

Универзитет у Београду  
Електротехнички факултет

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Иве М. Бабић**

Одлуком бр. 5050/07-3 од 7.12.2015. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Иве М. Бабић** под насловом

### **Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Ива М. Бабић је уписана на докторске студије 2008. године.

На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2007/2008, 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 академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду, као и додатно продужење за годину дана, на основу Одлуке бр. 24-06/12-2007/5050 од 4. марта 2015. године.

Кандидат Ива Бабић је у току школске 2014/2015. године користила статус мировања због одржавања трудноће и породилског одсуства.

Пријаву и образложење теме докторске дисертације под насловом „*Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему*“ кандидат Ива Бабић предала је 29. јануара 2015. године.

На седници Комисије за студије трећег степена, одржаној 3. фебруара 2015. године, Комисија је разматрала предлог теме за израду докторске дисертације и предлог о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно–научном већу на усвајање. Једногласно су прихваћени чланови Комисије за докторски испит и прихватање теме у саставу: др Никола Рајаковић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду и др Владица Мијаиловић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку, које је Катедра за електроенергетске системе предложила на седници одржаној 26. децембра 2014. године.

На седници бр. 783 Наставно-научног већа, одржаној 24. фебруара 2015. године, Наставно-научно веће је донело одлуку (датум одлуке: 4. март 2015. године; бр. одлуке: 5050/07-1) о именовану Комисије у проширеном саставу: др Никола Рајаковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, др Владица Мијаиловић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу, др Зоран Радаковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, др Иван Шкокљев, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду и др Јован Микуловић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације под насловом „*Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему*“ коју је кандидат Ива Бабић пријавила. За ментора докторске дисертације предложен је др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет у Београду.

На јавној усменој одбрани, одржаној 23. марта 2015. године, пред Комисијом за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације, кандидат Ива Бабић је успешно положила докторски испит на Електротехничком факултету у Београду.

Комисија за оцену услова и прихватања теме докторске дисертације је поднела извештај Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду 26. марта 2015. године и предложила да се кандидату Иви М. Бабић одобри израда докторске дисертације под насловом „*Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему*“.

За ментора дисертације је предложен др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет у Београду.

Комисија за студије трећег степена, на својој седници одржаној 31. марта 2015. године, разматрала је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Иве Бабић, који је једногласно прихватила и упутила га на усвајање Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду. Наставно-научно веће је на својој седници одржаној 21. априла 2015. године усвојило предлог Комисије.

Веће научних области техничких наука је на седници одржаној 11. маја 2015. године донело одлуку (датум одлуке: 11. мај 2015. године, бр. одлуке: 61206-2042/2-15) да даје сагласност на предлог теме докторске дисертације Иве Бабић, под насловом „*Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему*“.

Кандидат Ива Бабић је 12. новембра 2015. године поднела докторску дисертацију на преглед и оцену.

Комисија за студије трећег степена је на својој седници, одржаној 25. новембра 2015. године, потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације и једногласно прихватила чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет у Београду, др Никола Рајаковић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду и др Владица Мијаиловић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку.

На седници бр. 794 Наставно-научног већа, одржаној 1. децембра 2015. године, Наставно-научно веће је донело одлуку (датум одлуке: 7. децембар 2015. године; бр. одлуке: 5050/07-3) о именовану Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Иве Бабић под насловом „*Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему*“ у проширеном саставу: др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет у Београду др Никола Рајаковић, редовни

професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, др Владица Мијаиловић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу, др Иван Шкокљев, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду и др Јован Микуловић, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду

## 1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације кандидата Иве М. Бабић под насловом „*Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему*“ спада у научну област *Техничке науке – Електротехника* и у ужу научну област *Електроенергетски системи*, за које је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

Др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет у Београду, као ментор ове докторске дисертације испуњава све потребне услове и поседује све потребне компетенције за вођење докторске дисертације. Ментор докторске дисертације је ангажован у настави на основним, мастер и докторским студијама на предметима који се баве обновљивим изворима енергије и њиховом интеграцијом у електроенергетске системе. Публиковао је већи број научних радова из области обновљивих извора енергије, од којих је 8 радова публиковано у међународним часописима са импакт фактором.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Ива М. Бабић је рођена 31. августа 1980. године у Београду, општина Савски венац, Република Србија, од оца Мирољуба и мајке Татјане. Основну школу „Радоје Домановић“ је завршила 1995. године у Београду са одличним успехом. Носилац је дипломе „Вук Стефановић Караџић“. Пету београдску гимназију, природно-математички смер, је завршила 1999. године са одличним успехом. Током основног и средњег образовања остварила је запажене резултате на такмичењима из области математике, физике, хемије, биологије, информатике, енглеског и француског језика.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду, Енергетски одсек, уписала је школске 1999/2000. године. Дипломирала је јула 2007. године на истом факултету, на Смеру за електроенергетске системе. Докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Електроенергетске мреже и системи је уписала 2008. године. У току студија положила је све испите предвиђене студијским планом и програмом изабраног модула са просечном оценом 10,00.

Од априла 2008. године до новембра 2011. године била је запослена у Иновационом центру Електротехничког факултета (ИЦЕФ) у Београду на месту сарадника-постдипломца. Од децембра 2009. године до децембра 2011. године била је члан Управног одбора Rudnar Group - Meter&Control. Од новембра 2011. године је запослена на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, при Катедри за Електроенергетске системе на месту сарадника на пројектима. На пројектима које је финансирало Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије, учествовала је као сарадник у реализацији три научно-истраживачка пројекта из програма Иновационе делатности, као и два научно-истраживачка пројекта из програма Технолошког развоја. Тренутно је ангажована као сарадник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја, евиденционог броја ИИИ 42009, под називом „Интелигентне енергетске мреже“ (програм: Интегрална и интердисциплинарна истраживања, област: Енергетика и енергетска ефикасност). Руководилац пројекта је проф. др Никола Рајаковић.

У току зимског семестра школске 2011/2012. и школске 2012/2013. године на Катедри за електроенергетске системе је била ангажована за извођење лабораторијских вежби из предмета Електрична мерења 1 за студенте друге године Енергетског одсека (ОГ2ЕМ1). У току летњег семестра школске 2011/2012. године на истој катедри, била је ангажована за извођење лабораторијских вежби из предмета Електрична мерења 2 за студенте друге године Енергетског одсека (ОГ2ЕМ2) и из предмета Практикум лабораторијске вежбе из ЕЕС-а за студенте четврте године Енергетског одсека (ОГ4ПЛВ).

Током докторских студија активно се бавила научноистраживачким радом што је резултирало бројним референцама. Аутор или коаутор је више радова публикованих у часописима и на конференцијама националног, регионалног и међународног значаја. Ови радови су из области обновљивих извора енергије (соларна енергетика, ветроенергетика, биомаса и биогорива), аутономних система напајања, оптималног планирања мреже и процене губитака, интелигентних енергетских мрежа, енергетске ефикасности и других.

Говори енглески и француски језик.

Удата је, мајка малолетног детета.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација по форми и структури потпуно одговара Упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација садржи 162 стране.

Делови дисертације су:

- Насловна страна на српском језику
- Насловна страна на енглеском језику
- Страна са информацијама о ментору и члановима комисије
- Изјава захвалности
- Страна са подацима о докторској дисертацији на српском језику
- Страна са подацима о докторској дисертацији на енглеском језику
- Цитат на српском језику
- Садржај
- Текст рада по поглављима
  1. Увод
  2. Теоријска анализа енергије Сунца и фотонапонске конверзије
  3. Основни елементи прорачуна енергетског потенцијала Сунчевог зрачења на површини фотонапонског панела
  4. Утицај временског профила производње фотонапонских панела на економичност фотонапонских панела
  5. Оптимизација азимутног и нагибног угла фотонапонских панела уз уважавање тржишних ефеката
  6. Процена ефеката дисперзованих фотонапонских система на губитке у дистрибутивној мрежи
  7. Утицај температуре ваздуха и брзине ветра на ефикасност фотонапонске електране
  8. Закључак
- Списак коришћене литературе
- Биографија аутора

- Изјава о ауторству
- Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада
- Изјава о коришћењу.

Дисертација садржи 66 слика, 15 табела и 95 нумерисане једначине, као и списак коришћене литературе који садржи 152 библиографске јединице.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље представља увод у значај коришћења и убрзане интеграције обновљивих извора енергије у постојећим електроенергетским системима, са посебним акцентом на пораст инсталисаног капацитета фотонапонских електрана. Образложен је значај и специфичности анализе ефеката рада фотонапонских система на перформансе електроенергетског система. Укратко су описани предмет истраживања докторске дисертације, као и полазне хипотезе докторске дисертације. У овом поглављу је дат и преглед тренутног стања у области соларне енергетике у Европи и свету и перспективе њеног даљег развоја.

Друго поглавље садржи теоријску анализу енергије соларног зрачења и опис фотонапонске конверзије. Детаљно су описани: основни типови фотонапонских ћелија, фотонапонски модули и панели, као и еквивалентне заменске шеме фотонапонских ћелија.

У трећем поглављу су представљени основни елементи прорачуна енергетског потенцијала Сунчевог зрачења на површини фотонапонског панела. Ово поглавље садржи: теоријске елементе прорачуна путање Сунца у односу на циљни објекат, модел за прорачун укупне ирадијације фотонапонског панела при ведром дану на основу екстратерестричке ирадијације (*Clear day model*), као и модел за прорачун укупне ирадијације фотонапонског панела на основу мерења хоризонталне ирадијације на микролокацији у реалним временским условима.

У четвртном поглављу је разматран утицај временског профила производње фотонапонских панела на економичност фотонапонског панела у условима слободног тржишта. Извршена је корелациона анализа између типичних дневних и сезонских профила снаге производње фотонапонске електране и профила цене на тржишту електричне енергије и дефинисани су одговарајући квантификатори. Развијени математички модел за прорачун индекса корелисаности је демонстриран на примеру фотонапонске електране, коришћењем реалних једногодишњих мерних података о соларној ирадијацији на одређеној микролокацији. Извршена је компаративна анализа економског вредновања произведене јединичне енергије из фотонапонских електрана и ветроелектрана и дати су одговарајући закључци.

У петом поглављу је анализиран ефекат просторне оријентације фотонапонских панела у погледу профита који власник фотонапонске електране стиче на слободном тржишту електричне енергије. Извршена је оптимизација нагибног и азимутног угла фотонапонског панела уз уважавање тржишних ефеката. Представљен је пример прорачуна оптималног азимутног и нагибног угла фотонапонских панела уз уважавање тржишних ефеката.

У шестом поглављу извршена је процена ефеката дисперзованих фотонапонских система на губитке активне снаге у дистрибутивној мрежи. Представљен је развијен и унапређен стохастички модел еквивалента мреже за процену утицаја дисперзованих фотонапонских система на губитке активне снаге у дистрибутивном систему. Развијени су математички модели за процену утицаја дисперзованих фотонапонских система на губитке активне снаге у дистрибутивној мрежи коришћењем *Fuzzy* логике и *Monte Carlo* симулације. Развијени модели су тестирани на примерима средњенапонске и нисконапонске дистрибутивне мреже

и резултати су упоређени са прорачуном губитака коришћењем класичних прорачуна на бази токова снага.

У седмом поглављу је анализиран утицај температуре ваздуха и брзине ветра на ефикасност фотонапонске електране. Извршена је експериментална анализа процене температуре фотонапонског панела у реалним условима експлоатације, као и експериментална анализа ефикасности фотонапонског панела у реалним условима експлоатације. Експерименталне анализе су упоређене са анализама које су добијене на основу различитих математичких модела познатих у литератури и инжењерској пракси.

У осмом поглављу су изнети и сумирани закључци, главна запажања и доприноси урађене докторске дисертације.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Пораст инсталисаних капацитета фотонапонских електрана у глобалном електроенергетском систему има највећи тренд од свих извора електричне енергије у свету. С обзиром на специфичности ових извора електричне енергије, њихова интеграција у електроенергетски систем је врло актуелна проблематика, која окупира научну и стручну јавност из области електроенергетике, о чему сведочи и публиковање великог броја радова из ове области у истакнутим међународним научним часописима и на конференцијама.

Имајући у виду наведене глобалне трендове у области електроенергетике, може се закључити да је предмет докторске дисертације кандидата Иве М. Бабић *„Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему“* врло актуелан. Тема и предмет докторске дисертације су, поред великог теоријског значаја, једнако интересантни и актуелни из угла инжењерске праксе, јер је планирање, изградња и прикључење фотонапонских електрана активност која је врло актуелна и има врло битно место у краткорочним и средњерочним стратегијама развоја енергетике готово свих земаља у Европи и свету.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Као полазне основе у изради дисертације коришћена је најсавременија литература из области фотонапонске конверзије и интеграције обновљивих извора енергије у електроенергетским системима. Наведена литература обухвата 152 библиографских јединица које, највећим делом, обухватају најсавременије научне радове публиковане у истакнутим међународним часописима и на конференцијама. Њима су обухваћени објављени радови кандидата Иве М. Бабић у вези са предметом и темом докторске дисертације. На основу увида у предметну докторску дисертацију и анализе наведене литературе, стиче се утисак да су оригинални научни доприноси до којих је кандидат Ива Бабић дошла стављени у коректан контекст.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Докторска дисертација садржи више целина у којима су коришћене различите инжењерске и научне методе у погледу моделовања временског профила производње фотонапонских електрана и њиховог утицаја на електроенергетски систем, као и на тржиште електричне енергије.

За процену временског дијаграма производње фотонапонских панела коришћен је *Liu Jordan*-ов модел, који омогућава раздвајање соларног зрачења на компоненте директног, дифузионог и рефлектованог зрачења. Овакав приступ је омогућио коришћење мерних база података о хоризонталном соларном зрачењу за процену дијаграма производње произвољно оријентисаног фотонапонског панела. У прорачунима је уважен утицај температуре на ефикасност фотонапонске конверзије коришћењем искуствених релација, које се најчешће срећу у литератури и пракси, за процену температуре фотонапонских панела на основу амбијенталне температуре и NOCT (*Nominal Operation Cell Temperature*) параметра за фотонапонске модуле.

Моделовање губитака у сложеној дистрибутивној мрежи са дисперзованим фотонапонским панелима је вршено применом методе стохастичког еквивалента дистрибутивне мреже. Стохастичност токова снага потрошње и производње из фотонапонских система је уважавана кроз коришћење техника вештачке интелигенције, где су коришћени *Fuzzy* логика и *Monte Carlo* симулација за представљање средњих сатних снага потрошње и производње фотонапонских електрана које су прикључене на дистрибутивну мрежу.

На бази наведених метода у дисертацији су приказани нови модели и приступи за квалитативно и квантитативно сагледавање ефекта рада фотонапонских система на губитке електричне енергије у електроенергетском систему, оптимизацију њихове просторне оријентације и максимизацију профита на тржишту електричне енергије.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати које је кандидат Ива М. Бабић остварила и приказала у докторској дисертацији имају битан научни и практични значај.

Представљени модел за валоризацију електричне енергије произведене у фотонапонским електранама у условима слободног тржишта електричне енергије омогућава инвеститорима у овакве објекте боље сагледавања економичности пројекта фотонапонске електране у условима слободног тржишта.

Уважавање тржишних ефеката при оптимизацији просторне оријентације фотонапонских панела, које је кандидат Ива Бабић предложила у докторској дисертацији, даје нове погледе при планирању фотонапонских електрана. Развијени модел показује да критеријум максимизације производње фотонапонских електрана, који је био карактеристичан за такозвани механизам *Feed - in Tariff*, није увек оптималан у условима слободног тржишта електричне енергије и да се мора у оптимизацију укључити и временски профил производње фотонапонских панела и временски профил цене на тржишту електричне енергије.

Развијени и унапређени модел стохастичког еквивалента дистрибутивне мреже даје добре теоријске подлоге за сагледавање утицаја масовног прикључења дисперзованих фотонапонских електрана на губитке активних снага у дистрибутивној мрежи. Кроз примере на реалним дистрибутивним мрежама, у дисертацији је показана практична применљивост развијене методологије, као и квантитативни значај сагледавања ефеката фотонапонског генерисања на губитке активне снаге у дистрибутивним мрежама.

Спроведене анализе утицаја температуре амбијента на ефикасност фотонапонске конверзије, које је кандидат Ива Бабић спровела у дисертацији, кроз експерименталну анализу мерења на реалном фотонапонском систему, омогућавају сагледавање несигурности у процени производње фотонапонских система коришћењем постојећих теоријских модела за процену утицаја варијација амбијенталне температуре на ефикасност конверзије.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Ива М. Бабић се током свог научноистраживачког рада бавила тематиком која спада у најужу област урађене докторске дисертације.

Кандидат Ива М. Бабић је током протеклих 10 година интензивно радила у области обновљивих извора енергије, почев од њеног дипломског рада, кроз докторске студије, пројекте, ако и кроз учешће на међународним и регионалним научно-стручним конференцијама из области обновљивих извора енергије.

Кандидат Ива М. Бабић је несумњиво подобна и способна да даље самостално прати актуелну и референтну научну литературу, као и да предлаже и реализује истраживања са научним доприносом.

Кандидат Ива М. Бабић је достигла задовољавајући ниво оспособљености за даљи самостални научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси докторске дисертације кандидата Иве М. Бабић су:

- Развијен је и унапређен стохастички модел еквивалента електроенергетске мреже. Развијени модел омогућава сагледавање утицаја дисперзованих фотонапонских система на губитке активне снаге у сложеним средњенапонским и нисконапонским дистрибутивној мрежама са интегрисаним дисперзованим фотонапонским изворима.
- Развијена је унапређена методологија за валоризацију електричне енергије произведене у фотонапонским електранама у условима слободног тржишта. Развијени модел омогућава једноставну процену економичности рада фотонапонских електрана у условима слободног тржишта, уз уважавање временских профила производње и цена на тржишту електричне енергије.
- Развијена је иновирана методологија за оптимизацију просторне оријентације фотонапонских панела која уважава максимизацију профита коју власник фотонапонске електране стиче на слободном тржишту електричне енергије.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати истраживања које је кандидат Ива М. Бабић представила у докторској дисертацији су актуелни и представљају напредак у погледу сагледавања ефеката рада фотонапонских система на перформансе дистрибутивних и преносних мрежа.

Постигнути резултати су значајни при планирању градње фотонапонских система, јер развијени модели омогућавају оптимизацију просторне оријентације уз уважавање тржишних ефеката рада фотонапонских електрана.

Такође, резултати имају и научно-теоријски значај, посебно у погледу стохастичког моделовања утицаја фотонапонских панела на губитке у дистрибутивној мрежи. Сагледавање утицаја производње електричне енергије на губитке у електроенергетским мрежама се традиционално спроводило кроз прорачун токова снага. Овакав приступ се одликовао прецизношћу која је била последица егзактног прорачуна губитака који се темељио на основним законима електротехнике. Његова примена је била оправдана у



преносним мрежама, које су релативно једноставне топологије. Прикључење кровно интегрисаних фотонапонских електрана на дистрибутивну мрежу практично онемогућава примену традиционалних техника за прорачун губитака због сложености мреже, недоступности података о параметрима мреже и потрошњи, као и стохастичкој производњи фотонапонских панела. У дисертацији је предложен релативно једноставан стохастички модел за процену утицаја фотонапонских система на губитке активних снага, којим се целокупна дистрибутивна мрежа замењује јединственом отпорношћу, која представља стохастички еквивалент мреже који се прорачунава на основу историјских мерења бруто преузете и нето утрошене електричне енергије. Овакав приступ је верификован у научној литератури у погледу сагледавања утицаја ефикасних система осветљења на губитке у дистрибутивној мрежи. Напредак који је остварен у дисертацији се огледа у увођењу *Fuzzy* логике у прорачуне стохастичког модела еквивалента мреже, као и моделовање профила потрошње и производње фотонапонских панела коришћењем *Fuzzy* бројева. Овакав приступ је напреднији, јер омогућава уважавање промена у структури мреже, као и варијације напона, које нису биле уважене у постојећим моделима стохастичког модела еквивалента мреже. Развијена методологија може бити примењена у било ком дистрибутивном систему са хомогено дисперзованим фотонапонским системима.

У циљу мотивисања производње електричне енергије из обновљивих извора, опште прихваћена пракса у свету је била субвенционисање фотонапонских система, као и осталих обновљивих извора енергије, по моделу *Feed-in Tariff*, који је гарантовао цену и пласман електричне енергије из фотонапонских система. Из тог разлога, постојећа практична искуства, али и теоријски модели, били су усмерени ка максимизацији производње фотонапонских система као једином критеријуму у погледу оптимизације њихове економичности. Методологија коју је кандидат Ива М. Бабић предложила у докторској дисертацији омогућава квантитативно сагледавање, односно валоризацију производње електричне енергије из фотонапонских панела на слободном тржишту електричне енергије.

У планерском погледу, методологија за оптимизацију просторне оријентације фотонапонских панела кроз уважавање временских профила цена на тржишту електричне енергије омогућава изградњу фотонапонских система тако да буду постигнути максимални ефекти у погледу профита, што представља унапређење постојећих приступа у којима је као критеријумска функција посматран максимум производње.

Осим тога, истраживања спроведена у докторској дисертацији показују да у перспективном електроенергетском систему и перспективним тржишним условима, економска оправданост изградње кровно интегрисаних фотонапонских система постаје оправдана и за кровове чији азимутни угао може бити битно различит у односу на угао при којем се постиже максимална производња. Овај закључак је врло битан са аспекта сагледавања глобалних технички и економски исплативих ресурса за градњу фотонапонских електрана у урбаним срединама. Овај закључак кандидат Ива М. Бабић је потврдила кроз сагледавање трендова у промени профила цене на тржишту електричне енергије, где, због једновремености рада фотонапонских система, долази до потискивања вршних цена електричне енергије из подневних сати у раније јутарње, односно поподневне сате.

Анализе које су спроведене у погледу утицаја варијација амбијенталне температуре на ефикасност фотонапонских панела имају битан практични значај, јер омогућавају сагледавање несигурности у процени ефикасности фотонапонских панела због променљивих амбијенталних услова. Кроз експерименте на реалном кровно интегрисаном фотонапонском панелу, у дисертацији је показано у којој мери реална ефикасност фотонапонских панела одступа од рачунске, која се базира на теоријским моделима. Показано је да су значајно поузданији и прецизнији теоријски модели за процену температуре фотонапонских панела који уважавају брзину ветра, те да је потребно узимати у обзир и ветар као битан параметар за процену ефикасности фотонапонских панела у реалним условима експлоатације.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси који су резултат истраживања у оквиру докторске дисертације кандидата Иве М. Бабић су публиковани у следећим радовима класификованим по М категоријама у складу са релевантним Правилником Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

##### Категорија M23:

1. **Babić I.**, Đurišić Ž., Impact of daily variation of solar radiation on photovoltaic plants economy at the open market: A case study "Bavanište" (Serbia), *Thermal Science*, 2015, Vol. 19, No. 3, pp. 837-844 (doi:10.2298/TSCI141025009B), **IF 1.222**
2. **Babić I.**, Đurišić Ž., Žarković M., Analysis of impact of building integrated photovoltaic systems on distribution network losses, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2015, Vol. 7, No. 4 (<http://dx.doi.org/10.1063/1.4927063>), **IF 0.904**

##### Категорија M34:

1. **Babić I.**, Đurišić Ž., Impact of Diurnal Variation of Solar Radiation on Photovoltaic Power Plants Economy in the Open Market Conditions; *Proc. of 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2014)*, Amsterdam, Netherlands, 22.-26. September, 2014

##### Категорија M51:

1. **Бабић И.**, Микуловић Ј., Ђуришић Ж., Модел за одређивање оптималних нагибних углова фотонапонских панела, *ЕНЕРГИЈА, ЕКОНОМИЈА, ЕКОЛОГИЈА*, бр. 3-4, стр. 32-35, март 2012. ISSN: 0354-8651
2. **Бабић И.**, Ђуришић Ж., Утицај дневне и сезонске варијације соларног зрачења на економичност фотонапонских електрана, *ЕНЕРГИЈА, ЕКОНОМИЈА, ЕКОЛОГИЈА* бр. 3-4, стр. 253-257, март 2013. ISSN: 0354-8651

##### Категорија M63:

1. **Бабић И.**, Ђуришић Ж., Микуловић Ј., Утицај дисперзованих фотонапонских система на губитке у дистрибутивној мрежи, *Зборник радова 31. Саветовање ЦИГРЕ*, Србија 26. - 30. мај 2013. Златибор, Реферат Ц6 01, ISBN: 978-86-82317-72-2

## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата **Иве М. Бабић**, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства, под насловом „**Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему**“, испуњава све суштинске и формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

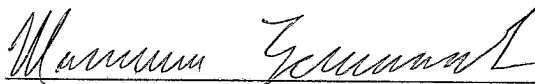
Увидом у приказану докторску дисертацију сматрамо да је савремена и оригинална, да је заснована на референтним библиографским јединицама и да су остварени резултати и научни доприноси применљиви у пракси.

Оцењујемо да је кандидат Ива М. Бабић способна за даљи самостални научни рад.

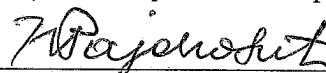
На основу свега изложеног, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под насловом „**Моделовање утицаја временског профила соларног зрачења на ефекте рада фотонапонских система у електроенергетском систему**“ кандидата **Иве М. Бабић**, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 22. 02. 2016. године

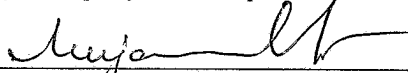
#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



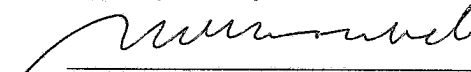
др Жељко Ђуришић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Никола Рајаковић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владица Мијаиловић, редовни професор  
Универзитет у Крагујевцу – Факултет техничких наука у Чачку



др Иван Шкокљевић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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