

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Amir Abed-a

Одлуком 2300/28 бр. од 10.12.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Amir Abed-a за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Оптимална алокација системских услуга у микромрежи са обновљивим изворима енергије за потребе повећања флексибилности система" („*Optimal Allocation of Ancillary Service Assets in Renewable Energy Microgrids for Enhanced Power System Flexibility*“)

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Амир Хамид Абед, држављанин Ирака, рођен 20. октобра 1981. године, има диплому основних студија из електротехнике од 2005. године. Кандидат ради у Министарству електричне енергије Ирака и има више од 17 година искуства у својој струци. Кандидат је помоћник главног инжењера, где се фокусира на управљање важним пројектима у дистрибуцији и преносу електричне енергије. Кандидат поседује диплому из електротехнике и електронике са Технолошког универзитета у Багдаду, као и мастер диплому из исте области са Универзитета Турске ваздухопловне асоцијације, коју је стекао 2017. године. Кандидат течно говори арапски и енглески језик, уз основно познавање турског језика.

Кандидат је развио своје искуство у разноврсним техничким алатима, укључујући AutoCAD, MATLAB, Multisim, Visio и CYME DIST, као и у програмима Microsoft Office пакета као што су Word, Access, Excel и PowerPoint. Поред тога, кандидат поседује солидну основу у одржавању хардвера и софтвера рачунара. Током своје каријере, кандидат је водио више кључних пројеката, као што су инсталација, тестирање и пуштање у рад електричних трафостаница 33/11 KV у граду Анбар, инсталација подземних каблова и преносних линија (33KV и 11KV), електричних преносних стубова, постројења и прекидача (33KV).

Кандидат је радио као инжењер за одржавање и програмирање рачунара и уређаја за управљање у периоду од 2005. до 2009. године. Од 2009. године до данас, кандидат ради у Министарству електричне енергије Ирака.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је током докторских студија положио 7 испита и обавио је све друге обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија. Кандидат је са великим успехом положио следеће испите:

	Шифра предмета	Назив предмета	Оцена
1	19Д021ПИТ	Примена информационих технологија у електроенергетици	10
2	19Д021ИОИ	Интеграција обновљивих извора у дистрибутивни систем	9
3	19Д021ОП	Оптимално планирање електроенергетских система	10
4	19Д021ДС	Дистрибутивни системи - оптимално планирање и експлоатација	10
5	19Д021ПЕМ	Прорачун електроенергетских мрежа	10
6	19Д021ВИЕ	Вештачка интелигенција у електроенергетици	10
7	19Д021МО	Методе оптимизације у електроенергетским системима	9

Такође, кандидат је положио додељена 3 додатна испита:

	Шифра предмета	Назив предмета	Оцена
1	13Е023ТВН1	Техника високог напона 1	10
2	13Е013ЕП1	Енергетски претварачи 1	7
3	13Е024РПОГ	Разводна постројења	6

Током свог досадашњег научноистраживачког рада, кандидат је објавио неколико радова на научно-стручним скуповима међународног значаја, као и у међународним часописима са SCI листе. Листа објављених радова кандидата, од којих су неки, укључујући и рад објављен у часопису са SCI листе, у директној вези са темом докторске дисертације:

Категорија М23 (часописи)

1. **Abed, A., & Dobric, 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> (**Impact Factor: 2.5 (2023); 5-Year Impact Factor: 2.7 (2023)**)

Категорија М30 (конференције)

2. **A. Abed, N. Alwan, M. H. Abed and G. Dobric**, "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. **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. H. Sajir, J. Rahebi, **A. Abed** and A. Farzamnian, "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. **A. H. Abed**, J. Rahebi and A. Farzamnian, "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.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу пријаве теме докторске, увидом у комплетну поднету документацију и на основу оцене научне заснованости теме докторске дисертације кандидата, комисија сматра да је кандидат Amir Abed способан да самостално ради на изради докторске дисертације на предложеној теми и да поседује све потребне научно-истраживачке квалитете да ефикасно и утемељено донесе одговарајуће закључке на основу постигнутих резултата. Предложена тема је актуелна у области електроенергетских система и представља веома битан аспект интеграције обновљивих извора енергије уз потребу повећања флексибилности система.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања

Истраживање се бави улогом помоћних услуга које пружају микромреже базиране на обновљивим изворима енергије у унапређењу флексибилности електроенергетских система. Фокус истраживања је на томе како микромреже могу допринети стабилности и поузданости мреже кроз различите помоћне услуге, као и на изазовима и могућностима у оптимизацији алокације помоћних услуга по различитим управљивим ресурсима у оквиру микромреже. Захваљујући различитим ресурсима, микромреже могу пружати помоћне услуге на различите начине, ефикасним и правовременим повећањем или смањењем размене снаге са главном мрежом.

Циљ истраживања

Главни циљ истраживања је развити оптималну стратегију за расподелу помоћних услуга унутар микромреже која има велики број управљивих ресурса, укључујући обновљиве изворе енергије (ОИЕ). Оптимална стратегија ће се базирати на еволутивним алгоритмима и вештачкој интелигенцији (AI). Циљ стратегије је омогућити микромрежама да ефикасно подрже веће електроенергетске системе, повећавајући њихову флексибилност како би се носили са променљивостима и непредвидивостима повезаним са високим уделом ОИЕ.

Значај истраживања

Помоћне услуге су кључне за одржавање стабилности и поузданости мреже док електроенергетски системи прелазе на обновљиве изворе. Са повећањем учешћа ОИЕ, флексибилност мреже постаје један од најважнијих захтева. Ово истраживање доприноси разумевању како микромреже, као флексибилни и локализовани енергетски

системи, могу пружити кључне помоћне услуге. Развој оптималне стратегије за алокацију помоћних услуга имаће значајан утицај на рад будућих електроенергетских система, повећавајући поузданост и одрживост енергетске инфраструктуре.

Кључни аспекти помоћних услуга за флексибилност мреже укључују:

1. Регулацију фреквенције
2. Регулацију напона,
3. Хладни старт,
4. Смањење вршних оптерећења,
5. Смањење осцилација снаге и
6. Управљање загушењима.

Микромреже нуде јединствене могућности за флексибилност мреже, пружајући дистрибуирање помоћне услуге, смањујући зависност од централизоване инфраструктуре и подржавајући интеграцију високог нивоа обновљивих извора енергије.

Релевантна литература коришћена током истраживања кандидата, на коју се надовезује рад кандидата:

1. Wegkamp, C.; Hadlak, M.; Wagner, H.; Kohlhepp, J.; Engel, B. Optimized provision of local ancillary services with sensitivity factors using prosumer flexibility. In Proceedings of the 27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2023), Rome, Italy, 12–15 June 2023; pp. 317–321.
2. Ganesh, K.B.; Vijay, R.; Mathuria, P. Ancillary Services from DERs for Transmission and Distribution System Operators. In Proceedings of the 2022 22nd National Power Systems Conference (NPSC), New Delhi, India, 17–19 December 2022; pp. 482–487.
3. Oureilidis, K.; Malamaki, K.-N.; Gallos, K.; Tsitsimelis, A.; Dikaiakos, C.; Gkavanoudis, S.; Cvetkovic, M.; Mauricio, J.M.; Maza Ortega, J.M.; Ramos, J.L.M. Ancillary services market design in distribution networks: Review and identification of barriers. *Energies* 2020, 13, 917.
4. Silva, R.; Alves, E.; Ferreira, R.; Villar, J.; Gouveia, C. Characterization of TSO and DSO grid system services and TSO-DSO basic coordination mechanisms in the current decarbonization context. *Energies* 2021, 14, 4451.
5. Nelson, J.R.; Johnson, N.G. Model predictive control of microgrids for real-time ancillary service market participation. *Appl. Energy* 2020, 269, 114963.
6. Marneris, I.; Ntomaris, A.; Biskas, P.; Baslis, C.; Chatzigiannis, D.; Demoulias, C.; Oureilidis, K.; Bakirtzis, A. Optimal Participation of RES aggregators in energy and ancillary services markets. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2022, 59, 232–243.
7. Alizadeh, M.I.; Usman, M.; Capitanescu, F.; Madureira, A.G. A Novel TSO-DSO Ancillary Service Procurement Coordination Approach for Congestion Management. In Proceedings of the 2022 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Denver, CO, USA, 17–21 July 2022; pp. 1–5.
8. Sprooten, J.; Gunst, T.; Mestdag, C.; Bronckart, O. Power system restoration with high penetration level of renewable generation—New challenges and strategies. In Proceedings of the 2014 Saudi Arabia Smart Grid Conference (SASG), Jeddah, Saudi Arabia, 14–17 December 2014; pp. 1–8.

9. Ahmed, M.; Aziz, T. An approach of incorporating harmonic mitigation units in an industrial distribution network with renewable penetration. *Energy Rep.* 2021, 7, 6273–6291.
10. Demoulias, C.S.; Malamaki, K.-N.D.; Gkavanoudis, S.; Mauricio, J.M.; Kryonidis, G.C.; Oureilidis, K.O.; Kontis, E.O.; Martinez Ramos, J.L. Ancillary services offered by distributed renewable energy sources at the distribution grid level: An attempt at proper definition and quantification. *Appl. Sci.* 2020, 10, 7106.
11. Jain, R.; Mahajan, V. Energy Management of Multi-Microgrids in Joint Energy and Ancillary Service Market Considering Uncertainties of Renewables. *J. Renew. Energy Environ.* 2023, 10, 95–107.
12. Ding, Y.; Tan, Q.; Shan, Z.; Han, J.; Zhang, Y. A two-stage dispatching optimization strategy for hybrid renewable energy system with low-carbon and sustainability in ancillary service market. *Renew. Energy* 2023, 207, 647–659.
13. Villanueva-Rosario, J.A.; Santos-García, F.; Aybar-Mejía, M.E.; Mendoza-Araya, P.; Molina-García, A. Coordinated ancillary services, market participation and communication of multi-microgrids: A review. *Appl. Energy* 2022, 308, 118332.
14. Kumar, G.B.; Palanisamy, K. A review of energy storage participation for ancillary services in a microgrid environment. *Inventions* 2020, 5, 63.
15. Gu, J.-C.; Lin, J.-L.; Yang, M.-T. Automatic Frequency Control Ancillary Service and Virtual Inertia from BESS in Microgrid. In *Proceedings of the 2023 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)*, Nashville, TN, USA, 29 October–2 November 2023; pp. 1–6.
16. Agupugo, C.P.; Kehinde, H.M.; Manuel, H.N.N. Optimization of microgrid operations using renewable energy sources. *Eng. Sci. Technol. J.* 2024, 5, 2379–2401.
17. Fernández-Muñoz, D.; Pérez-Díaz, J.I.; Guisández, I.; Chazarra, M.; Fernández-Espina, A. Fast frequency control ancillary services: An international review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2020, 120, 109662.
18. Rudion, K.; Orths, A.; Styczynski, Z.A.; Strunz, K. Design of benchmark of medium voltage distribution network for investigation of DG integration. In *Proceedings of the 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, Montreal, QC, Canada, 18–22 June 2006; p. 6.
19. Majzoobi, A.; Khodaei, A. Application of microgrids in providing ancillary services to the utility grid. *Energy* 2017, 123, 555–563.
20. Zhang, M.; Li, W.; Yu, S.S.; Wang, H.; Ba, Y. Optimal day-ahead large-scale battery dispatch model for multi-regulation participation considering full timescale uncertainties. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2024, 189, 113963.
21. Zhang, M.; Li, W.; Yu, S.S.; Wen, K.; Muyeen, S. Day-ahead optimization dispatch strategy for large-scale battery energy storage considering multiple regulation and prediction failures. *Energy* 2023, 270, 126945.
22. Kurundkar, K.M.; Vaidya, G.A. Stochastic Security-Constrained Economic Dispatch of Load-Following and Contingency Reserves Ancillary Service Using a Grid-Connected Microgrid during Uncertainty. *Energies* 2023, 16, 2607.
23. Wang, Y.; Li, G.; Zhou, B.; Ma, H.; Li, Z. Optimal Dispatch Strategy for Virtual Power Plants with Adjustable Capacity Assessment of High-Energy-Consuming Industrial Loads Participating in Ancillary Service Markets. *Sustainability* 2023, 15, 10479.
24. Lai, X.; Xie, Z.; Xu, D.; Ying, S.; Zeng, Y.; Jiang, C.; Wang, F.; Wen, F.; Palu, I. Operation Optimization of an Integrated Energy Service Provider with Ancillary Service Provision. *Energies* 2022, 15, 4376.

25. Alzahrani, A.; Sajjad, K.; Hafeez, G.; Murawwat, S.; Khan, S.; Khan, F.A. Real-time energy optimization and scheduling of buildings integrated with renewable microgrid. *Appl. Energy* 2023, 335, 120640.
26. Zhao, J.; He, Y.; Fang, Y.; Weng, Y.; Ma, W.; Xiao, S.; Liang, Y. Multi-source optimal dispatch considering ancillary service cost of pumped storage power station based on cooperative game. *Energy Rep.* 2021, 7, 173–186.
27. Brusco, G.; Menniti, D.; Pinnarelli, A.; Sorrentino, N. Renewable Energy Community with distributed storage optimization to provide energy sharing and additional ancillary services. *Sustain. Energy Grids Netw.* 2023, 36, 101173.
28. Ribó-Pérez, D.; Larrosa-López, L.; Pecondón-Tricas, D.; Alcázar-Ortega, M. A critical review of demand response products as resource for ancillary services: International experience and policy recommendations. *Energies* 2021, 14, 846.
29. Gulotta, F.; Daccò, E.; Bosisio, A.; Falabretti, D. Opening of ancillary service markets to distributed energy resources: A review. *Energies* 2023, 16, 2814.
30. Bahramara, S.; Sheikahmadi, P.; Mazza, A.; Chicco, G. Day-ahead self-scheduling from risk-averse microgrid operators to provide reserves and flexible ramping ancillary services. *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 2022, 142, 108381.
31. Rancilio, G.; Rossi, A.; Falabretti, D.; Galliani, A.; Merlo, M. Ancillary services markets in europe: Evolution and regulatory trade-offs. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2022, 154, 111850.

3. Полазне хипотезе

Ово истраживање се заснива на следећим почетним хипотезама:

1. Већи удео обновљивих извора захтева већу флексибилност мреже услед променљивости и неизвесности које прате висок удео ОИЕ
2. Микромреже нуде разноврсне ресурсе флексибилности. Оне комбинују контролисане ОИЕ, системе за складиштење енергије и управљиву потрошњу, како би пружиле помоћне услуге и повећале флексибилност.
3. Микромреже могу пружати различите помоћне услуге на захтев. Напредне контролне могућности омогућавају им да испоручују помоћне услуге, као што су углавном регулација фреквенције и напона.
4. Стратегија оптимизације је кључна за рад микромрежа. Разноврсни ресурси и непредвидива природа појединих аспеката микромрежа захтевају робусну оптимизациону стратегију за ефикасан рад.
5. Моделовање микромрежа значајно утиче на резултате оптимизације. Тачни и детаљни модели су кључни за поуздане и применљиве резултате оптимизације у реалним системима.

4. Научне методе истраживања

Да би се остварио циљ истраживања, примениће се следеће методе:

1. Преглед литературе

- Спровођење свеобухватног прегледа литературе о могућностима ОИЕ и технологијама складиштења за пружање помоћних услуга.
- Анализа напредне енергетске електронике (нпр. инвертерске технологије као што су "grid-following" и "grid-forming") за унапређење флексибилности мреже.

2. Моделовање

- Развој детаљног модела микромреже који укључује ОИЕ, системе за складиштење енергије и управљиву потрошњу.
- Симулација различитих сценарија, укључујући висок удео ОИЕ и разноврсне дијаграме потрошње.

3. Процедура оптимизације

- Креирање оквира за оптимизацију алокације помоћних услуга међу ресурсима микромреже, засноване на еволутивним алгоритмима и AI, са циљем оптимизације трошкова, уважавајући сва техничка и нетехничка ограничења.

4. Упоредна анализа

- Упоредна анализа резултата добијених применом различитих оптимизационих процедура на истим моделима микромреже
- Упоредна анализа резултата добијених применом истих оптимизационих процедура на различитим моделима микромреже

5. Очекивани научни допринос

1. Развој оптимизационе процедуре

- Развити иновативну стратегију оптимизације прилагођену раду микромреже, чиме ће се унапредити њихова способност за пружање помоћних услуга. Развијена стратегија ће бити применљива у реалном времену на управљачким платформама микромреже.

2. Израда модела микромреже за тестирање у реалном времену

- Развити детаљан модел микромреже погодан за тестирање и валидацију стратегија оптимизације у реалном времену. Модел ће омогућити тестирање различитих постојећих или нових процедура управљања у реалним условима.

3. Повећање укупног капацитета за интеграцију ОИЕ

- Допринети флексибилнијем и поузданијем електроенергетском систему кроз демонстрацију могућности пружања помоћних услуга од стране микромрежа. Очекује се да оптимално контролисане микромреже значајно допринесу флексибилности главне мреже и повећању укупног капацитета за интеграцију ОИЕ.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се спровести кроз следеће кораке:

1. Преглед литературе

- Проучити напредак у области помоћних услуга, микромрежа базираних на обновљивим изворима енергије и метода вештачке интелигенције. Фокус ће бити на потенцијалима различитих ресурса микромрежа за пружање помоћних услуга, укључујући ОИЕ, батерије и управљиве потрошаче.
2. Избор тест мрежа
 - Идентификовати репрезентативне тест мреже са разноврсним конфигурацијама, укључујући референтне моделе као што је CIGRE.
 3. Обрада улазних података
 - Прикупити и валидирати податке о профилима ОИЕ и потрошње, компонентама микромреже и оперативним параметрима за све случајеве. Поуздани подаци су кључни за тестирање процедура оптимизације, посебно у случајевима када се користе неуралне мреже.
 4. Развој методологије
 - Развити методологију за оптималну расподелу помоћних услуга унутар микромреже. Методологија ће се ослањати на еволутивне алгоритме и АИ како би се обезбедила правовремена контрола за све ресурсе микромреже.
 5. Спровођење оптимизације
 - Применити развијену методологију за процедуру оптималне алокације помоћних услуга на претходно одабраним тест мрежама.
 6. Анализа резултата и закључци
 - Анализирати резултате, проценити технички и економски утицај и предложити смернице за практичну примену развијених метода.

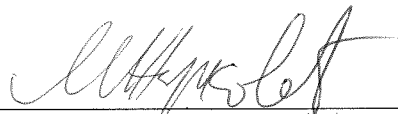
Кроз ове кораке, истраживање ће пружити практична решења и увиде за унапређење флексибилности мреже уз помоћ микромрежа базираних на ОИЕ.

7. Закључак и предлог

Кандидат је успешно презентовао методологију израде дисертације и главне научне доприносе. На јавној усменој одбрани теме докторске дисертације ванр. проф. Александра Крстић је поставила питање у вези примене генетског алгоритма у сврхе оптимизације и у вези тестирања модела ван Matlab софтверског алата и коментарисала о временском захтевима модела. Члан Комисије доцент Миодраг Форцан је поставио питање како структура и комплексност микромреже утиче на одабир оптималне методе и како дисертација утиче на системске услуге. Ванр. проф. Милета Жарковић је поставио питање у вези активних губитака снаге у електроенергетском систему и како системске услуге утичу на њих. Такође указао је на могућност креирања базе података од оптималних података и примене вештачке интелигенције на њима. Кандидат **Amir Abed** је успешно одговорио на постављена питања чланова Комисије и задовољавајуће говорио о различитим темама из своје дисертације.

На основу комплетне приложене документације у сврху пријаве теме докторске дисертације и на основу оцене научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Amir Abed-a**, комисија предлаже да се прихвати тема докторске дисертације под насловом **„Оптимална алокација системских услуга у микромрежи са обновљивим изворима енергије за потребе повећања флексибилности система“** („*Optimal Allocation of Ancillary Service Assets in Renewable Energy Microgrids for Enhanced Power System Flexibility*“), а за ментора се предлаже **др Горан Добрић, ванредни професор** Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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

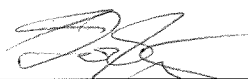


др Миодраг Форцан, доцент
Универзитет у Источном Сарајеву – Електротехнички факултет



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

МЕНТОР



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

HACTABHO-HAYCHOM BETY

Subject: Assessment of the Scientific Basis of the Doctoral Dissertation Topic of Candidate Amir Abed

By Decision No. 2300/28, dated 10.12.2024., we have been appointed as members of the Commission for assessing the scientific basis of the doctoral dissertation topic of candidate Amir Abed for the preparation of his doctoral dissertation and the scientific evaluation of the topic: **“Optimal Allocation of Ancillary Service Assets in Renewable Energy Microgrids for Enhanced Power System Flexibility”**

Based on the materials submitted with the Candidate's Request, the Commission submits the following

R E P O R T

1. Candidate Information

1.1. Biographical Details

The candidate, Amir Hamid Abed, an Iraqi citizen, was born on October 20, 1981. He holds a bachelor's degree in electrical engineering obtained in 2005. Currently employed at the Iraqi Ministry of Electricity, the candidate has over 17 years of professional experience. He serves as an Assistant Chief Engineer, focusing on managing significant projects in electricity distribution and transmission.

The candidate holds a bachelor's degree in electrical engineering and electronics from the University of Technology in Baghdad and a master's degree in the same field from the Turkish Aeronautical Association University, earned in 2017. He is fluent in Arabic and English, with a basic understanding of Turkish.

The candidate has developed expertise in a variety of technical tools, including AutoCAD, MATLAB, Multisim, Visio, and CYME DIST, as well as proficiency in Microsoft Office programs such as Word, Access, Excel, and PowerPoint. Additionally, he has a solid foundation in hardware and software maintenance for computers.

Throughout his career, the candidate has led numerous key projects, including the installation, testing, and commissioning of 33/11 KV electrical substations in the city of Anbar, the installation of underground cables and transmission lines (33KV and 11KV), electrical transmission towers, plants, and circuit breakers (33KV).

From 2005 to 2009, he worked as a maintenance and programming engineer for computers and control devices. Since 2009, the candidate has been employed at the Iraqi Ministry of Electricity.

1.2. Research Experience Acquired

During his doctoral studies, the candidate successfully passed 7 exams and completed all other obligations as outlined in the doctoral study program. He passed the following exams with great success:

	Course Code	Course Title	Grade
1	19D021PIT	Information Technology Applications in Electric Power Engineering	10
2	19D021IOI	Integration of Renewable Sources in the Distribution Systems	9
3	19D021OP	Optimal Power Systems Planning	10
4	19D021DS	Distribution Systems - Optimal Planning and Operation	10
5	19D021PEM	Power Networks Calculation	10
6	19D021VIE	Artificial Intelligence in power engineering	10
7	19D021MO	Power Systems Optimization	9

Additionally, the candidate completed 3 additional assigned courses:

	Шифра предмета	Назив предмета	Оцена
1	13E023TVN1	High Voltage Technique 1	10
2	13E013EP1	Power Converters 1	7
3	13E024RPOG	Distribution Switchgears	6

During his research work, the candidate published several papers at internationally significant scientific and professional conferences, as well as in international journals indexed in the SCI list. The list of the candidate's published works includes papers directly related to the topic of the doctoral dissertation, including one published in a journal from the SCI list.

Category M23 (journals)

1. **Abed, A., & Dobric, 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> (**Impact Factor: 2.5 (2023); 5-Year Impact Factor: 2.7 (2023)**)

Category M30 (conferences)

2. **A. Abed**, N. Alwan, M. H. Abed and G. Dobric, "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. **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. 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. **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.

1.3. Assessment of the Candidate's Suitability for Research on the Proposed Topic

Based on the doctoral dissertation topic application, a review of the complete submitted documentation, and the evaluation of the scientific basis of the candidate's dissertation topic, the Commission considers that Amir Abed is capable of independently conducting research for the doctoral dissertation on the proposed topic.

The candidate possesses all the necessary research qualities to efficiently and thoroughly derive appropriate conclusions based on the achieved results. The proposed topic is highly relevant in the field of power systems and addresses a crucial aspect of integrating renewable energy sources while enhancing system flexibility.

2. Subject, Aim, and Significance of the Research

Subject of the Research

The research investigates the role of ancillary services (AS) provided by renewable energy source-based microgrids (MG) in enhancing power system flexibility. It explores how MGs can contribute to grid stability and reliability by offering diverse AS, addressing the challenges and opportunities in optimizing these services' allocation. Having different assets, MGs can provide AS in various ways, considering the ability to effectively and in timely manner increase or decrease power exchange with the main grid.

Aim of the Research

The primary aim is to develop an optimal strategy for allocating AS within MGs, especially those integrating RES. The optimal strategy will be based on evolutive algorithms and Artificial Intelligence (AI). This strategy seeks to enable MGs to support larger power systems

effectively, enhancing their flexibility to accommodate the variability and intermittency associated with high RES penetration.

Significance of the Research

Ancillary services are critical for maintaining grid stability and reliability as power systems transition to renewable energy sources. With increasing RES penetration, grid flexibility becomes a vital requirement. This research contributes to understanding how MGs—flexible, localized energy systems—can provide essential AS. Developing an optimized AS allocation strategy will significantly impact the operation of future power systems, fostering a resilient and sustainable energy infrastructure.

Key AS aspects for grid flexibility include:

1. Frequency regulation
2. Voltage support
3. Spinning and non-spinning reserves
4. Black start
5. Peak shaving
6. Power smoothing
7. Congestion management

MGs provide unique opportunities for grid flexibility, offering localized, resilient, and dynamic AS solutions, reducing dependence on centralized infrastructure, and supporting the integration of high levels of renewable energy.

Relevant literature used during the candidate's research, forming the basis of the candidate's work:

1. Wegkamp, C.; Hadlak, M.; Wagner, H.; Kohlhepp, J.; Engel, B. Optimized provision of local ancillary services with sensitivity factors using prosumer flexibility. In Proceedings of the 27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2023), Rome, Italy, 12–15 June 2023; pp. 317–321.
2. Ganesh, K.B.; Vijay, R.; Mathuria, P. Ancillary Services from DERs for Transmission and Distribution System Operators. In Proceedings of the 2022 22nd National Power Systems Conference (NPSC), New Delhi, India, 17–19 December 2022; pp. 482–487.
3. Oureilidis, K.; Malamaki, K.-N.; Gallos, K.; Tsitsimelis, A.; Dikaiakos, C.; Gkavanoudis, S.; Cvetkovic, M.; Mauricio, J.M.; Maza Ortega, J.M.; Ramos, J.L.M. Ancillary services market design in distribution networks: Review and identification of barriers. *Energies* 2020, 13, 917.
4. Silva, R.; Alves, E.; Ferreira, R.; Villar, J.; Gouveia, C. Characterization of TSO and DSO grid system services and TSO-DSO basic coordination mechanisms in the current decarbonization context. *Energies* 2021, 14, 4451.
5. Nelson, J.R.; Johnson, N.G. Model predictive control of microgrids for real-time ancillary service market participation. *Appl. Energy* 2020, 269, 114963.
6. Marneris, I.; Ntomaris, A.; Biskas, P.; Baslis, C.; Chatzigiannis, D.; Demoulias, C.; Oureilidis, K.; Bakirtzis, A. Optimal Participation of RES aggregators in energy and ancillary services markets. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2022, 59, 232–243.
7. Alizadeh, M.I.; Usman, M.; Capitanescu, F.; Madureira, A.G. A Novel TSO-DSO Ancillary Service Procurement Coordination Approach for Congestion Management.

- In Proceedings of the 2022 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Denver, CO, USA, 17–21 July 2022; pp. 1–5.
8. Sprooten, J.; Gunst, T.; Mestdag, C.; Bronckart, O. Power system restoration with high penetration level of renewable generation—New challenges and strategies. In Proceedings of the 2014 Saudi Arabia Smart Grid Conference (SASG), Jeddah, Saudi Arabia, 14–17 December 2014; pp. 1–8.
 9. Ahmed, M.; Aziz, T. An approach of incorporating harmonic mitigation units in an industrial distribution network with renewable penetration. *Energy Rep.* 2021, 7, 6273–6291.
 10. Demoulias, C.S.; Malamaki, K.-N.D.; Gkavanoudis, S.; Mauricio, J.M.; Kryonidis, G.C.; Oureilidis, K.O.; Kontis, E.O.; Martinez Ramos, J.L. Ancillary services offered by distributed renewable energy sources at the distribution grid level: An attempt at proper definition and quantification. *Appl. Sci.* 2020, 10, 7106.
 11. Jain, R.; Mahajan, V. Energy Management of Multi-Microgrids in Joint Energy and Ancillary Service Market Considering Uncertainties of Renewables. *J. Renew. Energy Environ.* 2023, 10, 95–107.
 12. Ding, Y.; Tan, Q.; Shan, Z.; Han, J.; Zhang, Y. A two-stage dispatching optimization strategy for hybrid renewable energy system with low-carbon and sustainability in ancillary service market. *Renew. Energy* 2023, 207, 647–659.
 13. Villanueva-Rosario, J.A.; Santos-García, F.; Aybar-Mejía, M.E.; Mendoza-Araya, P.; Molina-García, A. Coordinated ancillary services, market participation and communication of multi-microgrids: A review. *Appl. Energy* 2022, 308, 118332.
 14. Kumar, G.B.; Palanisamy, K. A review of energy storage participation for ancillary services in a microgrid environment. *Inventions* 2020, 5, 63.
 15. Gu, J.-C.; Lin, J.-L.; Yang, M.-T. Automatic Frequency Control Ancillary Service and Virtual Inertia from BESS in Microgrid. In Proceedings of the 2023 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), Nashville, TN, USA, 29 October–2 November 2023; pp. 1–6.
 16. Agupugo, C.P.; Kehinde, H.M.; Manuel, H.N.N. Optimization of microgrid operations using renewable energy sources. *Eng. Sci. Technol. J.* 2024, 5, 2379–2401.
 17. Fernández-Muñoz, D.; Pérez-Díaz, J.I.; Guisández, I.; Chazarra, M.; Fernández-Espina, A. Fast frequency control ancillary services: An international review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2020, 120, 109662.
 18. Rudion, K.; Orths, A.; Styczynski, Z.A.; Strunz, K. Design of benchmark of medium voltage distribution network for investigation of DG integration. In Proceedings of the 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montreal, QC, Canada, 18–22 June 2006; p. 6.
 19. Majzoobi, A.; Khodaei, A. Application of microgrids in providing ancillary services to the utility grid. *Energy* 2017, 123, 555–563.
 20. Zhang, M.; Li, W.; Yu, S.S.; Wang, H.; Ba, Y. Optimal day-ahead large-scale battery dispatch model for multi-regulation participation considering full timescale uncertainties. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2024, 189, 113963.
 21. Zhang, M.; Li, W.; Yu, S.S.; Wen, K.; Muyeen, S. Day-ahead optimization dispatch strategy for large-scale battery energy storage considering multiple regulation and prediction failures. *Energy* 2023, 270, 126945.

22. Kurundkar, K.M.; Vaidya, G.A. Stochastic Security-Constrained Economic Dispatch of Load-Following and Contingency Reserves Ancillary Service Using a Grid-Connected Microgrid during Uncertainty. *Energies* 2023, 16, 2607.
23. Wang, Y.; Li, G.; Zhou, B.; Ma, H.; Li, Z. Optimal Dispatch Strategy for Virtual Power Plants with Adjustable Capacity Assessment of High-Energy-Consuming Industrial Loads Participating in Ancillary Service Markets. *Sustainability* 2023, 15, 10479.
24. Lai, X.; Xie, Z.; Xu, D.; Ying, S.; Zeng, Y.; Jiang, C.; Wang, F.; Wen, F.; Palu, I. Operation Optimization of an Integrated Energy Service Provider with Ancillary Service Provision. *Energies* 2022, 15, 4376.
25. Alzahrani, A.; Sajjad, K.; Hafeez, G.; Murawwat, S.; Khan, S.; Khan, F.A. Real-time energy optimization and scheduling of buildings integrated with renewable microgrid. *Appl. Energy* 2023, 335, 120640.
26. Zhao, J.; He, Y.; Fang, Y.; Weng, Y.; Ma, W.; Xiao, S.; Liang, Y. Multi-source optimal dispatch considering ancillary service cost of pumped storage power station based on cooperative game. *Energy Rep.* 2021, 7, 173–186.
27. Brusco, G.; Menniti, D.; Pinnarelli, A.; Sorrentino, N. Renewable Energy Community with distributed storage optimization to provide energy sharing and additional ancillary services. *Sustain. Energy Grids Netw.* 2023, 36, 101173.
28. Ribó-Pérez, D.; Larrosa-López, L.; Pecondón-Tricas, D.; Alcázar-Ortega, M. A critical review of demand response products as resource for ancillary services: International experience and policy recommendations. *Energies* 2021, 14, 846.
29. Gulotta, F.; Daccò, E.; Bosisio, A.; Falabretti, D. Opening of ancillary service markets to distributed energy resources: A review. *Energies* 2023, 16, 2814.
30. Bahramara, S.; Sheikhamadi, P.; Mazza, A.; Chicco, G. Day-ahead self-scheduling from risk-averse microgrid operators to provide reserves and flexible ramping ancillary services. *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 2022, 142, 108381.
31. Rancilio, G.; Rossi, A.; Falabretti, D.; Galliani, A.; Merlo, M. Ancillary services markets in europe: Evolution and regulatory trade-offs. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2022, 154, 111850.

3. Initial Hypotheses

This research is based on the following initial hypotheses:

1. Increased RES penetration requires higher grid flexibility. The variability and uncertainty introduced by RES necessitate mechanisms to enhance grid flexibility.
2. MGs offer diverse flexibility resources. MGs can combine controllable RES, energy storage systems (ESS), and demand-side management to provide flexibility.
3. MGs can provide various AS upon request. Advanced control capabilities enable MGs to deliver AS such as frequency regulation, voltage support, and reserve power.
4. An optimization strategy is essential for MG operation. The diverse resources and unpredictable nature of MG components demand a robust optimization strategy for efficient operation.
5. MG modelling significantly influences optimization results. Accurate MG models are crucial for reliable and applicable optimization outcomes in real-world scenarios.

4. Research Methods

To achieve the aim of the research, the following research methods will be applied:

1. Background Research
 - Conduct a comprehensive literature review on RES and storage technologies for AS.
 - Examine advanced power electronics (e.g., grid-following and grid-forming inverters) for their role in enhancing grid flexibility.
2. Microgrid Modelling
 - Develop a detailed MG model incorporating RES, storage systems, and controllable loads.
 - Simulate various scenarios, including high-RES penetration and diverse demand patterns.
3. Optimization Procedures
 - Create an optimization framework based on evolutive algorithms and AI to balance multiple objectives, such as cost, reliability, and flexibility, for AS allocation.
4. Comparative Analysis
 - Evaluate different optimization strategies and MG models to identify the most effective approaches.
 - Refine the optimization strategy based on analysis to improve accuracy and reliability.

5. Expected Scientific Contributions

1. *Optimization Strategy Development*
 - Develop a novel optimization strategy tailored for MG operation, enhancing their ability to provide AS effectively. The developed strategy will be usable in real-time applications within MG control platforms.
2. *Creation of a Real-Time Testable MG Model*
 - Develop a detailed MG model suitable for real-time testing and validation of optimization strategies, bridging theoretical strategies with practical applications. The developed model will be prepared for real-time platforms in order to provide the ability to test different existing or new control procedures in real time.
3. *Advancement in Renewable Energy Integration*
 - Contribute to a more flexible and resilient power system by demonstrating the feasibility of AS provision through RES-based MGs. It is expected that optimally controlled MGs can provide significant flexibility to power systems, increasing the overall hosting capacity.

6. Research Plan

The research will be conducted in the following steps:

1. Literature Review

- Study advancements in AS, renewable energy MGs, and AI methods. The focus will be on the possibility of different microgrid assets, including RES, battery storage and controllable load to provide ancillary services. IN addition, Evolutive Algorithms and Artificial Neural Networks will be studied for the application in optimization strategy.

2. Test Case Selection

- Identify representative test cases with diverse MG configurations, including benchmark models like CIGRE and varied load profiles. It is critical to identify microgrids that comprise all different types of controllable assets to provide ancillary services. Using benchmark testbeds help in comparing the obtained results with previously conducted research.

3. Input Data Processing

- Collect and validate data on RES profiles, MG components, and operational parameters for all test cases and real-time scenarios. Having reliable and sufficient data is essential for testing optimization procedures, especially if ANN are involved.

4. Methodology Development

- Develop a methodology for optimal AS allocation within selected test cases. The methodology will rely on evolutive algorithms and artificial intelligence to provide timely control setpoints for all MG assets.

5. Optimization Execution

- Apply the developed methodology to perform the optimal AS allocation procedure. The methodology will be tested on previously selected benchmark testbeds.

6. Results Analysis and Conclusions

- Analyse results from test cases, evaluate technical and economic impacts, and propose guidelines for practical implementation of optimized MG operations.

Through these steps, the research will provide actionable insights and solutions for enhancing grid flexibility with RES-based MGs.

7. Conclusion and suggestion

The candidate successfully presented the methodology for developing the dissertation and the main scientific contributions. During the public oral defense of the doctoral dissertation topic, Assoc. Prof. Aleksandra Krstić posed a question regarding the application of genetic algorithms for optimization purposes, the testing of the model outside the Matlab software tool, and commented on the time demands of the model. Commission member, Assistant Prof. Miodrag Forcan, asked how the structure and complexity of the microgrid influence the choice of the optimal method and how the dissertation impacts ancillary services. Assoc. Prof. Mileta Žarković raised a question regarding active power losses in the power system and how ancillary services affect them. He also pointed out the possibility of creating a database of optimal data and applying artificial intelligence to it.

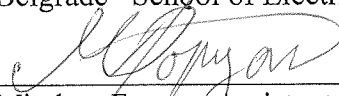
The candidate, **Amir Abed**, successfully answered the questions posed by the Commission members and satisfactorily discussed various topics from his dissertation.

Based on the complete documentation submitted for the purpose of applying for the doctoral dissertation topic and the assessment of the scientific basis of the dissertation topic by the candidate **Amir Abed**, the commission proposes that the doctoral dissertation topic titled "**Optimal Allocation of Ancillary Service Assets in Renewable Energy Microgrids for Enhanced Power System Flexibility**" be accepted. **PhD Goran Dobrić**, Associate Professor at the Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, is proposed as the mentor.

Committee members



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



PhD Miodrag Forcan, Assistant Professor
University of East Sarajevo – School of Electrical Engineering



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

MENTOR



PhD Goran Dobrić, Associate Professor
University of Belgrade –School of Electrical Engineering