

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Амир Абеда

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета донетом на седници одржаној 10.03.2026. године (број одлуке 480/31 од 10.03.2026. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Амир Абеда под насловом

„Оптимална алокација системских услуга у микромрежи са обновљивим изворима енергије за потребе повећања флексибилности система“

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

28.11.2024. године кандидат је пријавио тему за израду докторске дисертације.

03.12.2024. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени научне заснованости теме Наставно –научном већу на усвајање.

10.12.2024. године Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

11.02.2025. године Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

25.03.2025. године Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације. Решење број 61206/2-25 од 25.03.2025.

26.02.2026. године кандидат је предао докторску дисертацију на оцену.

03.03.2026. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за оцену докторске дисертације.

10.03.2026. године Наставно-научно веће Факултета именовало је Комисију за оцену докторске дисертације (број одлуке 480/31 од 10.03.2026. године).

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Амира Абеда припада научној области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област Електроенергетски системи. За ментора дисертације одређен је др Горан Добрић, ванредни професор на Универзитету у Београду – Електротехнички факултет, због истакнутих доприноса у ужој научној области Електроенергетски системи, посебно у областима управљања микромрежама, оптимизације и интеграције обновљивих извора енергије, којима се бави и предметна дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Амир Хамид Абед рођен је 20.10.1981. године у области Анбар, Ирак. Основну и средњу школу завршио је у Анбару 2001. године, након чега је исте године уписао студије електротехнике и електронике на Технолошком универзитету у Багдаду, где је дипломирао 2005. године.

Мастер академске студије из електротехнике и електронике уписао је 2015. године на Универзитету Турске ваздухопловне асоцијације (Turkish Aeronautical Association University), где је 25.10.2017. године одбранио мастер рад под насловом „Power Supply Quality Improvement Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) In Iraqi Network“, под менторством проф. др Јавада Рахебија, са општим успехом 9,51.

Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Електроенергетске мреже и системи, кандидат је уписао 2021/2022. године. Током докторских студија положио је све предвиђене испите са просечном оценом 9,71.

Кандидат има више од 17 година професионалног искуства у електроенергетском сектору, запослен је у Министарству електричне енергије Републике Ирак, где обавља послове планирања, пројектовања, изградње и одржавања дистрибутивних и преносних електроенергетских мрежа. Учествовао је у бројним пројектима који обухватају инсталацију, тестирање и пуштање у рад електричних трафостаница 33/11 kV, подземних каблова и надземних водова, као и опреме за управљање и заштиту.

Амир Абед је аутор и коаутор више научних радова у међународним часописима и зборницима међународних конференција, укључујући један рад у часопису категорије M23 (Applied Sciences) и више радова у категорији M30 на реномираним конференцијама IEEE.

Активно се служи арапским и енглеским језиком, уз основно познавање турског језика.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Амира Абеда структурисана је у неколико логичких целина које обухватају: увод у проблематику флексибилности електроенергетских система са високим уделом обновљивих извора енергије, приказ стања у области помоћних (системских) услуга у микромрежама, формулацију проблема оптималне алокације системских услуга, развој моделирања микромреже и управљивих ресурса, дефинисање оптимизационог оквира и AI/еволутивних алгоритама, реализацију и тестирање предложених процедура, као и анализу добијених резултата, закључке и могуће правце даљих истраживања.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље даје контекст и мотивацију за истраживање, полазећи од изазова у раду електроенергетских система са високим уделом ОИЕ и потребе за флексибилношћу. У оквиру поглавља дат је преглед стања у области системских услуга и микромрежа, јасно су формулисани истраживачки изазови и наведени главни доприноси дисертације, као и структура рада.

Друго поглавље пружа свеобухватан преглед концепта микромрежа, њихових основних компоненти и потенцијалних користи, као и изазова у погледу управљања и интеграције у електроенергетски систем. Дата је детаљна класификација микромрежа (по управљачким техникама, величини, изворима, сценаријима, локацији и примени), описане су различите архитектуре (паралелна, серијска, хибридна) и анализирани аспекти стабилности микромрежног система.

Треће поглавље је посвећено појму флексибилности електроенергетског система, њеним метрикама и услугама које доприносе флексибилности. Обрађени су утицаји повећаног удела ОИЕ на рад система (краткорочни, средњерочни и дугорочни), класификација системских услуга (регулација фреквенције и напона, резерве, black-start, пригушење осцилација, управљање загушењима) и временски хоризонти на којима се ове услуге пружају.

У наредним поглављима кандидат уводи детаљан модел микромреже заснован на IСIGRE референтном систему и формулише проблем оптималне алокације системских услуга применом концепта виртуелног оптерећења (Virtual Load) и генетичког алгоритма. Сprovedена је компаративна анализа између једночворног и детаљног модела микромреже, којом се квантитативно показује утицај избора модела на техничко-економске показатеље рада и оправдава коришћење детаљног моделовања.

У завршном делу дисертације представљен је хибридни GA-ANN оквир, у коме се генетички алгоритам користи офлајн за генерисање скупа оптималних решења, док се вештачка неуронска мрежа обучава да их апроксимира и омогући брзо предвиђање флексибилности микромреже у реалном времену. Показано је да обучена ANN постиже веома мале грешке у односу на GA (испод 1% за појединачне ресурсе и агрегирано балансирање), уз значајно краће време израчунавања, што омогућава примену у оперативном планирању и пружању системских услуга у реалном времену.

У завршним поглављима сажети су главни резултати истраживања, наглашен утицај детаљног моделовања и предложених оптимизационих приступа на флексибилност микромреже и могућност интеграције већег удела ОИЕ. Наведени су и могући правци даљег истраживања, као што су проширење модела на сложеније мреже, увођење додатних типова услуга и интеграција са напредним платформама за управљање у реалном времену.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Тема докторске дисертације кандидата Амира Абеда је савремена и у потпуности у складу са актуелним правцем развоја електроенергетских система са високим уделом обновљивих извора енергије. Фокус на флексибилности система, системским услугама и улози микромрежа у пружању тих услуга одговара тренутним истраживачким и индустријским приоритетима у области паметних мрежа и интеграције ОИЕ.

Оригиналност дисертације огледа се у развоју детаљног модела микромреже погодног за оптималну алокацију системских услуга и у предложеном оптимизационом оквиру који комбинује еволутивне алгоритме и методе вештачке интелигенције. Посебан допринос представља примена концепта виртуелног оптерећења и хибридног GA-ANN приступа за брзо

предвиђање флексибилности у реалном времену, чиме се превазилазе ограничења класичних, искључиво офлајн оптимизационих метода.

Предложени модели и процедуре пружају нове увиде у утицај избора нивоа детаљности моделовања микромреже на резултате оптимизације и показују да детаљније моделовање може значајно утицати на техничке и економске показатеље рада. На тај начин дисертација уноси оригиналан допринос у област управљања микромрежама и планирања системских услуга у будућим, флексибилним електроенергетским системима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература коришћена у дисертацији је обимна и актуелна, и обухвата значајан број радова из реномираних међународних часописа и зборника конференција који се баве микромрежама, флексибилношћу електроенергетских система, системским услугама и применом напредних оптимизационих и AI метода. Посебно је за похвалу што су у прегледу литературе обухваћени новији радови који одражавају најскорије трендове у области интеграције ОИЕ и управљања дистрибуираним ресурсима.

Кандидат показује добро познавање релевантних извора, које систематично користи за формулисање истраживачког проблема, идентификацију недостатака у постојећим решењима и оправдање потребе за предложеним приступом. Референце нису наведене формално, већ су критички анализирани у контексту теме, уз јасно истицање сличности и разлика у односу на постојеће радове. У целини, може се закључити да је референтни оквир дисертације адекватан, актуелан и подупиरे научну заснованост предложених модела и метода.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У дисертацији су примењене методе које су у потпуности у складу са природом истраживачког проблема и савременом праксом у области електроенергетских система и вештачке интелигенције. Кандидат је најпре спровео свеобухватан преглед литературе, затим формулисао математичке моделе микромреже и системских услуга, а потом дефинисао оптимизациони проблем који обухвата техничка и економска ограничења.

За решавање постављеног оптимизационог проблема примењени су еволутивни алгоритми и методе вештачке интелигенције (GA и ANN), што је адекватан избор за комплексне и нелинеарне задатке са великим бројем управљивих параметара. Коришћене методе су јасно описане, параметри алгоритама су образложени, а ваљаност приступа је проверена кроз бројне симулационе сценарије. На тај начин показано је да су одабране научне методе примерене циљевима дисертације и да омогућавају добијање поузданих и применљивих резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Остварени резултати дисертације имају јасну практичну примену у планирању и управљању микромрежама и ширим електроенергетским системима са високим уделом обновљивих извора енергије. Предложени оптимизациони оквир за алокацију системских услуга омогућава операторима и планерима да боље искористе расположиве ресурсе, смање оперативне трошкове и унапреде показатеље поузданости и квалитета напајања.

Посебно је значајно што хибридни GA-ANN приступ омогућава доношење оперативних одлука у готово реалном времену, што је предуслов за примену у савременим системима у којима се стање мреже и расположивост ресурса брзо мењају. Развијени модели и методе могу се релативно једноставно прилагодити различитим топологијама и конфигурацијама микромрежа, што их чини применљивим у ширем спектру практичних случајева, од лабораторијских окружења до реалних дистрибутивних система.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу представљеног истраживања, структуре и садржаја дисертације, као и објављених радова, може се закључити да је кандидат Амир Абеда стекао потребне способности за самостални научни рад. Кандидат је самостално формулисао истраживачки проблем, извршио адекватан избор и прилагођавање научних метода, спровео опсежне нумеричке анализе и критички интерпретирао добијене резултате.

Објављивање резултата дисертације у међународном часопису са SCI листе и на релевантним конференцијама показује да кандидат уме да своја истраживања представи и научној јавности, у складу са стандардима струке. Све наведено упућује на закључак да кандидат поседује висок ниво стручне зрелости и истраживачке самосталности неопходан за даљи научни и академски развој.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација кандидата Амира Абеда садржи више јасно идентификованих научних доприноса у области електроенергетских система, са нагласком на микромреже и системске услуге. Први значајан допринос огледа се у развоју детаљног модела микромреже, који обухвата обновљиве изворе, системе за складиштење и управљиво оптерећење, прилагођеног задацима оптималне алокације системских услуга и анализе флексибилности.

Други допринос је формулација и примена оптимизационог оквира заснованог на генетичком алгоритму за расподелу системских услуга на расположиве ресурсе, уз уважавање техничких и економских ограничења, чиме се показује значај детаљног моделовања у односу на једночворне приступе.

Трећи допринос представља развој хибридног GA-ANN оквира, који омогућава да се резултати рачунски захтевне оптимизације „пренесу“ у модел заснован на вештачким неуронским мрежама, способан да у реалном времену обезбеђује квалитетну алокацију системских услуга.

Коначно, научни доприноси дисертације потврђени су и кроз објављене радове у међународном часопису и на конференцијама, у којима су предложени модели и методе презентовани стручној јавности и оцењени као релевантни и оригинални у контексту савремених истраживања у области управљања микромрежама и интеграције обновљивих извора енергије.

Остварени научни доприноси су у потпуности у складу са очекиваним доприносима наведеним у Образложењу теме докторске дисертације и додатно их конкретизују кроз развијене моделе, алгоритме и студије случаја.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати истраживања су систематично приказани и квантитативно анализирани, са јасним истицањем ефеката предложених метода на техничке и економске показатеље рада микромреже. Посебно је значајно што се кроз поређење једночворног и детаљног модела показује да избор нивоа детаљности моделирања може довести до разлика у оптималним решењима и до око 10–11% одступања у кључним индикаторима, што је убедљив аргумент за примену детаљнијег приступа.

У хибридном GA-ANN оквиру кандидат је критички сагледао однос између тачности и рачунске сложености: показано је да ANN веома добро репродукује резултате GA уз значајно мање време израчунавања, али и да квалитет обучене мреже зависи од репрезентативности скупа GA решења. Кандидат указује на ограничења која се односе на конкретан референтни модел микромреже и изабране сценарије, као и на потребу да се предложене методе додатно

тестирају на другим топологијама и у присуству већег броја реалних ограничења. У целини, анализа резултата је уравнотежена, са јасно истакнутим предностима предложеног приступа, али и свешћу о домену његове применљивости и потенцијалним ограничењима.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат је аутор/коаутор више научних публикација у међународним часописима и зборницима конференција из области електроенергетских система, микромрежа и квалитета електричне енергије. Објавио је један рад у међународном часопису са SCI листе, категорија M23, који је директно повезан са темом докторске дисертације, као и више радова у зборницима међународних конференција категорије M30.

Листа радова:

M23 (часописи)

1. [M23] **Abed, A., & Dobrić, G.** (2024). Real-Time Optimization of Ancillary Service Allocation in Renewable Energy Microgrids Using Virtual Load. *Applied Sciences*, 14(18), 8370. <https://doi.org/10.3390/app14188370>

M30 (конференције)

1. [M30] М. Форџан, Г. Добрић, **A. Abed**, М. Жарковић, М. Ikić, J. Forcan, M. Barragán-Villarejo, J. Maza-Ortega, F. de Paula García-López, „Real-Time Testing of Microgrid Control Algorithms: Development of Experimental Setup“, XXIX међународна конференција INFORMACIONE TEHNOLOGIJE IT2025, Žabljak, Feb, 2025.
2. [M30] **A. Abed**, N. Alwan, M. H. Abed and G. Dobrić, „Efficiency of post-processing in PMU based state estimation of renewable energy microgrids“, *2023 IEEE Belgrade PowerTech*, Belgrade, Serbia, 2023, pp. 01–06, doi: 10.1109/PowerTech55446.2023.10202834.
3. [M30] **A. H. Abed**, J. Rahebi, H. Sajir and A. Farzamnia, „Protection of sensitive loads from voltages fluctuations in Iraqi grids by DVR“, *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 144–149, doi: 10.1109/I2CACIS.2017.8239048.
4. [M30] H. Sajir, J. Rahebi, **A. Abed** and A. Farzamnia, „Reduce power losses and improve voltage level by using distributed generation in radial distributed grid“, *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 128–133, doi: 10.1109/I2CACIS.2017.8239045.
5. [M30] **A. H. Abed**, J. Rahebi and A. Farzamnia, „Improvement for power quality by using dynamic voltage restorer in electrical distribution networks“, *2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 122–127, doi: 10.1109/I2CACIS.2017.8239044.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

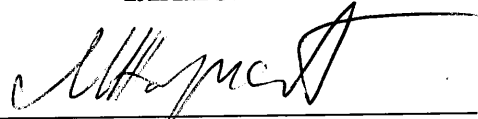
На основу увида у достављену документацију, прегледа и анализе докторске дисертације кандидата Амира Абеда под насловом „Оптimalна алокација системских услуга у микромрежи са обновљивим изворима енергије за потребе повећања флексибилности система“, као и разговора са кандидатом, Комисија констатује да дисертација:

- садржи оригиналне научне доприносе у области електроенергетских система, посебно у домену управљања микромрежама и оптимизације алокације системских услуга;
- показује да је кандидат овладао савременим методама моделовања, оптимизације и вештачке интелигенције, и да их је применио на релевантан и методолошки исправан начин;
- испуњава услове прописане Законом о високом образовању и општим актима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета за стицање академског назива доктора наука.

Полазећи од наведеног, Комисија једногласно предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да прихвати докторску дисертацију кандидата Амира Абеда и одобри њену јавну одбрану.

Београд, 21.04.2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Александра Крстић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



Др Миодраг Форцан, ванредни професор
Универзитет у Источном Сарајеву – Електротехнички факултет

TO THE TEACHING AND SCIENTIFIC COUNCIL

Subject: Report on the doctoral dissertation of the candidate Amir Abed

By the Decision of the Teaching and Scientific Council of the School of Electrical Engineering adopted at the meeting held on 10.03.2026 (Decision No. 480/31 of 10.03.2026), we were appointed as members of the Committee for the review and evaluation of the doctoral dissertation of the candidate Amir Abed, entitled

“Optimal Allocation of Ancillary Service Assets in Renewable Energy Based Microgrids for Enhanced Power System Flexibility”

After reviewing the submitted dissertation and accompanying material, and after an interview with the candidate, the Committee has prepared the following

REPORT

1. INTRODUCTION

1.1. Timeline of approval and preparation of the dissertation

On **28.11.2024** the candidate submitted the topic of his doctoral dissertation.

On **03.12.2024** the Third Cycle Studies Committee considered the proposed doctoral dissertation topic and forwarded to the Teaching and Scientific Council its proposal on the scientific justification of the topic for adoption.

On **10.12.2024** the Teaching and Scientific Council appointed the Committee for the evaluation of the scientific justification of the doctoral dissertation topic.

On **11.02.2025** the Teaching and Scientific Council adopted the Report of the Committee for the evaluation of the scientific justification of the doctoral dissertation topic.

On **25.03.2025** the Council of Scientific Fields in Technical Sciences gave its consent to the proposed doctoral dissertation topic (Decision No. 61206/2 25 of 25.03.2025).

On **26.02.2026** the candidate submitted the doctoral dissertation for evaluation.

On **03.03.2026** the Third Cycle Studies Committee confirmed that all necessary conditions had been met for submitting to the Teaching and Scientific Council of the School of Electrical Engineering the proposal to form a Committee for the evaluation of the doctoral dissertation.

On **10.03.2026** the Teaching and Scientific Council of the School appointed the Committee for the evaluation of the doctoral dissertation (Decision No. 480/31 of 10.03.2026).

1.2. Scientific field of the dissertation

The dissertation of the candidate Amir Abed belongs to the scientific field of Technical Sciences – Electrical Engineering, narrower scientific field Power Systems. The supervisor of the dissertation is Dr. Goran Dobrić, Associate Professor at the University of Belgrade – School of Electrical Engineering, due to his significant contributions in the narrower scientific field of Power Systems, especially in the areas of microgrid control, optimization and integration of renewable energy sources, which are also the subject of the dissertation.

1.3. Biographical data on the candidate

Amir Hameed Abed was born on 20 October 1981 in the Anbar region, Iraq. He completed primary and secondary school in Anbar in 2001, after which, in the same year, he enrolled in studies in Electrical and Electronic Engineering at the University of Technology in Baghdad, where he graduated in 2005.

He enrolled in Master academic studies in Electrical and Electronic Engineering in 2015 at the Turkish Aeronautical Association University, where, on 25.10.2017, he defended his Master's thesis entitled "Power Supply Quality Improvement Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) In Iraqi Network", under the supervision of Prof. Dr. Javad Rahebi, with an overall grade point average of 9.51.

The candidate enrolled in doctoral studies at the School of Electrical Engineering, University of Belgrade, study program Power Networks and Systems, in the academic year 2021/2022. During his doctoral studies he passed all required exams with a grade point average of 9.71.

The candidate has more than 17 years of professional experience in the power sector and is employed at the Ministry of Electricity of the Republic of Iraq, where he is engaged in planning, design, construction and maintenance of distribution and transmission power networks. He has participated in numerous projects involving installation, testing and commissioning of 33/11 kV substations, underground cables and overhead lines, as well as control and protection equipment.

Amir Abed is the author and co author of several scientific papers in international journals and conference proceedings, including one paper in an SCI indexed journal (Applied Sciences, category M23) and several papers in category M30 at renowned IEEE conferences.

He is fluent in Arabic and English and has a basic knowledge of Turkish.

2. DESCRIPTION OF THE DISSERTATION

2.1. Content of the dissertation

The doctoral dissertation of the candidate Amir Abed is structured into several logical units that include: an introduction to the problem of flexibility in power systems with a high share of renewable energy sources, a review of the state of the art in ancillary (system) services in microgrids, formulation of the problem of optimal allocation of ancillary services, development of microgrid and controllable resource models, definition of the optimization framework and AI/evolutionary algorithms, implementation and testing of the proposed procedures, as well as analysis of the obtained results, conclusions and possible directions for further research.

2.2. Brief overview of individual chapters

The first chapter provides the context and motivation for the research, starting from the challenges in the operation of power systems with a high share of RES and the need for flexibility. The chapter includes a review of the state of the art in ancillary services and microgrids, clearly formulated research challenges, the main contributions of the dissertation, and the structure of the work.

The second chapter offers a comprehensive overview of the microgrid concept, its basic components and potential benefits, as well as the challenges related to control and integration into the power system. A detailed classification of microgrids is given (according to control techniques, size, sources, scenarios, location and application), different architectures (parallel, series, hybrid) are described, and aspects of microgrid system stability are analyzed.

The third chapter is devoted to the concept of power system flexibility, its metrics and services that contribute to flexibility. The effects of increasing RES penetration on system operation (short, medium and long term) are analyzed, as well as the classification of ancillary services (frequency

and voltage control, reserves, black start capability, oscillation damping, congestion management) and the time horizons over which these services are provided.

In the subsequent chapters, the candidate introduces a detailed microgrid model based on the CIGRE benchmark system and formulates the problem of optimal allocation of ancillary services using the Virtual Load concept and a genetic algorithm. A comparative analysis between a single bus and a detailed microgrid model is carried out, quantitatively showing the impact of model choice on technical economic performance indicators and justifying the use of detailed modeling.

In the final part of the dissertation, a hybrid GA–ANN framework is presented, in which the genetic algorithm is used offline to generate a set of optimal solutions, while an artificial neural network is trained to approximate them and enable fast prediction of microgrid flexibility in real time. It is shown that the trained ANN achieves very small errors compared to GA (below 1% for individual resources and aggregated balancing power), with significantly shorter computation time, which enables its use in operational planning and provision of ancillary services in real time.

In the concluding chapters, the main research results are summarized, with emphasis on the impact of detailed modeling and the proposed optimization approaches on microgrid flexibility and the possibility of integrating a higher share of RES. Possible directions for further research are outlined, such as extending the model to more complex networks, introducing additional service types and integrating with advanced real time control platforms.

3. EVALUATION OF THE DISSERTATION

3.1. Topicality and originality

The topic of the doctoral dissertation of the candidate Amir Abed is topical and fully aligned with current developments in power systems with a high share of renewable energy sources. The focus on system flexibility, ancillary services and the role of microgrids in providing these services matches current research and industry priorities in smart grids and RES integration.

The originality of the dissertation lies in the development of a detailed microgrid model suitable for optimal allocation of ancillary services and in the proposed optimization framework that combines evolutionary algorithms and artificial intelligence methods. A particular contribution is the application of the Virtual Load concept and the hybrid GA–ANN approach for fast prediction of flexibility in real time, thereby overcoming limitations of classical, purely offline optimization methods.

The proposed models and procedures provide new insights into the impact of the chosen level of microgrid modeling detail on optimization results and show that more detailed modeling can significantly affect technical and economic performance indicators. In this way, the dissertation brings an original contribution to the field of microgrid control and ancillary service planning in future flexible power systems.

3.2. Review of the reference and used literature

The literature used in the dissertation is extensive and up to date, and includes a significant number of papers from renowned international journals and conference proceedings dealing with microgrids, power system flexibility, ancillary services and advanced optimization and AI methods. It is particularly commendable that the literature review covers recent works reflecting the latest trends in RES integration and distributed resource management.

The candidate demonstrates good knowledge of relevant sources, which he systematically uses to formulate the research problem, identify gaps in existing solutions and justify the need for the proposed approach. References are not listed only formally, but are critically analyzed in the context of the topic, with clear emphasis on similarities and differences with respect to existing works. Overall, the reference framework of the dissertation is adequate, up to date and supports the scientific soundness of the proposed models and methods.

3.3. Description and adequacy of the applied scientific methods

The methods applied in the dissertation are fully consistent with the nature of the research problem and with current practice in power systems and artificial intelligence. The candidate first carried out a comprehensive literature review, then formulated mathematical models of the microgrid and ancillary services, and finally defined the optimization problem including technical and economic constraints.

To solve the optimization problem, evolutionary algorithms and artificial intelligence methods (GA and ANN) were applied, which is an appropriate choice for complex, nonlinear tasks with a large number of controllable parameters. The methods used are clearly described, the algorithm parameters are justified, and the validity of the approach has been verified through numerous simulation scenarios. In this way, it has been shown that the chosen scientific methods are appropriate to the objectives of the dissertation and enable reliable and applicable results to be obtained.

3.4. Applicability of the obtained results

The results of the dissertation have a clear practical application in the planning and operation of microgrids and wider power systems with a high share of renewable energy sources. The proposed optimization framework for ancillary service allocation enables system operators and planners to better utilize available resources, reduce operating costs and improve reliability and power quality indicators.

It is particularly important that the hybrid GA-ANN approach enables operational decisions to be made in near real time, which is a prerequisite for application in modern systems where network conditions and resource availability change rapidly. The developed models and methods can be relatively easily adapted to different microgrid topologies and configurations, which makes them applicable to a wide range of practical cases, from laboratory environments to real distribution systems.

3.5. Assessment of the candidate's ability for independent scientific work

Based on the presented research, the structure and content of the dissertation, as well as the published papers, it can be concluded that the candidate Amir Abed has acquired the necessary abilities for independent scientific work. The candidate independently formulated the research problem, made an appropriate choice and adaptation of scientific methods, carried out extensive numerical analyses and critically interpreted the obtained results.

The publication of the dissertation results in an SCI indexed international journal and at relevant conferences shows that the candidate is capable of presenting his research to the scientific community in accordance with professional standards. All of the above leads to the conclusion that the candidate possesses a high level of professional maturity and research independence necessary for further scientific and academic development.

4. SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS

4.1. Overview of the achieved scientific contributions

The doctoral dissertation of the candidate Amir Abed contains several clearly identified scientific contributions in the field of power systems, with emphasis on microgrids and ancillary services. The first significant contribution is the development of a detailed microgrid model that includes renewable energy sources, storage systems and controllable loads, tailored to tasks of optimal ancillary service allocation and flexibility analysis.

The second contribution is the formulation and application of an optimization framework based on a genetic algorithm for allocating ancillary services to available resources, taking into

account technical and economic constraints, thereby demonstrating the importance of detailed modeling compared to single bus approaches. The third contribution is the development of a hybrid GA-ANN framework, which enables the transfer of the results of computationally intensive optimization into a model based on artificial neural networks capable of providing high quality ancillary service allocation in real time.

Finally, the scientific contributions of the dissertation have been confirmed through publications in an international journal and at conferences, where the proposed models and methods have been presented to the professional community and evaluated as relevant and original in the context of current research in microgrid control and RES integration. The achieved scientific contributions are fully in line with the expected contributions stated in the Dissertation Topic Justification and further specify them through the developed models, algorithms and case studies.

4.2. Critical analysis of the research results

The research results are systematically presented and quantitatively analyzed, with a clear emphasis on the effects of the proposed methods on the technical and economic performance indicators of the microgrid. It is particularly important that, through the comparison of the single bus and detailed models, it is shown that the choice of modeling detail can lead to differences in optimal solutions and to about 10–11% deviations in key indicators, which is a convincing argument for the application of a more detailed approach.

Within the hybrid GA-ANN framework, the candidate critically examined the trade off between accuracy and computational complexity: it was shown that the ANN reproduces GA results very well with significantly less computation time, but also that the quality of the trained network depends on the representativeness of the GA solution set. The candidate points out limitations related to the specific benchmark microgrid model and the selected scenarios, as well as the need to further test the proposed methods on other topologies and with a larger number of real world constraints. Overall, the analysis of the results is balanced, with clearly highlighted advantages of the proposed approach and an awareness of the domain of its applicability and potential limitations.

4.3. Verification of scientific contributions

The candidate is the author/co author of several scientific publications in international journals and conference proceedings in the field of power systems, microgrids and power quality. He has published one paper in an SCI indexed international journal, category M23, directly related to the dissertation topic, as well as several papers in category M30 conference proceedings.

List of papers:

M23 (journals)

[M23] **Abed, A.**, & Dobrić, G. (2024). Real Time Optimization of Ancillary Service Allocation in Renewable Energy Microgrids Using Virtual Load. *Applied Sciences*, 14(18), 8370. <https://doi.org/10.3390/app14188370>

M30 (conferences)

[M30] M. Forcan, G. Dobrić, **A. Abed**, M. Žarković, M. Ikić, J. Forcan, M. Barragán Villarejo, J. Maza Ortega, F. de Paula García López, “Real Time Testing of Microgrid Control Algorithms: Development of Experimental Setup”, XXIX International Conference INFORMATION TECHNOLOGY IT2025, Žabljak, Feb, 2025.

[M30] **A. Abed**, N. Alwan, M. H. Abed and G. Dobrić, “Efficiency of post processing in PMU based state estimation of renewable energy microgrids”, 2023 IEEE Belgrade PowerTech, Belgrade, Serbia, 2023, pp. 01–06, doi: 10.1109/PowerTech55446.2023.10202834.

- [M30] **A. H. Abed**, J. Rahebi, H. Sajir and A. Farzamnia, "Protection of sensitive loads from voltages fluctuations in Iraqi grids by DVR", 2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 144–149, doi: 10.1109/I2CACIS.2017.8239048.
- [M30] H. Sajir, J. Rahebi, **A. Abed** and A. Farzamnia, "Reduce power losses and improve voltage level by using distributed generation in radial distributed grid", 2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 128–133, doi: 10.1109/I2CACIS.2017.8239045.
- [M30] **A. H. Abed**, J. Rahebi and A. Farzamnia, "Improvement for power quality by using dynamic voltage restorer in electrical distribution networks", 2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), Kota Kinabalu, Malaysia, 2017, pp. 122–127, doi: 10.1109/I2CACIS.2017.8239044.

1. CONCLUSION AND RECOMMENDATION


Based on the submitted documentation, the review and analysis of the doctoral dissertation of the candidate Amir Abed entitled "Optimal Allocation of Ancillary Service Assets in Renewable Energy Based Microgrids for Enhanced Power System Flexibility", as well as the interview with the candidate, the Committee concludes that the dissertation:

- contains original scientific contributions in the field of power systems, especially in the domain of microgrid control and ancillary service allocation optimization;
- shows that the candidate has mastered modern methods of modeling, optimization and artificial intelligence, and has applied them in a relevant and methodologically sound way;
- meets the requirements prescribed by the Law on Higher Education and the general acts of the University of Belgrade and the School of Electrical Engineering for the awarding of the academic title of Doctor of Science.

On the basis of the above, the Committee unanimously recommends that the Teaching and Scientific Council of the School of Electrical Engineering, University of Belgrade, accept the doctoral dissertation of the candidate Amir Abed and approve its public defense.

Belgrade, 21.04.2026

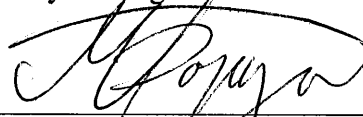
MEMBERS OF THE COMMITTEE



Dr. Mileta Žarković, Associate Professor
University of Belgrade – School of Electrical Engineering



Dr. Aleksandra Krstić, Associate Professor
University of Belgrade – School of Electrical Engineering



Dr. Miodrag Forcan, Associate Professor
University of East Sarajevo – Faculty of Electrical Engineering