

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВИЈЕЋУ

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Владана Дурковића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5007/14-1 од 25.11.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцјену подобности теме и кандидата Владана Дурковића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Развој нових техничких рјешења и математичких модела за анализу производње фотонапонских електрана велике снаге“ (енг. „*Development of new technical solutions and mathematical models for production analysis of large photovoltaic power plants*“).

Комисија за оцјену подобности теме и кандидата сугерисала је да се наслов теме докторске дисертације измијени, што је прихваћено од стране предложеног ментора и кандидата, тако да је усаглашени наслов предложене теме докторске дисертације кандидата **Владана Дурковића: „Развој нових техничких рјешења и математичких модела за анализу производње електричне енергије из фотонапонских електрана великих снага“** (енг. „*Development of new technical solutions and mathematical models for electricity production analysis of large photovoltaic power plants*“).

На основу материјала приложеног уз Захтјев кандидата, Комисија подноси сљедећи

## ИЗВЈЕШТАЈ

### 1. Подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

Владан Р. Дурковић је рођен 10.03.1990. године у Подгорици, Црна Гора, гдје је завршио основну школу и гимназију „Слободан Шкеровић“.

Студије на Електротехничком факултету у Подгорици уписао је 2008. године. Завршио је основне студије на смјеру Енергетика и аутоматика 2011. године а специјалистичке студије на смјеру Индустијска електротехника 2012. године. Специјалистички рад „Управљање асинхроним мотором помоћу дигитално сигналног процесора TMS320LF2407“ одбранио је 2012. године. Мастер студије је уписао 2012. године на Електротехничком факултету у Београду, на модулу Електроенергетски системи. Током мастер студија постигао је просјечну оцјену 9,5, а мастер рад под називом „Услови развоја фотонапонске електране за напајање Комбината алуминијума у Подгорици“ одбранио је 2014. године. Ментор на изради мастер рада био је доцент др Жељко Ђуришић. Докторске студије је уписао 2014. године на Електротехничком факултету у Београду, модул Електроенергетске мреже и системи, гдје је положио све испите са просјечном оценом 9,90.

Од 2015. године запослен је на Електротехничком факултету Универзитета Црне Горе у својству сарадника у настави. Као сарадник у настави изводи рачунске и лабораторијске вјежбе из следећих предмета: Основи електроенергетике, Електродистрибутивни системи, Дистрибуирани извори електричне енергије, Енергетика и екологија, Пројектовање помоћу рачунара у електроенергетици, Високотензијска разводна постројења, Увод у електричне машине и трансформатори, Електране и Електроенергетски каблови. Области научноистраживачког рада којима се до сада бавио су: планирање и пројектовање фотонапонских електрана, анализа нових концепција фотонапонских електрана, планирање рада електроенергетских система у интерконекцији. Аутор/коаутор је 18 научно-стручних радова (3 рада су публикована у међународном часопису са SCI листе, 2 рада у међународним часописима, 1 рад на међународној конференцији и 12 радова на домаћим/регионалним конференцијама).

## 1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао 2014. 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 просјечном оцјеном 9,90.

### Преглед положених испита

|    | Назив предмета                                                              | Оцена | ЕСПБ |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|-------|------|
| 1  | Релејна заштита постројења и мрежа                                          | 10    | 9    |
| 2  | Високотензијска постројења                                                  | 10    | 9    |
| 3  | Фактор снаге и методе за поправку фактора снаге у присуству виших хармоника | 10    | 9    |
| 4  | Интеграција обновљивих извора у дистрибутивни систем                        | 10    | 6    |
| 5  | Методе оптимизације у електроенергетским системима                          | 9     | 9    |
| 6  | Планирање рада електроенергетских система у интерконекцији                  | 10    | 9    |
| 7  | Флексибилни регулациони уређаји у електроенергетским преносним мрежама      | 10    | 9    |
| 8  | Дистрибутивни системи – оптимално планирање и експлоатација                 | 10    | 9    |
| 9  | Управљање електроенергетским системима                                      | 10    | 9    |
| 10 | Увод у научни рад                                                           | 10    | 9    |

### Списак осталих реализованих обавеза

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

**Радови објављени у научним часописима међународног значаја који су на SCI листи M20**

- **V. Durković, Ž. Đurišić:** "Analysis of the Potential for Use of Floating PV Power Plant on the Skadar Lake for Electricity Supply of Aluminium Plant in Montenegro", *Energies*, Volume 10, Issue 10, October 2017, (IF 2.676) – M22.
- **V. Durković, Ž. Đurišić:** "Extended model for irradiation suitable for large bifacial PV power plants", *Solar Energy*, Volume 191, October 2019 (IF 4.674) – M21.
- **V. Durković, A. Savić:** "ATC enhancement using TCSC device regarding uncertainty of realization one of two simultaneous transactions", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 115, February 2020, (IF 4.418) – M21.

**Радови публиковани у осталим међународним часописима M24**

- **V. Durković, Ž. Đurišić,** "Conceptual Design and Economic Feasibility of Building of Roof Top Photovoltaic Power Plant on the Laboratory of Technical Faculty in Podgorica", *ETF Journal of Electrical Engineering* 22 (1), 2016.
- **D. Filipović, V. Durković,** "Potential, Electric Field and Capacitance Per Unit Length of a Thin Line Conductor in an Angle Between Two Ground Half Planes", *ETF Journal of Electrical Engineering* 23 (1), 2017.

**Радови саопштени на међународним конференцијама штампани у изводу M34**

- **K. Selenić, Ž. Đurišić, V. Durković,** "Conceptual design of pumped-storage hydro power plant on Skadar lake in Montenegro", P0062, Wind Europe conference & exhibition, Bilbao, Spain, April, 2019.

**Зборници скупова националног и регионалног значаја M63**

- **Ž. Đurišić, K. Selenić, V. Durković, N. Arsenijević:** "Idejno rešenje reverzibilne hidroelektrane sa plivajućom fotonaponskom elektranom u blizini Skadarskog jezera", VI savjetovanje CIGRE, Bečići, Crna Gora, May, 2019.
- **J. Radović, S. Živković, L. Dulović, V. Durković:** "Različite definicije faktora nesimetrije napona i njihovo poređenje", VI savjetovanje CIGRE, Bečići, Crna Gora, May, 2019.
- **G. Joksimović, V. Durković:** "Modeliranje struje uključenja neopterećenog transformatora bazirano na modifikovanoj Froehlich-ovoj krivoj", ETRAN, Serbia, June, 2018.
- **D. Filipović, V. Durković:** "Capacitance of the two-wire line symmetrically spaced inside a rectangular shield", IcETAN, Serbia, June, 2018.
- **V. Radulović, V. Durković:** "Surge protection of resistive loads in low voltage power installations", 23rd International Scientific-Professional Conference on Information Technology, Montenegro, March, 2018.
- **Ž. Đurišić, N. Arsenijević, V. Durković, I. Stamenić, D. Vasić:** "Uslovi razvoja projekta plivajuće fotonaponske elektrane na akumulacionom jezeru RHE Bajina Bašta, 32 savjetovanje CIGRE SRBIJA, Zlatibor, 2017.
- **D. Filipović, V. Durković, T. Dlabač:** "Two-dimensional Green's function for truncated wedge", IcETAN, Serbia, June, 2017.

- D. Filipović, V. Durković: "Poduzna kapacitivnost dvožičnog voda u uglu između dvije uzemljene poluravni", V savjetovanje CIGRE, Becici, Crna Gora, 2017.
- V. Tošković, V. Durković, T. Popović: "Jedno rešenje mini hibridne solarne elektrane snage 20 kW izvedene u Crnoj Gori", V savjetovanje CIGRE, Becici, Crna Gora, 2017.
- V. Durković, Ž. Đurišić, "Idejno rešenje i ekonomska opravdanost izgradnje fotonaponske elektrane na krovu laboratorije tehničkih fakulteta u Podgorici", XXI međunarodno naučno-stručni skup I Informacione tehnologije, Žabljak, 2016.
- V. Durković, N. Rajaković: "Optimalno upravljanje potrošnjom u prisustvu fotonaponske elektrane i skladištenja energije", 10 savjetovanje CIRED Vrnjačka Banja, Serbia, 2016.
- V. Durković, Ž. Đurišić: "Uslovi razvoja fotonaponske elektrane za napajanje kombinata aluminijuma u Podgorici", IV savjetovanje CG CIGRE, 11-14 maj, 2015.

Пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног вијећа Електротехничког факултета, у саставу: др Јован Микуловић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет – председник комисије, др Чедомир Зельковић, ванредни професор, Универзитет у Бањој Луци – Електротехнички факултет – члан комисије, др Зоран Радаковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет – члан комисије на јавној усменој одбрани, кандидат је **успјешно положио докторски испит, одржан 10.12.2019. године.**

### 1.3. Оцјена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Владан Дурковић посједује адекватан ниво знања из области које представљају основу неопходну за рјешавање техничких проблема који се третирају у предложеној докторској дисертацији. До сада је публиковао 18 научних радова. Објавио је 3 научна рада у међународним часописима са импакт фактором, при чему су садржаји 2 рада у директној вези са темом докторске дисертације. Положио је све испите на докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду са просјечном оцјеном 9,90. На основу наведених резултата кандидата, наша је процјена да је кандидат Владан Дурковић у стању да успјешно реализује израду предметне докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Последњих неколико година присутан је стални пораст производње електричне енергије добијене из фотонапонских (ФН) електрана. Проблеми глобалног загријевања и исцрпљивост резерви фосилних горива су резултовали наглим развојем технологија и тржишта фотонапонских система. Стални пад цијена компоненти ФН система и субвенције за производњу електричне енергије из обновљивих извора су главни замајац за све веће учешће ФН електрана у укупној производњи електричне енергије у свијету. Глобална стратегија развоја енергетике представља ФН електране као један од главних извора електричне енергије у будућности.

Једна од главних негативних карактеристика фотонапонске конверзије, која у великој мјери ограничава развој ФН електрана великих снага, је релативно мали однос инсталисане снаге и површине које заузимају. Из тог разлога, изградња ФН електрана је ограничена само на површине које имају ниску употребну вриједност, што ограничава даљи развој и повећање учешћа соларне енергије у глобалној структури производње електричне енергије. У циљу смањења захтијеваних површина за инсталацију ФН електрана и смањења њиховог негативног утицаја на животну средину, у стручној и научној литератури се анализирају различита техничка рјешења и концепти. Препознато је неколико могућих рјешења, при чему

се издвајају следећи концепти: изградња ФН електрана на мирним воденим површинама, уградња рефлексионих плоча између ФН редова и коришћење ФН панела са обостраним активним површинама (*bifacial PV panels* – двострани фотонапонски панели) уместо постојећих панела са једном активном површином.

Идеја градње ФН електране на води смањује потребу за узурпацијом корисних копнених површина али и постизање неких додатних позитивних ефеката, као што је повећање ефикасности фотонапонске конверзије и смањење испаравања воде из језера. Температура ФН панела изграђених на воденим површинама је у току љетњих месеци значајно нижа у односу на стандардне копнене инсталације због ефекта хлађења носећих конструкција и ниже амбијенталне температуре у граничном слоју површине језера у којем се налазе ФН панели. Овај ефекат природног хлађења панела може значајно допринијети повећању ефикасности фотонапонске конверзије. Поред тога, у регионима са хладном климом, у току зимских месеци акумулациона језера доприносе смањењу губитака јер смањују задржавање снијежних падавина на ФН панелима. Концепти ФН електрана на води су презентовани у радовима [1-4], док су у раду [5] представљени експериментални резултати већ изграђене плутајуће ФН електране који потврђују неке од предности овог концепта у односу на уобичајене конструкције ФН електрана на копну.

У радовима [6-10] представљен је концепт уградње рефлексионих алуминијумских плоча између ФН редова са циљем повећања ирадијације која доспијева на ФН панеле. У радовима [8-10] представљене су анализе које указују да компонента ирадијације која се одбија од рефлексионих плоча ка ФН панелима може значајно допринијети повећању производње ФН електране и повећању енергетског искоришћења простора који заузима ФН електрана. Концепт повећања густине снаге ФН електране који се базира на коришћењу двостраних ФН панела такође може значајно допринијети смањењу захтијеване површине за изградњу ФН електрана, али и промјени дневног дијаграма снаге производње оваквих електрана. Стални пад цијена ФН панела доприноси да овакав концепт има и све већу економску оправданост. На основу резултата презентованих у радовима [11-14] показано је да се у случају ФН електране са двостраним ФН панелима може значајно повећати годишња производња електричне енергије уколико се побољшају рефлексионе карактеристике подлоге између ФН редова. Циљеви истраживања ове докторске дисертације су унапређење постојећих математичких модела за процјену производње ФН електрана и предлог нових концепција ФН електрана великих снага. Највећа несигурност у прорачуну производње ФН електрана је повезана са несигурношћу прорачуна ирадијације која пада на активну површину ФН панела. У научној литератури постоји значајан број радова који се баве истраживањима и развојем математичких модела за што прецизнији прорачун ирадијације ФН електрана. На основу [11-17], може се закључити да постојећи модели за естимацију производње и ирадијације претпостављају да иста количина (или цјелокупна) дифузионе инсолације пада на простор између редова ФН панела у електранама великих снага. Другим ријечима, постојећи модели не узимају у обзир чињеницу да су засјенчени дјелови површи између ФН редова озрачени различитом дифузионом компонентом ирадијације у односу на незасјенчене дјелове површи. У засјенченим дјеловима површи не постоји директна компонента ирадијације, али се мијења дифузиона компонента у односу на незасјенчене дјелове површи јер се смањује просторни угао виђења неба са којег долази дифузиона компонента ирадијације. Овај ефекат ће бити детаљно анализиран у дисертацији, тако да ће један од циљева докторске дисертације бити унапређење математичких модела за процјену ирадијације на површини ФН панела велике снаге уз уважавање ефеката сјенке и рефлексионих карактеристика подлоге. Имајући у виду да је препознато да коефицијент рефлексије подлоге има значајан утицај на повећање укупне ирадијације на површини обостраних ФН панела, предложени математички модел би омогућио оптимизацију просторне оријентације ФН панела и растојања између ФН редова, као и прецизнију процјену дневног и годишњег дијаграма производње ФН електрана. Модел за прорачун дифузионе компоненте ирадијације која пада на површину обостраних ФН

модула би се заснивао на прорачуну *фактора виђења*. Имајући у виду да просјечни дневни дијаграм производње ФН електрана са вертикално постављеним ФН модулима одликује карактеристика да боље одговарају просјечном дијаграму конзума у односу на електране са једностраним и обостраним ФН панелима оријентисаним према југу, у дисертацији ће бити анализирани и оптимизоване излазне карактеристике вертикално постављених ФН панела. Поред научног значаја, који се огледа у унапређењу математичког модела за прорачун ирадијације, резултати предложене докторске дисертације ће имати и директну практичну примјењивост, како у фази планирања ФН електрана, тако и у току експлоатације за процјену дневних дијаграма производње.

Један од циљева ове дисертације је и испитавање могућности повећања производње ФН електрана на води кроз иновативна рјешења која ће омогућити повећање укупне ирадијације која пада на активну површину ФН панела. Биће предложено иновативно решење ФН електране са ротирајућом платформом које ће омогућити праћење азимутног угла сунца, што може допринијети значајном повећању производње електричне енергије ФН електране. Биће извршена оптимизација система и квантификована економска оправданост предложеног концепта. Прилагођење и поједностављење претходно описаних побољшаних модела за прорачун производње ФН електране са рефлексивним површинама би био још један научни допринос ове дисертације. У дисертацији ће бити, кроз реалне примјере, анализирани могућности реализације плутајућих ФН електрана на акумулационим језерима реверзибилних хидроелектрана и предложени математички модели за процјену смањења губитака воде у акумулацији услед испаравања.

Имајући у виду да је температура значајан фактор који утиче на ефикасност ФН електране, у предложеној докторској дисертацији дио истраживања ће бити усмјерен ка моделовању утицаја температуре на излазне карактеристике ФН електрана и развој динамичког модела за естимацију снаге производње. Широко коришћени модели за процјену утицаја температуре на производњу ФН електрана, који су презентовани у литератури [18-22], не узимају у обзир временску константу загријавања ФН панела. Један од доприноса ове дисертације би био развој математичког модела који би допринео унапређењу постојећих динамичких модела за прорачун излазних карактеристика једностраних и двостраних ФН панела и електрана инсталисаних на подлогама са различитим рефлексивним карактеристикама.

За анализу развијених модела и концепција ФН електрана биће коришћени реални подаци о хоризонталној инсолацији и амбијенталној температури. Поред реалних мјерних података, користиће се и вјештачки генерисани подаци у циљу верификације поузданости добијених резултата. Излаз сваког од наведених модела и концепција ФН електрана би били дневни, сезонски и годишњи дијаграми производње, као и типични технички и економски индикатори ФН електране.

Научни значај и допринос ове дисертације састоји се у развоју оригиналних концепција ФН електрана и математичких модела који ће унаприједити услове планирања и експлоатације ФН електрана и омогућити унапређење економских и еколошких параметара производње електричне енергије у ФН електранама. У прилогу су неке од референци које представљају полазну основу за истраживање и потврђују актуелност проблематике која је тема предложене дисертације:

[1] V. Durković and Ž. Đurišić, "Analysis of the Potential for Use of Floating PV Power Plant on the Skadar Lake for Electricity Supply of Aluminium Plant in Montenegro," *Energies*, vol. 10, no. 10, p. 1505, Oct. 2017.

[2] Ferrer-Gisbert, C.; Ferrán-Gozálvez, J.J.; Redón-Santafé, M.; Ferrer-Gisbert, P.; Sánchez-Romero, F.J.; Torregrosa-Soler, J.B. "A new photovoltaic floating cover system for water reservoirs". *Renew. Energy* 2013, 60, 60.

- [3] Trapani, K.; Millar, D.L.; Smith, H.C.M. "Novel offshore application of photovoltaics in comparison to conventional marine renewable energy technologies". *Renew. Energy* 2013, 50, 8788.
- [4] R. Cazzaniga, M. Cicu, M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, G. M. Tina, and C. Ventura, "Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 1730–1741, Jan. 2018.
- [5] Santafé, M.R.; Soler, J.B.T.; Romero, F.J.S.; Gisbert, P.S.F.; Gozávez, J.J.F.; Gisbert, C.M.F. "Theoretical and experimental analysis of a floating photovoltaic cover for water irrigation reservoirs". *Energy* 2014, 67, 2455.
- [6] J. W. Bollentin and R. D. Wilk, "Modeling the solar irradiation on flat plate collectors augmented with planar reflectors," *Sol. Energy*, vol. 55, no. 5, pp. 343–354, Nov. 1995.
- [7] G. E. Ahmad and H. M. S. Hussein, "Comparative study of PV modules with and without a tilted plane reflector," *Energy Convers. Manag.*, vol. 42, no. 11, pp. 1327–1333, Jul. 2001.
- [8] R. Baccoli, A. Frattolillo, C. Mastino, S. Curreli, and E. Ghiani, "A comprehensive optimization model for flat solar collector coupled with a flat booster bottom reflector based on an exact finite length simulation model," *Energy Convers. Manag.*, vol. 164, pp. 482–507, May 2018.
- [9] G. E. Ahmad and H. M. S. Hussein, "Comparative study of PV modules with and without a tilted plane reflector," *Energy Convers. Manag.*, vol. 42, no. 11, pp. 1327–1333, Jul. 2001.
- [10] Z. T. Pavlović and L. T. Kostić, "Variation of reflected radiation from all reflectors of a flat plate solar collector during a year," *Energy*, vol. 80, pp. 75–84, Feb. 2015.
- [11] R. Kopecek and J. Libal, "Towards large-scale deployment of bifacial photovoltaics", *Nature Energy*, 3(6), 443–446, Jun. 2018.
- [12] Asgharzadeh, A., Marion, B., Deline, C., Hansen, C., Stein, J.S., Toor, F. "A Sensitivity study of the impact of installation parameters and system configuration on the performance of bifacial PV arrays". *IEEE Journal of Photovoltaic*. vol. 8, pp. 798–805, 2018.
- [13] Khan, M.R., Hanna, A., Sun, X., Alam, M.M. "Vertical bifacial solar farms: physics, design, and global optimization". *Appl. Energy* 206, 240–248, 2017.
- [14] Sun, X., Mohammad, K.R., Deline, C., Alam, M.A. "Optimization and performance of bifacial solar modules: a global perspective". *Appl. Energy* 212, 1601–1610, 2018.
- [15] V. Durković and Ž. Đurišić, "Extended model for irradiation suitable for large bifacial PV power plants," *Solar Energy*, vol. 191, pp. 272–290, Oct. 2019.
- [16] Appelbaum, J. "Bifacial photovoltaic panels field". *Renew. Energy* 85, 338–343, 2016.
- [17] Appelbaum, J. "The role of view factors in solar photovoltaic fields". *Renew. Sustain. Energy Rev.* 81, 161–171, 2018.
- [18] Yun Tiam Tan, D.S. Kirschen, N. Jenkins, "A model of PV generation suitable for stability analysis", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 19, pp. 748–755, Dec. 2004.
- [19] Yousef Mahmoud and Ehab F. El-Saadany, "A Photovoltaic Model With Reduced Computational Time", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 62, pp. 3534–3544, June 2015.
- [20] Mohammad Saad Alam and Ali T. Alouani, "Dynamic modeling of photovoltaic module for real-time maximum power tracking", *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol. 2, April 2010.

[21] Marcelo Gradella Villalva, Jonas Rafael Gazoli and Ernesto Ruppert Filho, "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays", *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 24, May 2009.

[22] Sathish Kumar Kollimalla and Mahesh Kumar Mishra, "A Novel Adaptive P&O MPPT Algorithm Considering Sudden Changes in the Irradiance", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 29, Sept. 2014.

### 3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе као предмет истраживања предложене докторске дисертације су:

- Повећање производње ФН електрана реализованих са ФН панелима са двостраном активном површином може се постићи повећањем рефлексивних карактеристика подлоге.
- Уважавањем чињенице да на дијелу засјенченог простора између ФН редова пада само дифузиона компонента ирадијације, док на осталом дијелу пада дифузиона и директна ирадијација, добија се прецизнији модел за прорачун ирадијације на површини ФН панела.
- Праћење азимутног угла сунца код ФН електрана на води може значајно допринијети повећању производње плутајућих ФН електрана.
- Уградња рефлексивних плоча на ротирајућој носећој платформи ФН панела резултовало би повећању производње ФН електрана инсталираних на води.
- Изградња ФН електрана на површинама акумулационих језера хидроенергетских објеката може допринијети значајном смањењу губитака воде услед испаравања и повећању ефикасности реверзибилних хидроелектрана.
- Обухватањем временске константе загријавања ФН панела резултовало би прецизнијим динамичким моделом производње ФН панела.

### 4. Научне методе истраживања

- Рјешавања различитих оптимизационих проблема, који су предмет истраживања предложене докторске дисертације, биће спроведена помоћу одговарајућих оптимизационих метода. Критеријуми оптимизације биће максимизација производње по јединици површине простора на којем се гради ФН електрана, максимизација производње по јединици инсталисане снаге ФН панела и минимизација нивелисаних трошкова производње електричне енергије (*LCOE- Levelized Cost of Electricity*) ФН електране.
- За прорачуне ирадијације на површини ФН панела биће коришћен математички модел базиран на моделу *фактора виђења* и техника сегментације површина од којих се врши рефлексивна соларног зрачења.
- Обрада мјерних података, прорачуни и приказ резултата биће вршени примјеном програмског пакета МАТЛАБ.
- Улазни подаци за анализу предложених модела и концепција ФН електрана ће бити реални вишегодишњи мјерни подаци.

## **5. Очекивани научни допринос**

Очекивани научни доприноси предложене докторске дисертације су:

- Биће развијен оригинални аналитички модел за прорачун ирадијације и производње ФН електране који узима у обзир да на дио простора између ФН редова не пада цјелокупна хоризонтална ирадијација.
- Биће развијен оригинални аналитички модел ФН панела који обухвата временску константу загријавања ФН панела.
- Биће предложен оптимизациони модел и разрађено идејно рјешење за ФН електране инсталисане на води са могућношћу праћења азимутног угла сунца.
- Биће развијен аналитички модел за оптимизацију и процјену производње ФН електране на води са рефлексивним плочама између ФН редова.
- Биће спроведена анализа техничких и економских индикатора предложених модела и концепција ФН електрана коришћењем реалних вишегодишњих мјерних података.
- Биће предложена идејна рјешења за изградњу ФН електрана у склопу хидроенергетских објеката и сагледани ефекти њихове инсталације на смањење губитака услед испаравања воде.

## **6. План истраживања и структура рада**

Основни кораци истраживања у оквиру предложене докторске дисертације су:

- Анализа карактеристика постојећих метода за ирадијацију, концепција ФН електрана на води и електрана са рефлексивним плочама између ФН редова.
- Анализа карактеристика динамичких модела излазне снаге ФН панела.
- Развој аналитичког модела за ирадијацију и производњу ФН електрана који узима у обзир који дио простора између ФН редова је озрачен дифузионом а који директном и дифузионом компонентом сунчевог зрачења.
- Развој аналитичког модела за ФН панел који уважава временску константу загријавања ФН панела.
- Развој идејног рјешења за ФН електране на воденим површинама са праћењем азимутног угла сунца.
- Развој аналитичког модела за прорачун ирадијације и производње за ФН електране на води у присуству рефлексивних плоча између ФН редова.
- Демонстрација практичне примјенивости развијених модела коришћењем реалних метеоролошких података кроз већи број нумеричких експеримената.
- Тестирања кроз експерименте на физичким моделима.

Текст докторске дисертације биће написан на српском језику.

## 7. Закључак и предлог

На основу предложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Владана Дурковића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија је закључила да:

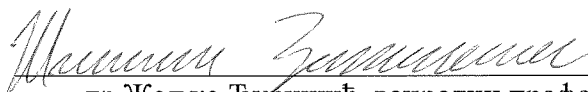
1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације;
2. Предложена тема **„Развој нових техничких рјешења и математичких модела за анализу производње електричне енергије из фотонапонских електрана великих снага“** (енг. *“Development of new technical solutions and mathematical models for electricity production analysis of large photovoltaic power plants”*) научно је заснована и припада ужој научној области електроенергетски системи, а резултати до којих ће 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 вијећу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Владану Дурковићу одобри израду докторске дисертације под наведеним називом, а под менторством др Жељка Ђуришића, ванредног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 7.2.2020. године.

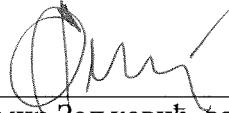
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Жељко Ђуришић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



др Чедомир Зељковић, ванредни професор  
Универзитет у Бањој Луци - Електротехнички факултет



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