од главних покретача убрзаног преласка са фосилних горива која штете клими ка чистим, обновљивим облицима енергије [1-2]. Стални пораст соларне фотонапонске производње енергије чини витални део ове глобалне енергетске трансформације, што се у потпуности поклапа са концептом паметних градова. Обновљиви извори енергије су пресудни за смањење загађења ваздуха, побољшање здравља и обезбеђивање приступачне енергије широм света [1]. Убрзано постављање соларних фотонапонских система заједно са напредном електрификацијом могло би да донесе 21% смањења емисије CO_2 до 2050. године [1].

Процењује се да би соларни фотонапонски системи могли да покрију четвртину глобалних потреба за електричном енергијом до 2050. године, постајући тако други највећи обновљиви извор енергије након ветра [1]. Овим се појачава потреба за истраживањем и развојем у вези са оптимизацијом ефикасности и поузданости, одржавањем и дијагнозом кварова кључних компоненти. У урбаним срединама соларни фотонапонски системи су технологија која има највише потенцијала, с обзиром на свој високи капацитет инсталације на крововима [3]. Процењује се да ће глобални инсталирани капацитет за производњу соларне енергије достићи 337 GW у 2030. години, а како се глобално тржиште фотонапонских панела повећава, тако се повећава и потреба за спречавањем пропадања панела и њиховим системским управљањем [1, 4].

Дистрибуирани фотонапонски системи се састоје од великог броја малих јединица за производњу, распоређених по територији које се међусобно разликују по величини, компонентама, угловима оријентације и нагиба, топологији и квалитету. Појединачни системи раде у временским условима који се разликују од једне до друге

инсталације, а свака од њих обично припада другом власнику што додатно отежава праћење њиховог рада [5]. Већина постојећих техника за откривања грешака се ослања на тачне улазне податке о карактеристикама фотонапонских панела и њиховим радним условима. Неки од главних проблема укључују нетачност података система, посебно код података о снази и оријентацији панела, непоуздане податке о сунчевом зрачењу, температуру која утиче на карактеристике фотонапонских панела и која зависи од временских услова, посебно од температуре ваздуха и брзине ветра [5-6]. Као први елемент у трансформацији енергије у фокусу истраживања је често фотонапонски панел. Коришћење крос-корелационе анализе омогућава детектовање проблема у раду фотонапонских панела у урбаним срединама који су доминантно постављени на недоступним местима [7].

Крос-корелациона анализа рада фотонапонских панела користи модел дистрибуираног процесирања у складу са *Fog Computing* концептом. *Fog Computing* концепт представља нов концепт који омогућава надзор система у реалном времену (и скоро реалном времену), интеграцију великог броја различитих типова сензорских уређаја, као и обраду великог броја података близу извора [8]. Са својом хијерархијском структуром подељеном по нивоима, омогућава се смањење броја података како се пењемо кроз систем, као и повећање интелигенције апликативних сервиса.

Смањење производње електричне енергије из фотонапонских система директно утиче на трајање инвестиционог циклуса, због чега су неопходне ефикасне стратегије за идентификовање проблема у вези са радом фотонапонских система. У тренутној ситуацији, систем оператери или власници могу бити свесни недовољних перформанси система кроз преглед спољашњих инсталација, анализу резултата одржавања, месечне информације о рачунима, итд. [9].

Предмет истраживања се односи на развој и имплементација метода за детекцију и идентификацију смањења енергије коју генеришу фотонапонски панели. Оно може настати као последица отказа компоненте, физичких препрека на површини и изнад површине панела, старења компоненте, физичког прљања, физичких оштећења, итд. Посебан фокус ће бити на имплементацији метода кроз развој микросервиса и системској интеграцији микросервиса у оквиру дистрибуираних апликација за праћење рада фотонапонских панела.

Циљ истраживања је да се развије систем који доприноси ефикаснијем праћењу рада, детекцији и идентификацији проблема смањења ефикасности (генерисане енергије) при раду код фотонапонских панела у урбаним срединама. Овакав приступ ће довести до унапређења процеса праћења, одржавања и управљања системима фотонапонских панела у реалном времену, пружајући тиме поуздано, флексибилно и ефикасно снабдевање енергијом за крајње потрошаче путем одрживе и скалабилне инфраструктуре. Сходно високом степену скалабилности, решење ће бити применљиво у паметним градовима са изузетно великим бројем инсталација.

Референце:

- [1] Future of solar photovoltaics - Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects, The International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019.
- [2] *Technology roadmap – Solar Photovoltaic Energy* (International Energy Agency, Paris, 2014).
- [3] S. Rakibuzzaman, N. Mithulananthan, R.C. Bansal, and V.K. Ramachandaramurthy, "A review of key power system stability challenges for large-scale PV integration," *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 41, 1423-1436 (2015).

- [4] Phillips, L.; Smith, P. Sustainable Urban Energy is the Future. UN Chronicle. 2015.
- [5] Jonathan Leloux, Luis Narvarte, Adrien Desportes, David Trebosc. (2020) Performance to Peers (P2P): A benchmark approach to fault detections applied to photovoltaic system fleets. Solar Energy 202, 522-539.
- [6] Bertrand, C., Housmans, C., Leloux, J., Journée, M., Solar irradiation from the energy production of residential PV systems. Renew. Energy 125, 306–318, 2018.
- [7] I. Popovic, I. Radovanovic, Methodology for detection of photovoltaic systems underperformance operation based on the correlation of irradiance estimates of neighboring systems, J. Renew. Sustain. Energy, 10 (5) (2018), p. 053701.
- [8] *OpenFog Reference Architecture for Fog Computing*, OpenFog Consortium, 02/2017.
- [9] J. Haney and A. Burstein, PV System Operations and Maintenance Fundamentals (Solar America Board for Codes and Standards, 2013).

3. Полазне хипотезе

Истраживачки рад у оквиру докторске дисертације кандидата Илије Радовановића заснива се на следећим хипотезама:

1. Могуће је допринети квантификацији и објективној евалуацији рада фотонапонских панела у урбаним срединама.

Како се повећава број инсталираних фотонапонских система у урбаним срединама, а сваки појединачни систем зависи од својих електричних, физичких и инсталационих карактеристика, неопходно је урадити анализу система и окружења у циљу креирања јединствене параметризације за процену испуњености потенцијала појединачних фотонапонских система. Фокус је на фотонапонском панелу.

2. Могуће је развити параметре система и напредне методе за ефикасну детекцију и идентификацију проблема смањене ефикасности у раду фотонапонских панела.

Излазна снага фотонапонских панела зависи од различитих утицаја и појава, а осим оних које имају тренутни утицај на рад фотонапонског панела, постоје и дугорочнији утицаји (сезонски, годишњи, итд.). Неопходно је развити посебан облик параметризације која може вршити компензацију различитих типова утицаја (метеоролошких, произвођачких, инсталационих, итд.), како би се створили објективни критеријуми на основу којих се могу извршити процене стања фотонапонских панела.

3. Применом напредних алгоритама, који чине апликативне сервисе, могуће је створити ефикасан систем способан да врши процене у реалном времену.

Како би се омогућила подршка система са високим степеном разумевања и диверзификације мерних компоненти, неопходно је обезбедити висок степен скалабилности система. Сходно постављеним захтевима неопходно је развити архитектуру система способну за обраду великог броја података, са локалном

комуникацијом између различитих компоненти система, а са ограничењима у реалном времену.

4. Научне методе истраживања

У оквиру истраживања кандидата биће коришћене следеће методе истраживања:

1. Експериментално прикупљање података – планирано је вишенедељно прикупљање података са више различитих фотонапонских панела и метеоролошких сензора у урбаној средини, при чему ће коришћени фотонапонски панели имати различите електричне, температурне, производне и инсталационе карактеристике.
2. Аналитичко извођење параметара система – планиран је развој методологије која се бави решавањем проблема процене учинка фотонапонских панела. Развијена методологија ће се ослањати на параметре ефикасности система и напредне алгоритме уз помоћ којих ће се вршити процена рада са могућом идентификацијом грешака у раду фотонапонских панела у урбаним срединама.
3. Обрада података и симулација - обрада снимљених података, развој параметризације и метода, као и симулација рада фотонапонских панела при различитим спољашњим утицајима биће реализовани у оквиру софтверског пакета MATLAB (MathWorks, USA).
4. Имплементација апликативних сервиса – предвиђено је да се у оквиру локалне инфраструктуре имплементирају апликативни сервиси коришћењем програмских окружења Java 8 (Oracle Corporation, USA) и Google Angular Framework (Google, USA) базирајући се на *Fog Computing* моделу.
5. Експериментална верификација – развијени алгоритми и методе ће бити валидирани на систему фотонапонских панела различитих типова у урбаној средини.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће истраживање кандидата довести до следећих научних доприноса:

1. Увођење нових параметара који описују ефикасност фотонапонског панела и омогућавају да се процена ефикасности врши без коришћења података о временским условима, произвођачких толеранција, физичких оштећења, процеса старења и задржаности површине панела;
2. Увођење параметара који квантификују крос-корелационо одступање два система која су међусобно корелисана, код којих крос-корелационо одступање не зависи од временских услова;
3. Развој методе за детекцију проблема у раду фотонапонских панела као последице физичких препрека на површини и изнад површине панела;
4. Развој методе за детекцију задржаности површине фотонапонског панела;
5. Развој методе за детекцију старења фотонапонског панела;
6. Униформна интеграција сервиса за детекцију проблема у раду различитих типова фотонапонских панела, која представља скалабилно решење применљиво у концепту паметних градова.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру докторске дисертације кандидата може се поделити на неколико фаза:

1. Детаљан преглед и анализа литературе у вези са:
 - а) коришћењем фотонапонских система у урбаним срединама и даљим правцима развоја;
 - б) праћењем рада и проблемима при раду фотонапонских панела у урбаним срединама;
 - с) типовима грешака које се могу појавити при раду фотонапонских панела;
 - д) применом различитих процедура и техника за детекцију неисправног рада фотонапонских панела;
 - е) интеграцијом различитих типова сензорских система у паметним срединама.
2. Развој методологије за аутоматску детекцију и идентификацију проблема смањења ефикасности у раду фотонапонских панела — ова фаза истраживања обухватиће:
 - а) одабир типова деградационих ефеката који се анализирају;
 - б) поставку и спровођење експеримента на више локација;
 - с) формирање базе података и анализу добијених података са мерних станица;
 - д) развој алгоритама за детекцију смањења ефикасности, базираног на поређењу вредности генерисаних енергија корелисаних фотонапонских панела;
 - е) развој метода за идентификацију различитих типова деградационих ефеката.
3. Имплементација система за аутоматску детекцију и идентификацију проблема смањења ефикасности у раду фотонапонских панела — ова фаза истраживања обухватиће:
 - а) развој софтверске инфраструктуре система базиране на принципима *Fog Computing* архитектуре;
 - б) развој и имплементација процесних, апликативних и аналитичких сервиса;
 - с) поставка и спровођење експеримента у реалном времену у урбаној средини;
 - д) тестирање и верификацију предложених метода за детекцију и идентификацију.
4. Дисеминација и верификација добијених резултата кроз научне публикације
5. Дефинисање даљих праваца истраживања

Структура предложене тезе пратиће наведени план истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, непосредног увида у научни рад и положеног испита о подобности теме и кандидата, Комисија је закључила да кандидат Илија Радовановић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, испуњава све законске, формалне и суштинске услове као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом оцене подобности теме и кандидата на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Додатно, сагледавајући наведене циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је сагласна да је предложена тема актуелна и да задовољава све услове подобности за докторску дисертацију.

Комисија констатује да тема припада научној области Електротехника и рачунарство, а ужа научна област је Електроника, за коју је Електротехнички факултет у Београду матичан. Комисија за ментора докторске дисертације предлаже др Лазара Сарановца, редовног професора, запосленог на Електротехничком факултету у Београду.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Илији Радовановићу одобри израду докторске дисертације под насловом „Детекција и идентификација проблема смањења ефикасности у раду фотонапонских панела у урбаним срединама“.

У Београду, 30.12.2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Лазар Сарановац, редовни професор

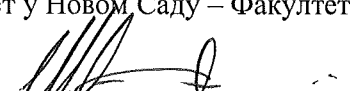
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Иван Поповић, ванредни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Владимир Рајс, доцент

Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука


др Милош Цветановић, ванредни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Зоран Радаковић, редовни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Јован Микуловић, редовни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет