

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Предрага Мршића

Одлуком бр. 777/25 од 21.04.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену дисертације кандидата Предрага Мршића под насловом

**„Оптимальна интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“**

**“Optimal Integration of Flexibly Controlled Photovoltaic Systems in the Power Distribution Networks”**

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

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. УВОД

##### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Предраг Мршић је 11.10.2017. године уписао докторске академске студије на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Електроенергетске мреже и системи. Током студија положио је све испите са просечном оценом 10 и испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

Тему докторске дисертације под насловом „Оптимальна интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“ је пријавио Комисији за студије трећег степена на Електротехничком факултету у Београду 15.12.2025. године.

Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог за израду докторске дисертације на својој седници одржаној 30.12.2025. године и предлог комисије за оцену подобности теме и кандидата упутила је Наставно-научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће је именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 40/12 бр. од 13.01.2026. године) у саставу:

1. др Јелена Стојковић Терзић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет),
2. др Чедомир Зељковић, редовни професор (Универзитет у Бањој Луци – Електротехнички факултет),
3. др Драган Олћан, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

Кандидат Предраг Мршић је полагао јавну усмену одбрану теме докторске дисертације и успешно положио докторски испит, одржан 09.02.2026. године.

10.03.2026. године Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације. За ментора дисертације именован је др Предраг Стефанов, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет). Веће научних области техничких наука Унверзитета у Београду је дало сагласност на предлог теме докторске дисертације (Одлука број 61206-978/2-26 од 18.03.2026. године).

Предраг Мршић је 27.03.2026. године предао докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена је 07.04.2026. године потврдила испуњеност услова за подношење предлога за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Наставно-научном већу Електротехничког факултета. Наставно-научно веће именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Оптимална интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“ (Одлука бр. 777/25 од 21.04.2026 године) у саставу:

1. др Јелена Стојковић Терзић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет)
2. др Горан Добрић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет)
3. др Чедомир Зељковић, редовни професор (Универзитет у Бањој Луци – Електротехнички факултет),
4. др Драган Олћан, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет),
5. др Милета Жарковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма (Решење број 24-04/2017/5008 од 01.10.2023. године).

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Оптимална интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“ кандидата Предрага Мршића припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа научна област Електроенергетски системи, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторске дисертације је др Предраг Стефанов, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Професор др Предраг Стефанов се дуги низ година бави научноистраживачким радом у области управљања електроенергетским системима, што је

потврђено релевантним радовима који су наведени приликом пријаве теме докторске дисертације кандидата.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Предраг Мршић је рођен 11. новембра 1990. године у Одаку. Основну школу је завршио 2005. године, а средњу школу 2009. године у Модричи, Република Српска, Босна и Херцеговина.

Основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци уписао је 2010. године на одсеку за Електроенергетске и индустријске системе. Дипломирао је 18. новембра 2013. године на тему „Развој регулисаног електромоторног погона са асинхроним мотором” са просечном оценом 8,43. Након завршетка основних студија 2013. године, школовање је наставио на мастер студијама, такође на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци на одсеку за Електроенергетске и индустријске системе. Мастер студије је завршио 21. априла 2017. године, одбранивши мастер рад на тему „Позиционирање индикатора кварова у средњенапонским мрежама”, са просечном оценом 10.

Докторске академске студије уписао је 2017. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на модулу за Електроенергетске мреже и системе. Положио је све испите предвиђене планом студија са просечном оценом 10.

Од 2014. године је запослен на Катедри за електроенергетику Електротехничког факултета Универзитета у Бањој Луци, где је тренутно ангажован као виши асистент на више предмета из области обновљивих извора енергије, дистрибутивних мрежа, експлоатације електроенергетских система, заштите у електроенергетским системима и регулације електроенергетских система.

Аутор је четири научна рада у међународним часописима са SCI листе, четири научна рада у међународним и домаћим часописима, тринаест радова на међународним научним скуповима и више радова на домаћим научним и стручним скуповима. Био је стипендиста Фонда др Милан Јелић Републике Српске као студент докторских студија у 2018/2019. години. Члан је стручних друштава IEEE и ETRAN. Говори и пише енглески језик.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом „Оптимална интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“ написана је на 93 стране (111 страна са прилозима), организована је у 6 поглавља, има 67 слика, 26 табела и листу од 113 референци.

Наслови поглавља су:

1. Увод,
2. Флексибилно управљање фотонапонским системима,
3. Монте Карло симулатор,
4. Оптимизација фотонапонског система и батеријског система,
5. Прорачун оптималних снага у случају интеграције великог броја дистрибуираних фотонапонских система и
6. Закључак.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу је дат увод, детаљно је објашњена мотивација и потреба за истраживањем које је предмет ове докторске дисертације. Затим, дат је детаљан преглед актуелне литературе кроз преглед метода за прорачун капацитета фотонапонских система и преглед метода за повећање инсталисаног капацитета фотонапонских система у дистрибутивним мрежама.

Да би се повећао инсталисани капацитет фотонапонских система у дистрибутивним мрежама, флексибилно управљање активном снагом се намеће као одрживо решење. Преглед могућности и различитих начина флексибилног управљања активном снагом фотонапонских система, са посебним акцентом на ограничавање снаге производње фотонапонских система је дато у другом поглављу. Изложене су предности и недостаци различитих начина флексибилног управљања.

У трећем поглављу је описан развијени симулатор за анализу рада система. Симулатор је базиран на секвенцијалној Монте Карло симулацији у којој су улазни подаци: производња фотонапонских система, потрошња потрошача и цена електричне енергије моделовани као корелисани случајни процеси како би се омогућила што реалистичнија анализа рада система у условима неизвесности.

Оптимална интеграција фотонапонског система из перспективе инвеститора у дистрибутивну средњенапонску мрежу где се флексибилност остварује континуалним ограничавањем снаге производње фотонапонског система и батерија за складиштење енергије је анализирана у четвртном поглављу. Како је ово нестандартно решење, резултати су упоређени са конвенционалним решењем које се заснива на праћењу тачке максималне снаге фотонапонског система и коришћењу батерија за складиштење енергије, као и комбинацијама ова два решења. У склопу поглавља детаљно је описан прорачун снаге инјектирања фотонапонског система за различите конфигурације и начине управљања фотонапонским системом. На крају поглавља је дата анализа осетљивости резултата на промену инвестиционих трошкова батерија, цену електричне енергије и начина продаје електричне енергије.

Оптимална интеграција великог броја дистрибуираних фотонапонских система из перспективе инвеститора где се флексибилност остварује континуалним ограничавањем снаге производње фотонапонских система је разматрана у петом поглављу. Резултати симулације су упоређени са конвенционалним начином управљања фотонапонским системима који се заснива на праћењу тачке максималне снаге. Повећањем броја фотонапонских система у дистрибутивним мрежама све више се намеће питање правичности ограничавања производње фотонапонских система. У оквиру овог поглавља предложен је поступак за прорачун инсталисаних снага и ограничења производње фотонапонских система, којим се обезбеђује правичност у ограничењу снаге производње.

У шестом поглављу су дати закључци докторске дисертације, сумирани најважнији доприноси истраживања и дате смернице за будућа истраживања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Докторска дисертација кандидата Предрага Мршића бави се веома актуелном темом из области електроенергетских система, односно интеграцијом фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже. У условима све већег учешћа обновљивих извора енергије, посебно фотонапонских електрана, јављају се бројни технички изазови у дистрибутивним мрежама, пре свега појава превисоких напона у појединим чворовима и могућност преоптерећења водова. Ови проблеми могу ограничити даљи развој и прикључење

нових фотонапонских система уколико се не примене одговарајуће методе управљања и планирања.

Посебна вредност ове дисертације огледа се у томе што се проблем не посматра искључиво кроз класична решења, као што је примена батеријских система за складиштење енергије, већ се анализира могућност флексибилног управљања фотонапонским системима путем ограничења снаге производње. На тај начин се испитује економски и технички оправдан приступ који може омогућити већи степен интеграције фотонапонских система без значајних инвестиција у складиштење енергије.

Оригиналност дисертације огледа се у развоју свеобухватног симулатора заснованог на секвенцијалној Монте Карло симулацији, у коме се производња фотонапонских система, потрошња и цена електричне енергије моделују као корелисани стохастички процеси. На овај начин уважавају се временске зависности, аутокорелације и међусобне корелације релевантних величина, што представља значајно унапређење у односу на детерминистичке приступе и једноставније стохастичке моделе.

Додатни оригинални допринос представља предложена методологија за правично ограничавање снаге производње већег броја флексибилно управљаних фотонапонских система прикључених на различитим локацијама у дистрибутивној мрежи. На тај начин се решава важан практични проблем расподеле ограничења производње између различитих учесника, уз поштовање техничких ограничења мреже.

Дисертација је у складу са савременим правцима истраживања у области интеграције обновљивих извора енергије и флексибилног управљања дистрибутивним мрежама.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији наведено је 113 релевантних библиографских јединица. Кандидат је обрадио литературу из области фотонапонских система, дистрибутивних електроенергетских мрежа, флексибилног управљања активном снагом, стохастичких метода анализе, оптимизационих метода, као и техно-економске анализе интеграције обновљивих извора енергије.

Коришћена литература обухвата основне радове из предметне области, као и савремене радове објављене у релевантним међународним часописима и зборницима радова са конференција. На основу прегледа литературе може се закључити да је кандидат добро сагледао постојеће стање у области истраживања, уочио ограничења постојећих метода и на основу тога дефинисао простор за сопствени научни допринос.

Листа литературе обухвата и радове кандидата који су у вези са темом дисертације, чиме је додатно потврђена научна релевантност остварених резултата.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање у оквиру докторске дисертације засновано је на комбинацији теоријских, рачунских, симулационих и оптимизационих метода. Кандидат је применио више међусобно повезаних методолошких целина, које су адекватне постављеним циљевима истраживања.

У дисертацији су коришћене следеће методе:

1. развој секвенцијалног Монте Карло симулатора за моделовање рада фотонапонских система, потрошње и цена електричне енергије као стохастичких процеса;
2. моделовање производње фотонапонских система применом астрономских модела, стохастичких модела ирадијансе заснованих на Марковљевим матрицама прелаза, као и модела температуре;
3. примена оптимизационе методе DIRECT за одређивање оптималних инсталираних капацитета фотонапонских система и батеријских система за складиштење енергије;
4. развој методологије за прорачун снаге инјектирања фотонапонских система у режимима праћења тачке максималне снаге и флексибилног управљања ограничењем производње;
5. прорачун токова снага у дистрибутивној мрежи применом OpenDSS софтверског окружења;
6. развој методологије за правичну расподелу ограничења производње између више флексибилно управљаних фотонапонских система;
7. верификација предложених методологија на модификованој IEEE тест мрежи са 33 чвора и
8. анализа осетљивости резултата на промену кључних улазних параметара.

Примењене методе су у потпуности примерене предмету и циљевима дисертације. Оне су омогућиле да се проблем интеграције фотонапонских система сагледа и са техничког и са економског аспекта, уз уважавање неизвесности које су карактеристичне за рад савремених електроенергетских система.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати остварени у овој докторској дисертацији имају јасну практичну примену у планирању, анализи и експлоатацији дистрибутивних електроенергетских мрежа са значајним уделом фотонапонских система. Развијени симулатор се може користити за процену оптималног инсталираног капацитета фотонапонских система, уз уважавање неизвесности производње, потрошње и тржишних цена електричне енергије.

Предложена методологија флексибилног управљања производњом фотонапонских система може представљати алтернативу или допуну примени батеријских система за складиштење енергије. Посебно је значајна у условима када су трошкови батерија високи или када је потребно пронаћи економски оправдан начин за повећање капацитета прикључења нових фотонапонских система.

Методологија за правичну расподелу ограничења производње има посебну вредност у мрежама у којима постоји већи број фотонапонских система прикључених на различитим локацијама. Њена примена може допринети равномернијој расподели ограничења између различитих корисника мреже, уз истовремено очување напонских и термичких ограничења у систему.

Остварени резултати могу бити корисни операторима дистрибутивних система, инвеститорима у фотонапонске системе, као и истраживачима који се баве развојем метода за планирање и управљање активним дистрибутивним мрежама.

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

На основу анализе докторске дисертације, објављених научних радова, примењених метода и остварених резултата, Комисија констатује да је кандидат Предраг Мршић показао способност за самосталан научноистраживачки рад.

Кандидат је у оквиру дисертације самостално дефинисао и анализирао сложен научни и инжењерски проблем, извршио преглед и критичку анализу постојеће литературе, развио одговарајуће моделе и методологије, спровео симулације и оптимизационе прорачуне, као и верификацију предложених решења на тест мрежи.

Остварени резултати су научно релевантни и применљиви, а њихова верификација кроз објављене радове потврђује да је кандидат оспособљен за даљи самосталан научни рад у области електроенергетских система, интеграције обновљивих извора енергије и флексибилног управљања дистрибутивним мрежама.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни доприноси остварени у оквиру ове докторске дисертације могу се сажети у следећем:

1. Развијен је симулатор за процену оптималног капацитета фотонапонских система у дистрибутивним мрежама. Симулатор је заснован на секвенцијалној Монте Карло симулацији, при чему се производња фотонапонских система, потрошња и цена електричне енергије моделују као корелисани стохастички процеси. На овај начин омогућена је реалистичнија процена рада система у условима неизвесности.
2. Предложена је методологија за прорачун снаге инјектирања флексибилно управљаних фотонапонских система, тако да се обезбеди поштовање напонских ограничења у чворовима и термичких ограничења водова у свим анализираним радним режимима.
3. Извршена је оптимизација инсталисаних капацитета фотонапонских система и батеријских система за складиштење енергије применом оптимизационе методе DIRECT. Резултати су верификовани на модификованој IEEE тест мрежи са 33 чвора и показују да флексибилно управљање може значајно повећати могући инсталисани капацитет фотонапонских система и профит инвеститора у односу на конвенционалне приступе.
4. Развијена је методологија за правично ограничавање снаге производње већег броја флексибилно управљаних фотонапонских система прикључених на различитим локацијама у дистрибутивној мрежи. Овим приступом омогућава се равномернија расподела ограничења производње између система, уз поштовање свих релевантних погонских ограничења мреже.
5. Спроведена је анализа осетљивости резултата оптимизације на промену инвестиционих трошкова батеријских система, цену електричне енергије и начин продаје произведене енергије. На тај начин је потврђена робусност предложених решења у различитим техничким и тржишним условима.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати истраживања показују да флексибилно управљање фотонапонским системима, кроз ограничење снаге производње, представља технички применљиво и економски оправдано решење за повећање њихове интеграције у дистрибутивне мреже. Показано је да овакав приступ, у одређеним условима, може бити конкурентан решењима која подразумевају примену батеријских система, посебно имајући у виду њихове високе инвестиционе трошкове.

Предложена методологија за правично ограничавање производње верификована је на модификованој IEEE тест мрежи са 33 чвора. Резултати су показали да се њеном применом може повећати укупан инсталисани капацитет фотонапонских система, уз релативно мали

износ неискоришћене енергије и правичнију расподелу ограничења у односу на конвенционалне стратегије.

Развијени симулатор је показао задовољавајућу конвергенцију, док је анализа осетљивости потврдила стабилност предложених методологија при промени кључних улазних параметара. На основу тога, резултати дисертације представљају значајан научни и практични допринос планирању и управљању дистрибутивним електроенергетским мрежама.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Предраг Мршић је до сада објавио следеће радове релевантне за докторску дисертацију:

##### ***Радови публиковани у научним часописима међународног значаја***

###### Категорија M21:

1. **P. Mršić, Č. Zeljković, P. Stefanov**, “Optimal Sizing of Photovoltaic Systems With Flexible Curtailment Strategy,” *IEEE Access*, vol. 14, pp. 37115 – 130, Mar. 2026, doi: 10.1109/ACCESS.2026.3671161, ISSN: 2169-3536, IF<sub>2025</sub> = 3.6 (M21<sub>2025</sub>)

##### ***Радови публиковани на међународним научним конференцијама***

###### Категорија M33:

1. **P. Mršić, Č. Zeljković, and P. Stefanov**, “Probabilistic technoeconomic assessment of integrating a PV system with the possibility of flexible power point tracking applications,” in *Proc. IEEE Kiel PowerTech*, Kiel, Germany, Jun. 2025, pp. 1–7, doi: 10.1109/POWERTECH59965.2025.11180665.

##### ***Радови публиковани у домаћим часописима***

###### Категорија M52:

1. **P. Mršić, Č. Zeljković, P. Stefanov**, “Procjena mogućnosti priključenja fotonaponskog sistema na srednjenaponsku distributivnu mrežu primjenom sekvencijalne Monte Carlo simulacije,” *Energija, ekonomija, ekologija*, vol. XXVI, no. 2, pp. 15 - 24, 2024, doi: 10.46793/EEE24-2.15M.

## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација кандидата Предрага Мршића под насловом „Оптimalна интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“ бави се актуелним и значајним проблемом повећања интеграције фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже. Тема дисертације је од посебног значаја имајући у виду убрзани развој обновљивих извора енергије, потребу за ефикаснијим коришћењем постојеће мрежне инфраструктуре и потребу за развојем нових метода управљања активним дистрибутивним мрежама.

У дисертацији је кандидат приказао теоријске основе флексибилног управљања фотонапонским системима, развио симулатор заснован на секвенцијалној Монте Карло симулацији, предложио методологију за оптимизацију инсталисаних капацитета фотонапонских и батеријских система, као и методологију за правично ограничавање производње већег броја фотонапонских система у дистрибутивној мрежи.

Остварени научни доприноси представљају унапређење у односу на постојеће приступе, посебно у погледу реалистичног стохастичког моделовања, уважавања неизвесности производње, потрошње и цена електричне енергије, као и у погледу правичне расподеле ограничења производње између више фотонапонских система. Резултати дисертације имају јасну практичну примену у планирању и експлоатацији дистрибутивних електроенергетских мрежа са значајним уделом обновљивих извора енергије.

Кандидат је током израде докторске дисертације показао способност за самосталан научноистраживачки рад, систематичност у решавању сложених инжењерских проблема, као и способност да резултате истраживања представи на начин који је релевантан за научну и стручну јавност.

Узимајући у обзир садржај докторске дисертације, примењене научне методе, остварене резултате, научне доприносе и објављене радове кандидата, Комисија сматра да докторска дисертација испуњава све услове прописане законом, статутом Универзитета у Београду и актима Електротехничког факултета.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Оптимална интеграција флексибилно управљаних фотонапонских система у дистрибутивне електроенергетске мреже“ кандидата Предрага Мршића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 21.5.2026. године

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Јелена Стојковић Терзић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



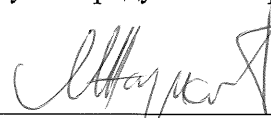
др Гораң Добрић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Чедомир Зельковић, редовни професор  
Универзитет у Бањој Луци – Електротехнички факултет



др Драган Олћан, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милета Жарковић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет