

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Марка Давидовића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5024/13-1 од 22.03.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Марка Давидовића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Утицај примене LED технологије на енергетску ефикасност и квалитет електричне енергије у адаптивном уличном осветљењу"**.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Марко Давидовић је рођен 3. јануара 1985. у Београду. Основну школу „Бора Станковић“ у Београду уписао је 1991. године, а завршио 1999. године као носилац Вукове дипломе. Матурирао је 2003. године у Математичкој гимназији у Београду. Основне академске студије завршио је 2011. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Одсеку за енергетику, смер Електроенергетски системи, са просечном оценом 7,55 и оценом на дипломском раду 10. Дипломске академске студије завршио је 2012. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Електроенергетски системи, са просечном оценом 9,67 и оценом на завршном мастер раду 10.

Докторске студије је уписао 2013. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Електроенергетске мреже.

Од 2013. године ангажован је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја РС "Препоруке за извођење и правилно коришћење нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација и развој методологије за верификацију њиховог квалитета са аспекта заштите грађевинских објеката од пожара" – ТР36018, чији је руководилац проф. др Миомир Костић.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао 2013. године и положио све испите који су предвиђени планом докторских академских студија на модулу Електроенергетске мреже и системи на Електротехничком факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 9,5.

Преглед положених испита

	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Стабилност електр енергетских система	10	9
2	Уземљивачки системи	10	9
3	Немачки језик	10	6
4	Ветроенергетика и соларна енергетика	8	9
5	Специјалне функције	10	9
6	Функционална анализа и примене	10	9
7	Мерне спреге и мерни трансформатори	10	9
8	Фактор снаге и методе за поправку фактора снаге у присуству виших хармоника	7	9
9	Канонске матричне форме и њихове примене у електротехници	10	9
10	Одабрана поглавља из симболичке алгебре	10	9

Списак преосталих реализованих обавеза

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

Списак објављених радова

Рад у научном часопису (категорија М53)

Давидовић М., Хаџиефендић Н., Трифуновић Ј.: *Опасност од настанка пожара услед коришћења електроинсталационих компоненти лошег квалитета – продужни каблови*, Безбедност, бр. 1, 2013, стр. 140-159.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (категорија М63)

Хаџиефендић Н., Таталовић А., Давидовић М., Вукајловић В., Трифуновић Ј.: *Могућност унапређења заштите објеката од пожара инсталирањем компоненти за детекцију редног електричног лука*, Зборник радова III Саветовања у области заштите од пожара, Београд 2013, стр. 45–66.

Хаџиефендић Н., Костић Н., Давидовић М., Таталовић А., Зарев И.: *Унапређена методологија за верификацију квалитета нисконапонских електричних инсталација*, Зборник радова V Саветовања у области заштите од пожара, Београд 2015, стр. 35–52.

Таталовић А., Давидовић М., Хаџиефендић Н., Костић Н.: *Софтвер за верификацију квалитета нисконапонских електричних инсталација*, Зборник радова V Саветовања у области заштите од пожара, Београд 2015, стр. 53–69.

Хациефендић Н., Костић Н., Давидовић М.: *Кварови у нисконапонским електричним инсталацијама и њихова детекција употребом савремених заштитних компоненти*, Зборник Друге регионалне међународне конференције "Примењена заштита и њени трендови", Златибор 2015, стр. 205-215.

Хациефендић Н., Костић Н., Давидовић М.: *Практична искуства настала верификацијом квалитета нисконапонских електричних инсталација са посебним освртом на заштиту од пожара и електричног удара*, Зборник Треће регионалне међународне конференције "Примењена заштита и њени трендови", Златибор 2016, стр. 155-168.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (категорија M64)

Малешевић Б., Бањац Б., Ненезић М., Давидовић М., Спасић Д., Ћирковић В., Ђурашевић Б., Белојевић Б.: *Реализација неких алгоритама теорије Groebner-ових база у програмском језику Java и програмском пакету Matlab*, Четврти симпозијум "Математика и примене", Београд 2013.

Техничко решење – софтвер (категорија M85)

Костић М., Давидовић М., Таталовић А., *Софтвер за унапређење процедуре верификације квалитета електричних инсталација*, 2015.

Пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, у саставу: др Предраг Стефанов, доцент, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, др Владимир Катић, редовни професор, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, др Петар Матавуљ, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, др Зоран Радаковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду и др Драган Драмлић, научни саветник, Институт за физику Универзитета у Београду, на јавној усменој одбрани, кандидат је **успешно положио докторски испит, одржан 19.04.2017. године**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Марко Давидовић поседује одговарајући ниво знања из области које представљају основу неопходну за суочавање са техничким проблемима који се третирају у предложеној докторској дисертацији: из електричног осветљења, пре свега уличног осветљења изведеног помоћу натријумових, метал-халогених и LED светиљки, као и из области која се бави проблемима са квалитетом електричне енергије који настају у инсталацијама јавног осветљења изведених помоћу наведених типова светиљки. Кандидат је до сада као коаутор публикувао 7 радова, при чему је на једном раду првопотписани аутор. Уз то, коаутор је и једног техничког решења. Из најуже тематике којом се бави дисертација кандидат до сада није објављивао радове. Резултати предложене докторске дисертације биће публиковани у релевантним часописима који покривају област докторске дисертације. Кандидат је до сада положио све испите на докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду са просечном оценом 9,5. На основу наведених резултата кандидата, наша је процена да је кандидат Марко Давидовић у стању да успешно реализује израду предметне докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања је утврђивање оправданости употребе LED технологије у уличном осветљењу, поређењем релевантних фотометријских, техничких, здравствених и економских параметара инсталација уличног осветљења изведених помоћу LED светиљки и конвенционалних (натријумових или метал-халогених) светиљки, уз уважавање употребе система за регулацију светлосног флукса (телеменаџмент система) и ефеката мезопског виђења.

Циљ истраживања је утврђивање објективних и субјективних показатеља квалитета LED технологије која се користи у уличном осветљењу, са аспекта енергетске ефикасности, квалитета електричне енергије, утицаја на електричну инсталацију уличног осветљења, боје светлости и економских параметара. Циљ истраживања је и обавештавање научно-стручне јавности која се бави уличним осветљењем о стварним могућностима LED технологије.

Значај истраживања произлази из чињенице да се LED технологија све масовније користи у уличном осветљењу. Како је њена примена доминантно заснована на пропагандним материјалима произвођача, очекује се да резултати истраживања допринесу промени приступа инвеститора, односно уважавању објективно утврђених параметара квалитета LED технологије приликом доношења одлука о инвестицијама и реконструкцијама у области уличног осветљења.

Релевантни библиографски извори

- [1] Commission Internationale de l'Eclairage, *Lighting of roads for motor and pedestrian traffic*, CIE Publication 115–2010, 2010.
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage, *Recommended system for mesopic photometry based on visual performance*, CIE Publication 191–2010, 2010.
- [3] W. van Bommel, *Road lighting: Fundamentals, technology and application*, Springer, 2014.
- [4] Kostic M., Djokic L.: *Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting*, Energy, Vol. 34, No. 10, 2009, pp. 1565–1572.
- [5] Kostic M.B., Djokic L.S.: *A modified CIE mesopic table and the effectiveness of white light sources*, Lighting Research and Technology, Vol. 44, No. 4, 2012, pp. 416–426.
- [6] Kostic A.M., Kremic M.M., Djokic L.S., Kostic M.B.: *Light emitting diodes in street and roadway lighting – case study involving mesopic effects*, Lighting Research and Technology, Vol. 45, No. 2, 2013, pp. 217–229.
- [7] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions*, IEEE 1459-2010, 2010.
- [8] Deutsches Institut für Normung, *Quantities Used in Alternating Current Theory*, DIN 40110-2002, 2002.
- [9] European Standard, *EN 50160 – Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*, CENELEC, 2005.
- [10] European Standard, *EN 61000-3-3 – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection*, CENELEC, 2013.

- [11] European Power Supply Manufacturers Association, *Harmonic Current Emissions – Guidelines to the standard EN 61000-3-2*, 2010.
 - [12] Späth H.: *A general purpose definition of active current and non-active power based on German standard DIN 40110*, Electrical Engineering, Vol. 89, No. 3, 2007, pp. 167–175.
 - [13] Kusterts N.L., Moore W.J.M.: *On the Definition of Reactive Power Under Non-Sinusoidal Condition*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-99, No. 5, 1980, pp. 1845-1854.
 - [14] Czarnecki L.: *Currents' Physical Component (CPC) in Circuits with Nonsinusoidal Voltages and Currents, Part 2: Three Phase Three Wire Linear Circuits*, Electrical Power Quality and Utilization Journal, Vol. 12, No. 1, 2006, pp. 1-13.
 - [15] Czarnecki L., Haley P.M.: *Power properties of four-wire systems at nonsinusoidal supply voltage*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 31, No. 2, 2016, pp. 513–521.
 - [16] Salmeron P., Herrera R.S.: *Distorted and Unbalanced Systems Compensation Within Instantaneous Reactive Power Framework*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 21, No. 3, 2006, pp. 1655-1662.
 - [17] Cheng C.A., Cheng H.L., Chung T.Y.: *A Novel Single-Stage High-Power LED Street-Lighting Driver With Coupled Inductors*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 50, No. 5, 2014, pp. 3037-3045.
 - [18] Poorali B., Adib E., Farzanehfard, H.: *A Single-Stage Single-Switch Soft-Switching Power-Factor-Correction LED Driver*, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 32, No. 10, 2017, pp. 7932-7940.
 - [19] Sekara T.B., Mikulovic J.C., Djuricic Z.R.: *Optimal reactive compensators in power systems under asymmetrical and nonsinusoidal conditions*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 23, No. 2, 2008, pp. 974-984.
 - [20] Sekara T.B., Mikulovic J.C.: *Optimal non-active power compensation under non-sinusoidal conditions*, Electrical Engineering, Vol. 88, No. 5, 2006, pp. 423-429.
 - [21] Hermoso-Orzaez M.J., Rojas-Sola J.I., Gago-Calderon A.: *Electrical consequences of large-scale replacement of metal halide by LED luminaires*, Lighting Research and Technology, DOI: 10.1177/1477153516645647
 - [22] Gil-de-Castro A., Moreno-Munoz A., Larsson A., de la Rosa J.J.G., Bollen M.H.J.: *LED street lighting: A power quality comparison among street light technologies*, Lighting Research and Technology, Vol. 45, No. 6, 2013, pp. 710–728.
 - [23] Topalis F.V., Kostic M.B., Radakovic Z.R.: *The voltage distortion in low voltage networks caused by compact fluorescent lamps with electronic gear*, Electric Power Systems Research, Vol. 73, No. 2, 2005, pp. 129–136.
 - [24] ANSES (French agency for food, environmental and occupational health & safety), *Health effects of lighting systems using light-emitting diodes (LEDs)*, France, 2010.
 - [25] Hecht J.: *The early-adopter blues*. IEEE Spectrum, Vol. 53, No. 10, 2016, pp. 44–50.
 - [26] Kostic A., Djokic L.: *Subjective impressions under LED and metal halide lighting*, Lighting Research and Technology, Vol. 46, No. 3, 2014, pp. 293–307.
 - [27] Djuretić A.V.: *Tehno-ekonomska analiza svetlosnih izvora u instalacijama javnog osvetljenja kao osnov za određivanje opravdanosti zamene natrijumovih sijalica visokog pritiska LED izvorima*, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini – Kosovska Mitrovica, 2016.
- http://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/6488/andrej_djuretic_dd.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[28] Kostic M., Djokic L., Pojatar D., Strbac-Hadzibegovic N.: *Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision*, Building and Environment, Vol. 44, No. 1, 2009, pp. 66–75.

3. Полазне хипотезе

X1: Примена LED светилки обезбеђује преко 30% уштеда електричне енергије у нормалном режиму рада уличног осветљења, а преко 40% уколико се узму у обзир и ефекти мезопског виђења.

X2: Приликом димовања LED светилки, активна електрична снага и светлосни флукс опадају за приближно исти проценат.

X3: У односу на конвенционалне (натријумове и метал-халогене) светилке, примена LED светилки обезбеђује преко 50% уштеда електричне енергије (преко 60% уколико се уваже ефекти мезопског виђења) у комбинованим режимима рада уличног осветљења, у којима се у касним ноћним сатима, уз помоћ димовања, прелази на светлотехничке класе нижег нивоа.

X4: Струја LED светилке садржи велики проценат виших хармоника и претежно је капацитивног карактера.

X5: На ниске факторе снаге који карактеришу димовање LED светилки (поготово оних са конвенционалним драјверима) приближно једнако утичу LED драјвери и изобличен напон у мрежи јавног осветљења.

X6: Неповољне полазне струје LED светилки поништавају позитивне ефекте њихових мањих инсталираних снага, због чега није могуће смањити пресеке каблова струјних кола уличног осветљења.

X7: LED светилке са чиповима топло-беле боје оптималне су за примену у уличном осветљењу и са субјективног и са здравственог аспекта.

4. Научне методе истраживања

За успешну реализацију циљева истраживања и обраду и доказивање хипотеза постављених у докторској дисертацији, користиће се основне и посебне методе логичког расуђивања и научног сазнања.

Од основних метода научног истраживања користиће се следеће методе:

- експериментална метода,
- метода анализе (литературе, техничких података о светилкама, итд.), и
- метода синтезе (израда препорука за оптимална светлотехничка решења уличног осветљења).

Поред наведених основних метода истраживања, користиће се и следеће посебне методе:

- метода симулација (фотометријских прорачуна),
- метода анкетног истраживања,
- метода статистичке анализе,

- метода компаративне анализе, и
- метода актуелизације трошкова.

5. Очекивани научни доприноси

Очекују се следећи научни доприноси предложене докторске дисертације:

- утврдиће се зависности активне снаге, реактивне снаге, фактора снаге, THD напона и THD струје од светлосног флукса за све разматране типове светиљки,
- утврдиће се поступци и мере за смањење негативних утицаја LED светиљки на квалитет електричне енергије,
- утврдиће се стварне могућности за уштеде електричне енергије у уличном осветљењу на годишњем нивоу које обезбеђује примена LED уместо конвенционалних светиљки, и то како у нормалном режиму, тако и у комбинованим режимима адаптивног уличног осветљења који се реализују помоћу телеменаџмент система,
- утврдиће се додатне могућности за уштеде електричне енергије које обезбеђује уважавање мезопских ефеката (у складу са CIE препоруком 191–2010),
- утврдиће се предности и недостаци примене LED технологије са аспекта инсталације уличног осветљења (пресек кабла, стартовање, заштита у случају кvara, падови напона,...),
- изабраће се LED светиљке одговарајуће боје светлости (на основу резултата субјективне евалуације), и
- израдиће се смернице за оптималну употребу LED светиљки у уличном осветљењу.

6. План истраживања и структура рада

Да би резултати докторске дисертације имали општу вредност, изабраће се потребан број типичних градских саобраћајница за моторни или мешовити саобраћај (светлотехничких класа M1 – M6), за које ће се, уз избор адекватног распореда светиљки (једностранни, цик-цак, двострани наспрамни и централни), извршити фотометријски прорачуни са савременим натријумовим, метал-халогеним и LED светиљкама (анализираће се LED светиљке топло беле и неутралне беле боје светлости). Светлотехничка решења ће се одредити тако да за сваку саобраћајницу буду испуњени сви фотометријски захтеви специфицирани у CIE препоруци 115–2010, уз услов да добијени нивои сјајности мање од 5% одступају од захтеваних. Излазни подаци фотометријских прорачуна релевантни за техно-економску анализу биће типови натријумових, метал-халогених и LED светиљки, као и висине и растојања између суседних стубова (светиљки) у оквиру свих светлотехничких решења.

У циљу анализе утицаја свих разматраних светиљки на квалитет електричне енергије (њихов оријентациони број износиће $3 \times 3 = 9$), у лабораторијским условима и при мрежном напону, извршиће се мерења вредности следећих релевантних параметара:

- активне снаге,
- реактивне снаге,
- напона,
- струје,
- фактора снаге,
- THD напона,
- THD струје,

- садржаја виших хармоника у напону, и
- садржаја виших хармоника у струји.

За LED светилке ће се извршити и лабораторијска мерења наведених параметара (електричних величина) при напону чији ће се степен изобличења мењати додавањем отпорности и пригушнице на ред са LED светилком, као и мерења њихових вредности у реалним условима – на реалној инсталацији уличног осветљења. Циљ ових мерења је утврђивање утицаја стварног напона на фактор снаге и THD напона и струје LED светилки, као и утицаја употребе драјвера различитих карактеристика.

У циљу смањења негативних утицаја LED светилки на квалитет електричне енергије разматраће се поступци и мере за сузбијање виших хармоника и постизање захтеване вредности фактора снаге. При анализама ће се користити вредност импедансе која је карактеристична за прикључак инсталације осветљења на нисконапонску дистрибутивну електричну мрежу.

Приликом одређивања активне снаге, реактивне снаге, фактора снаге и изобличења напона и струја светилки са натријумовим, метал-халогеним и LED изворима користиће се релевантни светски стандарди (IEEE стандард, EN стандард и IEC препоруке), као и релевантне дефиниције које се односе на снаге у присуству виших хармоника.

Такође ће бити анализиран ефекат великих струја стартовања које карактеришу светилке са метал-халогеним, а поготово са LED изворима светлости, због чега ове друге при сваком укључењу могу да изазову нежељено реаговање заштитног елемента (осигурача или аутоматског прекидача) у струјном колу светилки уличног осветљења.

Сви наведени параметри разматраће се и у режимима рада са редукованим светлосним флуksom (који се примењују у касним ноћним сатима), што ће омогућити употреба телеменаџмент система. Експерименти реализовани употребом телеменаџмент система омогућиће и узимање у обзир ефеката мезопског виђења (нивои сјајности разматраних саобраћајница за моторни и мешовити саобраћај одговарају мезопском виђењу). Анализом релевантних сценарија јавног осветљења са неколико режима рада, за неколико типичних саобраћајница одредиће се процентуалне промене утрошене активне и реактивне електричне енергије на годишњем нивоу у случају инсталирања LED уместо конвенционалних (натријумових и метал-халогених) светилки.

За неколико типичних саобраћајница анализираће се и утицај примене LED светилки на пресек кабла струјног кола осветљења, струју у његовом неутралном проводнику, ефикасност заштите од електричног удара, падове напона и напонска изобличења.

На основу пилот пројекта у оквиру кога ће се уз помоћ телеменаџмент система, мобилног луминансметра (CCD камере), анкете и статистичке анализе извршити поређење субјективних показатеља квалитета инсталација уличног осветљења реализованих помоћу LED чипова топло-беле и неутралне беле боје, као и на основу анализе релевантних референци које су се бавиле здравственим аспектима употребе LED светилки у уличном осветљењу, препоручиће се LED чипови одговарајуће придружене температуре боје за примену у уличном осветљењу. У анкети ће учествовати како група студената, тако и група грађана (оба пола и различите старости).

Након свих извршених прорачуна, мерења, анализа и симулација, урадиће се техно-економска анализа оправданости употребе LED технологије у уличном осветљењу, која ће садржати и смернице за оптималну употребу LED светилки.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Марка Давидовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, 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 "Утицај примене LED технологије на енергетску ефикасност и квалитет електричне енергије у адаптивном уличном осветљењу" научно је заснована и припада ужој научној области електроенергетски системи, а резултати до којих ће се доћи израдом ове дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос у области предметног истраживања.

Студент докторских студија спроводи истраживања у вези са предложеном темом на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Марку Давидовићу одобри израду докторске дисертације под наведеним називом, а под менторством др Јована Микуловића, ванредног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 14. јун 2017.

Чланови комисије



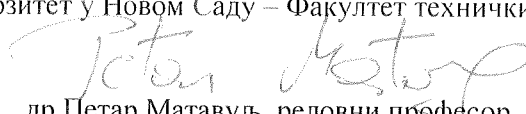
др Јован Микуловић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Предраг Стефанов, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



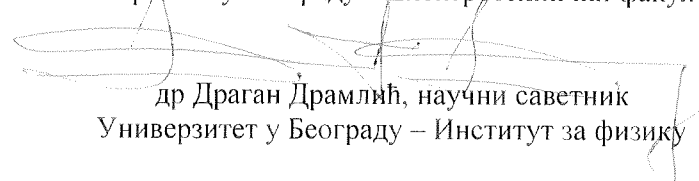
др Владимир Катић, редовни професор
Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука



др Петар Матавуљ, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



др Драган Драмлић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за физику