

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Лене Зеџ

Одлуком бр. 55/30 од 14.01.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Лене Зеџ, под насловом

„Планирање потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије применом вештачке интелигенције”

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Лена Зеџ је 13.10.2016. године уписала докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Електроенергетске мреже и системи. Све испите предвиђене наставним планом и програмом докторских студија положила је са просечном оценом 9,8.

Кандидаткиња је 30.05.2024. године пријавила тему за израду докторске дисертације. За ментора је предложен др Јован Микуловић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Комисија за студије трећег степена је 04.06.2024. године разматрала предлог теме за израду докторске дисертације и упутила Наставно-научном већу предлог за именовање Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду именovalo је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 1111/17 од 11.06.2024. године), у саставу:

1. др Милета Жарковић, ванредни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду,
2. др Марко Икић, доцент, Електротехнички факултет, Универзитет у Источном Сарајеву,
3. др Предраг Тадић, доцент, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду,
4. др Александар Савић, ванредни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду и

5. др Жељко Ђуришић, редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду.

Јавна усмена одбрана теме докторске дисертације одржана је 03.07.2024. године. Комисија за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације оценила је усмену одбрану предложене теме као успешну (оцена „задовољно“).

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је 10.09.2024. усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације. За ментора дисертације именован је др Јован Микуловић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (Решење бр. 61206-3868/2-24 од 21.10.2024.).

Кандидаткиња је 24.12.2024. године предала докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена потврдила је 08.01.2025. године испуњеност потребних услова за подношење предлога за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Планирање потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије применом вештачке интелигенције“ (Одлука бр. 55/30 од 14.01.2025. године), у саставу:

1. др Милета Жарковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет,
2. др Александар Савић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет,
3. др Александар Милићевић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“,
4. др Предраг Тадић, ванредни професор, Универзитет у Источном Сарајеву - Електротехнички факултет и
5. др Жељко Ђуришић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева кандидаткиње, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидаткиње Лене Зец припада научној области Електротехничко и рачунарско инжењерство, ужа научна област Електроенергетски системи, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. За ментора дисертације одређен је др Јован Микуловић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, због истакнутих доприноса у ужој области Електроенергетски системи, а посебно у подобласти обновљивих извора енергије, којом се бави предметна дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Лена Зец је рођена 04. 09. 1992. у Подгорици, Црна Гора. Основну школу „Петар Петровић Његош“ завршила је у Источном Сарајеву (Босна и Херцеговина), као и општу гимназију „28. јуни“.

Основне академске студије на Електротехнички факултет у Источном Сарајеву уписује 2011. године. Дипломирала је у септембру 2015. године на Одсеку за електроенергетику.

Дипломски рад под називом „Основне технике прекидања струје у високонапонским прекидачима“ одбранила је са оценом 10 (десет). Носилац је Плакете Електротехничког факултета у Источном Сарајеву за најбољег студента на четвртој години студија и Плакете за студента са другим просеком оцена на трећој години на студијском програму Електроенергетика. Мастер академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Електроенергетски системи, завршила је у септембру 2016. године одбравши рад под називом „Анализа карактеристика акумулаторских батерија за складиштење енергије у електроенергетским системима“ са оценом 10 (десет). Тренутно похађа докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Електроенергетске мреже и системи.

Од јануара 2018. године запослена је у Независном оператору система Босне и Херцеговине (НОСБиХ). Три године радила је у служби за Управљање системом у реалном времену Босне и Херцеговине. Тренутно ради у служби Оперативно планирање на активностима планирања за дан унапред.

Област њеног интересовања је утицај планирања снаге потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије применом техника вештачке интелигенције. Аутор је више радова публикованих у међународним и домаћим часописима. Говори енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је по форми и структури у потпуности усклађена са Упутством о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду. Докторска дисертација је написана на српском језику, латиничним писмом, и има укупно 134 стране. Садржи 90 слика, 10 табела и 133 библиографске референце. Делови дисертације су:

- Насловна страна на српском језику
- Насловна страна на енглеском језику
- Страна са информацијама о ментору и члановима комисије
- Страна са захвалницом и посветом
- Страна са подацима о докторској дисертацији на српском језику
- Страна са подацима о докторској дисертацији на енглеском језику
- Садржај
- Списак слика
- Списак табела
- Списак скраћеница
- Текст рада по поглављима:
 1. Увод
 2. Значај прогнозе потрошње електричне енергије и снаге
 3. Значај оперативног планирања
 4. Вештачка интелигенција
 5. Планирање потрошње у изолованој микромрежи користећи алгоритам тока снаге и фази логички контролер
 6. Различити концепти мрежно повезаних микромрежа са планирањем потрошње користећи фази логику
 7. Примена вештачке неуралне мреже у планирању потрошње у електроенергетским системима
 8. Закључак
- Списак коришћене литературе
- Биографија аутора
- Изјава о ауторству

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

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу су наведени основни циљеви и значај предметног истраживања.

У другом поглављу представљен је значај прогнозе потрошње електричне енергије. Разматране су најчешће коришћене методе дугорочног и краткорочног планирања потрошње електричне енергије и снаге. Такође је представљен значај предвиђања максималног и минималног оптерећења и наведене су примене модела прогнозе потрошње.

У трећем поглављу је представљен значај оперативног планирања. Дат је приказ важних функција у оперативном планирању, као што су краткорочна прогноза потрошње, формирање плана ремонта, одређивање резерви производних капацитета и формирање годишњег електроенергетског биланса.

У четвртном поглављу су описане основе фази логике и вештачких неуралних мрежа. Представљени су основни кораци код фази система: фазификација улазних променљивих, процена правила, агрегација излаза из правила и дефазификација. Такође су приказане најважније активационе функције које се примењују у циљу добијања коначног излаза код неуралних мрежа, као и поступци тренирања и тестирања неуралних мрежа.

У петом поглављу је приказан поступак планирања и управљања потрошњом у изолованој микромрежи користећи алгоритам управљања токовима снага и фази логички контролер. На основу дијаграма снаге потрошње стамбеног насеља и података о типичним потрошачима у домаћинству, развијена је метода за процена дијаграма снаге потрошње једног домаћинства, као и утврђивање његовог неуправљивог и управљивог дела. Показано је да управљање потрошњом и токовима енергије обезбеђује потребно напајање потрошача у микромрежи, без нарушавања комфора корисника.

У шестом поглављу су представљене различите варијанте мрежно повезаних микромрежа са фотонапонским системом и акумулаторским батеријама. На примерима микромрежа објашњен је и оптимизован концепт Нето мерења који се примењује у Србији и изведени су закључци о економски оправданим концептима микромрежа повезаних на дистрибутивну мрежу.

У седмом поглављу је објашњена метода за предвиђање дијаграма снаге потрошње у електроенергетском систему коришћењем вештачке неуралне мреже. Метода је верификована на примеру предвиђања потрошње за Сарајевску регију у Босни и Херцеговини. Мерни подаци о температури ваздуха, брзини ветра, инсолацији и снази потрошње за период од четири године су коришћени као улазне променљиве за обучавање вештачке неуралне мреже. Коришћењем методе корелационе анализе испитан је утицај улазних променљивих на дијаграм снаге потрошње електричне енергије. Извршено је поређење резултата који су добијени применом развијене методе за прогнозу дијаграма снаге потрошње и применом постојећих метода. Показано је да се предложена метода може користити као поузданији алат за предвиђање потрошње за дан унапред.

На крају рада, у оквиру закључног поглавља, сажето су наведени резултати истраживања и истакнути су основни доприноси докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под насловом „Планирање потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије применом вештачке интелигенције” представља оригиналан научноистраживачки рад, који је настао као резултат вишегодишњих истраживања кандидаткиње у области микромрежа и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије.

Потрошња електричне енергије на временском периоду од неколико година у великој мери је предвидива због директне или индиректне везе потрошача са низом утицајних фактора као што су: степен повећања потрошње у прошлости, опште друштвено и економско окружење, временски услови, комплементарност са потрошњом других врста енергије, итд. У случају планирања изградње нове електране неопходно је прогнозировать глобалну (агрегирану) потрошњу електричне енергије, вршно оптерећење и дијаграм снаге потрошње електроенергетског система. Такође, у студијама развоја преносне мреже морају бити доступне прогнозе максималних (вршних) и минималних активних и реактивних снага потрошње у свим чворовима. Планирање потрошње је важно и за решавање низа оперативних планских проблема као што су: ангажовање агрегата, израда плана ремонта, хидротермална координација и економски диспечинг. Из наведеног разлога, прогноза потрошње електричне енергије је предмет многих научних радова, а развијени су и многи рачунарских програми који се користе за прогнозу потрошње. Прогноза потрошње се може вршити за краћи или дужи временски интервал у будућности, као и у мањем или већем просторном оквиру (локална потрошња, потрошња у региону или држави).

Обновљиви извори енергије могу значајно утицати на планирање производње у електроенергетском систему због променљивости снаге којом производе електричну енергију. Када је снага производње електричне енергије из обновљивих извора велика, конвенционалне електране морају да смање своју производњу или чак да зауставе производњу како би се одржала стабилност мреже. Насупрот томе, када је производња из обновљивих извора енергије мала, друге производне јединице морају брзо да повећају производњу како би задовољиле потражњу. У таквим системима поуздано предвиђање потрошње може у великом мери смањити оперативне трошкове рада електроенергетског система.

Од свих обновљивих извора енергије највећи тренд изградње у данашње време имају соларне електране и ветроелектране. Поред великих система прикључених на електроенергетски систем, значајан удео у инсталисаним капацитетима соларних електрана и ветроелектрана имају микромреже. Примена концепта предвиђања потрошње и интелигентног управљања токовима енергије у значајној мери повећавају флексибилност и економичност рада микромрежа. Посебан изазов представља пројектовање и имплементација изоловане микромреже, с обзиром да је производња енергије из обновљивих извора зависна од доступности примарног енергента, а да се при томе не користи електроенергетска мрежа као резервни извор напајања. Да би се постигла потребна расположивост напајања потрошача, код оваквих система су неопходне акумулаторске батерије за складиштење енергије. Капацитет акумулаторских батерија може бити значајно редукован ако се предузму флексибилне стратегије управљања потрошњом, као што су редуковање или елиминисање оптерећења која нису критична у периодима када се напајање потрошача врши из акумулаторских батерија.

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је у складу са поменутим трендовима развоја микромрежа и електроенергетских система и подразумева развој метода за планирање дијаграма снаге потрошње применом техника вештачке интелигенције.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације, кандидаткиња је детаљно истражила релевантну литературу из научне области којом се бави дисертација. Литература наведена у дисертацији броји 133 библиографских јединица, на основу чега се може закључити да је кандидаткиња остварила темељан увид у резултате досадашњих истраживања у предметној научној области. У оквиру наведене литературе налазе се и радови кандидаткиње који су публиковани у међународним часописима са *Impact Factor*-ом, а који су проистекли из рада на докторској дисертацији или су у директној вези са темом дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање у оквиру докторске дисертације засновано је на теоријским, симулационим, емпиријским и математичким методама. Ове методе укључују систематично прикупљање, анализу и интерпретацију података, прорачуне, симулације и верификацију резултата, као и експертизу и тумачење добијених резултата научно-стручним методама. Методе истраживања у докторској дисертацији обухватају проучавање различитих аспеката планирања потрошње електричне енергије, од анализе утицајних фактора до развоја напредних модела прогнозе и управљања потрошњом. Развијене методе такође обухватају проучавање структуре и оперативних карактеристика микромрежа, укључујући развој алгоритама за оптимизацију рада, управљање потрошњом и имплементацију различитих технолошких решења. У докторској дисертацији су коришћене и методе анализе обновљивих извора енергије у циљу проучавања њиховог утицаја на електроенергетске системе, посебно на планирање потрошње и производње електричне енергије.

Примењене методе су у потпуности примерене проблемима који су решавани у дисертацији, што је довело до остварења постављених циљева дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Истраживања у области планирања потрошње у оквиру докторске дисертације имају практичан значај имајући у виду извршене прорачуне, мерења, анализе и симулације, као и предложена решења у циљу унапређења планирања потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије.

Као резултат примене фази логичког контролера у процесу управљања потрошњом у изолованој микромрежи, значајно се смањује број акумулаторских батерија, без нарушавања комфора корисника. С обзиром да су акумулаторске батерије најскупља компонента аутономног система, постижу су значајне финансијске уштеде. Поред наведених уштеда, предност коришћења фази логичког контролера у управљању потрошњом огледа се у једноставности за имплементацију и коришћење у реалном времену, при чему је кориснику обезбеђено оптимално снабдевање електричном енергијом.

У случају мрежно повезаног фотонапонског система код кога се примењује концепт Нето мерења, дистрибутивна мрежа функционише као складиште енергије. Када корисник произведе више енергије него што троши, енергија се пласира мрежу, а када кориснику недостаје енергија, она се преузима из мреже. На тај начин корисник користи енергију када му је потребна, без потребе за скупим акумулаторским батеријама, а имплементација управљања потрошњом пружа додатне уштеде код корисника. Примена напредних експертских система, заједно са напретком фотонапонске технологије и растућом потражњом за фотонапонским системима, допринеће томе да микромреже постану исплативе и широко примењиве.

Потреба за иновативним методама за предвиђање потрошње електричне енергије у електроенергетским системима је у порасту због све чешћих флукуација тржишних цена, промена временских утицаја и промена понуде и потражње. Прецизно предвиђање потрошње повољно утиче на смањење броја преоптерећења, побољшава поузданост снабдевања електричном енергијом, минимизира кварове опреме и мреже, што резултира значајним финансијским уштедама. Тренутни приступ у предвиђању потрошње који се користи у електропривредама се ослања на искуствени план, временску прогнозу за дан унапред и историјске податке о потрошњи, што може довести до разлика између планиране и остварене потрошње. Насупрот томе, метода развијена у овој дисертацији користи вештачку неуралну мрежу како би се смањиле грешке у предвиђању потрошње. Истраживања у овој области у оквиру докторске дисертације могу допринети унапређењу планирања и смањењу оперативних трошкова рада електроенергетског система.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самосталан научни рад

Кандидаткиња Лена Зеџ је током докторских студија, као и током целокупног досадашњег рада, показала способност за научно-истраживачки рад. У прилог томе сведочи и чињеница да је до сада публикувао укупно седам научно-стручних радова. Кандидаткиња је из области којом се бави дисертација публикувала три рада у међународним часописима (M23) као првоименовани аутор.

Начин на који је написана докторска дисертација и научни доприноси који су у њој представљени потврђују спремност кандидаткиње за научно-истраживачки рад, почевши од систематичног прегледа доступне литературе, преко уочавања недостатака и ограничења постојећих метода, до развоја методологије која превазилази уочене недостатке.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОСИ

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни доприноси коју су остварени у оквиру докторске дисертације огледају се у следећем:

- Развијена је метода за одређивање дијаграма потрошње домаћинства коришћењем дијаграма снаге потрошње потрошачког конзума и његовим нормирањем на једно домаћинство, уз корекцију уважавањем називних снага типичних потрошача у домаћинству и претпостављеног времена њиховог коришћења у току дана.
- Развијен је фази логички контролер за управљање потрошњом и токовима енергије без нарушавања комфора корисника у циљу оптимизације рада микромреже.

- Анализирани су различити концепти микромрежа повезаних на дистрибутивну мрежу и предложена су решења у циљу повећања економичности рада микромрежа и унапређења енергетске сигурности и независности домаћинства.
- Развијена је и верификована метода за предвиђање дијаграма снаге потрошње електричне енергије у електроенергетским системима коришћењем вештачке неуралне мреже, у циљу постизања поузданијих прогноза у поређењу са традиционалним методама.
- Коришћењем методе корелационе анализе испитан је утицај улазних променљивих на дијаграм снаге потрошње електричне енергије у електроенергетским системима са обновљивих изворима енергије и изведени су одговарајући закључци.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Када се пореде резултати добијени коришћењем алгорита за управљање токовима снага у изолованој микромрежи и коришћењем фази логичког контролера за управљање потрошњом, може се рећи да обе методе обезбеђују значајне уштеде у инвестиционим трошковима код корисника. Фази логички контролер је флексибилнији у погледу снабдевања апарата електричном енергијом због континуираног прелаза у напајању група уређаја различитог приоритета. Предност оваквог начина управљања видљива је у једноставности и лакоћи разумевања за корисника захваљујући примени фази правила који су прилагођени свим апаратима у једном домаћинству. Променљиве које се појављују у бази правила су језичке варијабле и стога су прихватљиве за сваког корисника, па је могуће мењати правила по жељи корисника или додати нове уређаје који су важни у том домаћинству. На основу наведеног, може се закључити да је примена фази логике у управљању потрошњом у изолованим микромрежама економски оправдана, флексибилна и поуздана. Развијена методологија за предвиђање дијаграма потрошње једног домаћинства се може применити на различите концепте микромрежа повезаних на дистрибутивну мрежу са различитим обновљивим изворима енергије. На основу добијених резултата изведени су закључци о економски оправданим концептима микромрежа повезаних на дистрибутивну мрежу.

У дисертацији је извршено испитивање перформанси предложене методе за предвиђање потрошње коришћењем вештачке неуралне мреже у поређењу са постојећом методом за планирање потрошње у електропривреди Босне и Херцеговине и у поређењу са најчешће коришћеним АРИМА моделом за прогнозу потрошње. Показано је да је предложена метода супериорнија и поузданија за планирање потрошње на примеру Сарајевске регије. Захваљујући подешеним хиперпараметрима неуралне мреже постигнута је мала вредност грешке у предвиђању дијаграма снаге потрошње. У циљу даљег повећања тачности предложене методе за предвиђање потрошње коришћењем вештачке неуралне мреже могуће повећати број утицајних метеоролошких фактора у прогнозама потрошње, као што су количина падавина и влажност ваздуха.

4.3. Верификација научних доприноса

Лена Зеџ је објавила 7 научно-стручних радова, од којих 3 у међународним часописима са SCI листе. Кандидаткиња је научне доприносе који представљају резултат истраживања у оквиру докторске дисертације публиковао у три међународна часописа (M23) као првоименовани аутор на раду.

Списак радова је дат у наставку, при чему су звездицом означени радови који су проистекли из докторске дисертације.

Категорија M23:

- [1]* L. Zec, J. Mikulović, M. Žarković, “Application of artificial neural network to power consumption forecasting for the Sarajevo region”, *Electrical Engineering (Arhiv fur Elektrotechnik)*, 2024, ISSN 0948-7921, IF 1.8, <https://doi.org/10.1007/s00202-024-02696-y>, M23
- [2]* Lena Zec, Jovan Mikulović, „Different Concepts of Grid-Connected Microgrids with a PV System, Battery Energy Storage, Feed-in Tariff, and Load Management Using Fuzzy Logic“, *Advances in Electrical & Computer Engineering*, Vol. 22, pp. 34-42, ISSN 1582-7445, DOI 10.4316/AECE.2022.03004, 2022.
- [3]* Lena Zec, Jovan Mikulović, „Load management in an off-grid hybrid PV–wind–battery system using the power flow control algorithm and fuzzy logic controller“, *Electrical Engineering*, Vol. 104, pp. 2185–2195, ISSN 0948-7921, DOI 10.1007/s00202-021-01463-7, 2022

Категорија M63:

- [1] Бојан Зечевић, Сенад Хацић, Лена Зеџ: „Шеме потицаја за ОИЕ у БиХ“, савјетовање ВН К/О CIGRE, Неум 2021.
- [2] Бојан Зечевић, Лена Зеџ: „Тржишно оријентисан приступ додјеле капацитета“, савјетовање ВН К/О CIGRE, Неум 2021.
- [3] Лена Зеџ, Јован Миколовић: „Симулације синхроног прекидања малих индуктивних и капацитивних струја“, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА, Март 2018.
- [4] Лена Зеџ: „Смањење димензија мјерног струјног трансформатора IST 123-2“, ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА, Vol. 16, Март 2017.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње Лене Зеџ под насловом „Планирање потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије применом вештачке интелигенције” у целини је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме и испуњава све суштинске и формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

Допринос истраживања докторске дисертације се огледа у развоју методе за одређивање дијаграма потрошње домаћинства и примени фази логике у управљању потрошњом и токовима енергије без нарушавања комфора корисника, у циљу оптимизације рада изоловане микромреже и ангажовања акумулаторских батерија за складиштење енергије. У докторској дисертацији су анализирани различити концепти микромрежа повезаних на дистрибутивну мрежу, у циљу повећања економичности рада микромрежа и смањења инвестиционих трошкова код корисника. Допринос истраживања докторске дисертације је и у развоју и верификацији методе за предвиђање дијаграма снаге потрошње електричне енергије коришћењем вештачке неуралне мреже. Истраживања у овој области имају за циљ да унапреде планирање и смање оперативне трошкове рада, као и да побољшају поузданост и одрживост електроенергетских система са обновљивим изворима енергије.

Докторска дисертација кандидаткиње Лене Зеџ представља резултат вишегодишњег истраживачког рада у области планирања потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије. Научне доприносе који представљају резултат истраживања у оквиру докторске дисертације кандидаткиња је публиковала у три рада у

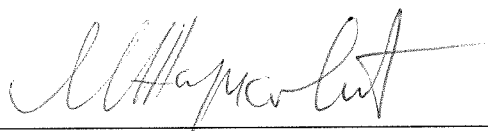
међународним часописима са *Impact Factor*-ом, као првоименовани аутор. На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове кандидата, Комисија закључује да докторска дисертација представља оригиналан и савремен научни допринос.

Током израде докторске дисертације, као и током целокупног трајања докторских студија, кандидат Лена Зеџ је показао склоност ка научноистраживачком раду и способност за самосталан научноистраживачки рад. Комисија констатује да је кандидат Лена Зеџ, мастер инжењер електротехнике, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Имајући у виду наведено, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Планирање потрошње у микромрежама и електроенергетским системима са обновљивим изворима енергије применом вештачке интелигенције” кандидата Лене Зеџ изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 28.04.2025. године

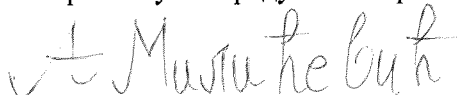
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



Др Александар Савић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Александар Милићевић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“



Др Предраг Тадић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



Др Жељко Ђуришић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет