

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 01.09.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Огњен Алексић под насловом „Онлајн естимација електричних параметара енергетског трансформатора у временском домену". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Огњен Алексић рођен је 05.07.2002. у Београду, где је завршио ОШ „Ратко Митровић“ и Девету гимназију „М. П. Алас“. Основне академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је 2021. године, а дипломирао 2025. године на Одсеку за енергетику са просечном оценом 9,98. Дипломски рад под називом „Заштита кондензаторских батерија“ под менторством проф. др Зорана Стојановића одбранио је 29.10.2025. са оценом 10. Током основних студија одрадио је стручну праксу у компанији Go2Power d.o.o. Мастер академске студије уписао је у новембру 2025. на модулу Електроенергетски системи, смер Постројења и опрема. Од априла 2026. запослен је као сарадник у настави на Катедри за електроенергетске системе.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Огњен Алексић је као припрему за израду мастер рада проучио научну и стручну литературу из области мониторинга и дијагностике енергетских трансформатора и естимације електричних параметара на основу мерених напона и струја.

Истраживање је обухватило анализу утицаја радног режима, грешака мерних трансформатора и виших хармоника на тачност естимације. Размотрен је проблем лоше условљености матрица за естимацију и могућност његовог ублажавања обједињавањем података из различитих радних режима.

Литература коришћена у оквиру истраживачког рада:

- [1] F. Vahidi, S. Tenbohlen, „Statistical Failure Analysis of European Substation Transformers“, у зборнику 6. ETG-Fachtagung Diagnostik elektrischer Betriebsmittel, Берлин, Немачка, рад P1.2, 2014.
- [2] I. Fofana, Y. Hadjadj, „Electrical-Based Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers“, Energies, vol. 9, бр. чланка 679, 2016.
- [3] J. Li, F. Tao, C. Wei, Y. Lu, P. Wu, M. Zhu, M. Yu, „A transformer winding deformation detection method based on the analysis of leakage inductance changes“, Archives of Electrical Engineering, vol. 64, бр. 2, стр. 333–346, 2015.
- [4] M. Youssef, E.-S. Abdelaziz, H. S. Mohamed, M. Attia, „Condition monitoring and fault diagnosis of power transformer based on non-invasive measurement“, Scientific Reports, vol. 15, бр. чланка 32123, 2025.
- [5] D. Domingo, A. B. Kareem, C. N. Okwuosa, P. M. Custodio, J.-W. Hur, „Transformer Core Fault Diagnosis via Current Signal Analysis with Pearson Correlation Feature Selection“, Electronics, vol. 13, бр. 5, бр. чланка 926, 2024.
- [6] H. Dirik, C. Gezegin, „Parameter Identification of Equivalent T-Circuit of Three Phase Transformers Using Real Time Measurements“, Journal of Engineering Research and Applied Science, vol. 11, бр. 2, стр. 2147–2155, 2022.
- [7] S. A. Soliman, R. A. Alammari, M. A. Mostafa, „On-line estimation of transformer model parameters“, у зборнику 2004 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering (LESCOPE), 2004.
- [8] E. S. Jin, L. L. Liu, Z. Q. Bo, A. Klimek, „Parameter identification of the transformer winding based on least-squares method“, у зборнику 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, стр. 1–6, 2008.
- [9] R. Krishan, A. K. Mishra, B. S. Rajpurohit, „Real-time parameter estimation of single-phase transformer“, у зборнику 2016 IEEE 7th Power India International Conference (PIICON), стр. 1–6, 2016.
- [10] З. Стојковић, М. Жарковић, Мониторинг и дијагностика разводног постројења, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, Београд, 2025.
- [11] М. Ђурић, В. Терзија, З. Радојевић, Ж. Ђуришић, З. Стојановић, С. Зубић, В. Бајић, Алгоритми за дигиталне релејне заштите, ЕТА, Београд, 2012.
- [12] М. Ђурић, З. Стојановић, Релејна заштита, Академска мисао, Београд, 2021.

3. Опис мастер рада

Мастер рад у достављеној верзији обухвата 44 странице, укључујући насловну страну, садржај и литературу, са 17 слика, 10 табела и 12 референци. Организован је у шест поглавља, од којих су прво увод, а последње закључак, и списак коришћене литературе.

У првом поглављу образложен је значај мониторинга и дијагностике енергетских трансформатора. Приказане су основне методе испитивања њиховог стања, повезаност промена електричних параметара са појединим врстама кварова и преглед релевантних истраживања. Дефинисани су предмет и циљ рада.

У другом поглављу изведена је математичка формулација алгоритма за двонамотајни и тронамотајни трансформатор. На основу напонских једначина заменске шеме формиран су системи за естимацију редних параметара и параметара гране магнећења. За тронамотајни трансформатор представљене су метода раздвојених контура, метода обједињених контура и симетрична метода.

Треће поглавље посвећено је симулацијама и испитивању алгоритма. Анализирани су различити радни режими, утицај грешке мерних трансформатора и присуство виших хармоника. Објашњен је поступак нумеричког одређивања извода сигнала. За тронамотајни трансформатор спроведена је Монте Карло анализа, размотрена условљеност система и извршено поређење метода. Приказане су и могућности естимације параметара по фазама.

У четвртном поглављу испитано је праћење промена параметара које представљају деформацију намотаја, међузавојни кратак спој и квар магнетског кола. Анализиране су естимирани вредности током развоја моделованих кварова и разлике процена међу фазама.

Пето поглавље приказује примену алгоритма на реалним мерењима. Описани су анализирани трансформатор, расположиви мерни сигнали и ограничења која произлазе из конфигурације мерног система и доступних радних режима. Приказани су резултати естимације индуктивности расипања, отпорности намотаја и параметара гране магнећења.

У шестом поглављу сумирани су резултати, издвојена ограничења предложеног поступка и наведени правци даљег истраживања.

4. Анализа са кључним резултатима

Кандидат је успешно развио и испитао алгоритам за естимацију електричних параметара двонамотајног и тронамотајног трансформатора на основу тренутних вредности напона и струја. Симулацијама у програмском пакету MATLAB/Simulink анализирана је тачност естимације при различитим радним режимима, грешкама мерења и присуству виших хармоника. Поређењем метода применом Монте Карло анализе показано је да метода обједињених контура у испитаним условима даје нешто тачније резултате од методе раздвојених контура, док је симетрична метода ограничена претпоставком о једнакости параметара грана.

Резултати показују да су индуктивности расипања мање осетљиве на разматране мерне грешке од отпорности намотаја. Утврђено је да употреба података из довољно различитих радних режима побољшава условљеност система и тачност естимације, док примена Фуријеовог филтра ублажава утицај виших хармоника. У симулацијама карактеристичних кварова алгоритам је успешно пратио промене одговарајућих параметара. Поређење процена међу фазама показало је могућност издвајања захваћене фазе, уз ограничење које представљају различите мерне грешке по фазама.

Алгоритам је примењен и на реалним мерењима трансформатора у погону у ТС Сип. Добијене су временски стабилне процене, уз различит степен слагања појединих параметара са референтним вредностима. Анализом резултата сагледане су могућности примене поступка у погону и његова ограничења, посебно у погледу естимације отпорности намотаја и разлика параметара гране магнећења међу фазама.

5. Закључак и предлог

Кандидат Огњен Алексић је у свом мастер раду успешно обрадио тему онлајн естимације електричних параметара енергетских трансформатора у временском домену. У оквиру рада развијен је алгоритам заснован на методи најмањих квадрата и испитан на моделима двонамотајног и тронамотајног трансформатора у програмском пакету MATLAB/Simulink. Анализирани су утицаји радних режима и мерних грешака на тачност естимације, као и могућност праћења промена параметара при карактеристичним кваровима. Алгоритам је примењен и на реалним мерењима трансформатора у погону. Приликом израде рада кандидат је показао самосталност и систематичност.

На основу изложеног, са задовољством предлажемо Комисији за студије II степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду да рад кандидата Огњена Алексића под насловом „Онлајн естимација електричних параметара енергетског трансформатора у временском домену“ прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 12.09.2026. године

Чланови комисије:

др Зоран Стојановић Редовни професор
сагласан, 12.09.2026.

др Милета Жарковић Ванредни професор
сагласан, 12.09.2026.