

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI

Одлуком 5079/12-3 од 19. јула 2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата SAFAA IBRAHIM ISMAEL ALMUSAWI под насловом "Евалуација преосталог радног века енергетског трансформатора високог напона у радним условима". После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора с кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Дипломирани инжењер SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI је по еквивалентирању петогодишњих студија на Електротехничком факултету у Београду, са звањем Мастер инжењера електротехнике и рачунарства, уписао докторске студије 2012. године на Енергетском одсеку Електротехничког факултета Универзитета у Београду, смер Енергетски претварачи и погони. Све превиђене испите положио је 2014. године и приступио изради докторске тезе. Од 2008. године па све до доласка у Србију 2012. године радио је на Al-RAFIDAIN University College у Багдаду као Researcher и Prof. Assistant.

Дипломирани инжењер SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI је 1. септембра 2016. године пријавио тему за израду докторске дисертације. Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање 6. септембра 2016. године. Кандидат је полагао докторски испит на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 3. маја 2017. године при чему је комисија била саставу:

1. др Миомир Костић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Бранко Колунџија, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
3. др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Технолошко-металуршки (члан комисије који није запослен на ЕТФ-у)

Наставно–научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације својом одлуком бр. 5079/12-2 од 22. марта 2017. године. Наставно–научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације одлуком бр. 5079/12-2 од 10. октобра 2017. године. Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације 61206-4294/2-17 од 30. октобра 2017. године.

Кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену 28. јуна 2018. године. Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно–научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације 4. јула 2018. године. Наставно–научно веће Факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације, одлука број 5079/12-3 од 19. јула 2018. године, у саставу: проф. др Зоран Лазаревић, ред. проф., Електротехнички факултет Универзитета у Београду (ментор), проф. др Зоран Радаковић, ред. проф., Електротехнички факултет Универзитета у Београду (ментор) и др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Технолошко–металуршки факултет.

По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области „Техничке науке – Електротехника“, ужој научној области „Електроенергетика – Електромоторни погони и енергетски претварачи“, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора дисертације одређен је др Зоран Лазаревић, ред. проф. Електротехничког факултета Универзитета у Београду, због истакнутих научних и стручних доприноса у области Електроенергетике, а посебно у ужој научној области Електромоторних погона и енергетских претварача.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Дипломирани инжењер SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI рођен је 12. новембра 1962. године у Вавилону, Ирак. Основну и средњу техничку школу је завршио у Вавилону, 1974. и 1981. године, редом. На Војној академији у Рајловцу дипломирао је 14. јануара 1985. године на смеру Електронска опрема и инструменти. У Београду је 1985. године уписао додатне двогодишње студије на ЕТФ за признавање петогодишњих студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Дипломирао је 14. јануара 1988. године. По еквивалентирању петогодишњих студија, са звањем Мастер инжењера електротехнике и рачунарства, уписао је докторске студије (студије трећег степена) 2012. године на Енергетском одсеку Електротехничког факултета Универзитета у Београду, смер Енергетски претварачи и погони. Све испите положио је 2014. године и приступио изради докторске тезе. Од 2008. године, па све до доласка у Србију 2012. године, радио је на Al-RAFIDAIN University College у Багдаду као Researcher и Prof. Assistant.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом "Евалуација преосталог радног века енергетског трансформатора високог напона у радним условима" написана је на српском језику,

латиничним писмом, на 96 куцаних страна, садржи 18 слика и 17 табела. Сама дисертација подељена је на осам поглавља и има један прилог, увод, закључак и списак литературе.

Поглавља у оквиру дисертације су: I) Уводна објашњења у вези с применом уља код енергетских трансформатора, II) Производња и хемијски састав уља која се користе код енергетских трансформатора, III) Карактеристике трансформаторских уља, IV) Синтетичка трансформаторска уља, V) Стандардизација у области трансформаторских уља, VI) Нова трансформаторска уља, VII) Трансформаторска уља из погона, VIII) Мешање трансформаторских уља, IX) Термички прорачун, X) Резултати експеримента, Закључак и литература.

У списку коришћене литературе налази се 49 референци које детаљно приказују стање у области производње, употребе и испитивања из области уља код енергетских трансформатора.

2.2. Кратак приказ по поглављима

У првом уводном поглављу су дата иницијална разматрања о примени уља код енергетских трансформатора, објашњени мотиви вазани за сам рад и описани основни проблеми и правци у којима ће се спровести истраживање. У другом поглављу је описана проблематика производње и хемијски састав уља која се могу користити код енергетских трансформатора. Треће поглавље приказује техничке карактеристике изолационих уља док су у четвртном поглављу дају информације о синтетичким уљима и њиховим карактеристикама. У петом поглављу су сумирају информације у вези са стандардизацијом у области трансформаторских уља, док се у шестом и седмом поглављу разматрају и пореде параметри уља из погона и нових трансформаторских уља. На овај начин се прави увод у проблематику тестирања и дијагностике стања изолационих уља енергетских трансформатора. Промена параметара уља настала услед мешања се обрађује у осмом поглављу. Кључни проблем промене параметара уља и деградације изолационих карактеристика папирне изолације потиче услед загревања. Због могуће разлике у температурама између најтоплије тачке намотаја и температуре на изводима, на којима је могуће узорковати изолацију, у поглављу девет су изложени термички модели код који се разматра једнодимензионална промена топлотног флукса. Резултати спроведеног експеримента су дати у десетом поглављу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет истраживања ове докторске дисертације је проблем процене преосталог радног века енергетског трансформатора највиших напона и снага који се експлоатишу у реалним радним условима. Циљ истраживања је да се сагледају могућности процене стања изолације на бази хемијских анализа уља, при чему се као референтно стање изолације утврђује на основу резултата мерења степена полимеризације на папирним узорцима који се узимају са крајева намотаја нижег напона и веза на сабирнице испитиваног трансформатора.

Добра процена преосталог радног века трансформатора јако зависи од његове дефиниције. Иако Радна група CIGRE 12.09 препознаје технички, стратешки и економски крај радног века, трансформатори се ретко замењују због разлога који нису технички, чак и у високо развијеним земљама. Углавном се замена врши у случају када су изолационе особине његовог уљно – папирног система значајно ослабиле. Процес старења се развија у три истовремена режима, узрокованих температуром и присуством следећих агенаса: пиролизе, хидролизе и оксидације. Пиролиза преовлађује на температурама изнад 110 – 120°C, због њене потребе за енергијом активације, која је 1,2 до 1,4 пута већа од оне за хидролизу, која

преовлађује на нижим температурама. Реакција са водом се дешава углавном дејством киселина, које се добијају преко оксидације уља, која садржи потребан атом водоника. Унутар овог сложеног система интеракције, дешава се раздвајање ланца влакана целулозе молекула глукозе, које има за последицу издвајање CO, CO₂, воде, и стварање поларизованих група нестабилног анхидрида. Фуранске киселине су слабо растворљиве у минералним уљима, што обично има за последицу њихово сакупљање на спољашњој површини папира. Главни део деривата фурана се концентрише на папиру, али део њих продира у уље, што је посебно случај са фурфур-алдехидима. Хидроксилне групе, присутне у целулози, оксидишу, стварајући воду, CO и CO₂. Присуство раствореног кисеоника и високи садржај воде такође значајно утиче на стварање оксида угљеника и деривате фурана.

За трансформаторе у раду је од највећег значаја да се зна стање његовог система изолације, што је непосредно повезано са његовим преосталим радним веком. За надзор стања трансформатора, развијене су следеће методе: гасна – DGA и течна - HPLC хроматографија уља; што се тиче чврсте изолације, мерење индекса полимеризације DP је најважније испитивање, али су од недавно јављају још неке нове методе, као што је: мерење струја поларизације и деполаризације PDC, фото - електронска спектроскопија у домену X - зрачења XPS или суб - инфрацрвеном домену NIR, FTIR и друге.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је детаљно претражио и упознао се са одговарајућом литературом. У дисертацији је прецизно наведено укупно 49 библиографских референци за литературу која је у вези са темом дисертације. Обзиром да су готово све референце новијег датума, може се закључити да је тематика овог рада изузетно актуелна. Међу наведеном литературом у овим областима налазе се релевантне референце – од основних идеја до најновијих резултата публикованих у међународним часописима и у зборницима радова са конференција.

На основу увида у тезу и анализу наведене и коришћене литературе, стиче се утисак да су оригинални научни доприноси до којих је кандидат дошао стављени у коректан контекст.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У дисертацији су коришћене актуелне инжењерске и научне методе за развој нове методе за процену преосталог радног века енергетских трансформатора највиших напона и снага, засноване на релевантној литератури.

Методологија примењена приликом израде ове докторске дисертације може да се сумира кроз следећи низ активности:

- систематско проучавање доступне иностране и домаће литературе из области старења изолације и утврђивања старости изолације,
- методе прикупљања, обраде и анализе већ постојећих метода за мерење преосталог радног века изолације енергетских трансформатора највећих снага,
- критичка анализа проблема и формирање основних циљева и задатака које нови алгоритам мора да испуни на основу недостатака већ постојећих решења,
- предлог оригиналне методе које не захтева сложене алгоритме,
- тестирање предложеног алгоритма,
- испитивање карактеристика новопредложене методе према интернационалним стандардима и препорукама, и
- анализа добијених резултата и њихово поређење са параметрима и карактеристикама конвенционалних метода.

3.4. Применљивост остварених резултата

Значај спроведених истраживања датих овом дисертацијом је двојак. С теоретског аспекта, детаљно је проучена веза између конвенционалних метода и поступака за утврђивање старости изолације односно процене преосталог радног века енергетских трансформатора највиших напона и снага са поступком који је предложен у раду. С практичног аспекта, рад има велики значај јер су дате препоруке за периодично праћење стања изолације код старијих трансформатора имајући на уму да старију трансформатори, који су већ дуже у раду, старе брже него нови трансформатори под истим условима рада и оптерећењима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане докторске дисертације кандидата комисија процењује да је кандидат SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI у потпуности способан за самостални научно-истраживачки рад. Кандидат је током свог целокупног досадашњег рада показао све суштинске особине за самосталан научно-истраживачки рад, као што су: аналитичко претраживање стручне литературе, разумевање и примена теоретских и практичних концепата, дефинисање научних проблема, систематичан приступ решавању постављених задатака, способност развоја модела и њихова практична имплементација, као и вештине анализе и обраде добијених резултата истраживања.

Начин на који је написана дисертација уз научне доприносе који су у њој представљени, показују научну зрелост и способност приказивања резултата на јасан и концизан начин. Резултате својих истраживања кандидат је објавио у часопису од међународног значаја.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У докторској дисертацији под називом "Евалуација преосталог радног века енергетског трансформатора високог напона у радним условима" остварени су следећи научни резултати:

- извршена је критичка анализа и утврђена идентификација проблема старења изолације код енергетских трансформатора,
- развијена је практична метода за узорковање папирне изолације на генераторском блок трансформатора највећих снага и највишег напона, у току његовог ремонта и на узетим узорцима примењена методологија за одређивање DP,
- извршена је анализа старења папирне изолације добијене на основу DP методе и постојеће неинвазивне 2FAL методе и историјата оптерећивања због корелације ових метода у циљу поузданије процене животног века енергетских трансформатора,
- на основу анализе резултата мерења дате су препоруке за периодично праћење DP и 2FAL код старијих енергетских трансформатора како би се пратио преостали животно век, имајући у виду да брзине старења нових и старих трансформатора нису исте,
- урађена је верификација предложеног алгоиритма на реланом енергетском трансформатору,
- упоређени су и критички анализирани добијени резултати испитивања са конвенционалним методама које су дефинисани прописима из ове области, и
- предложени су правци развоја будућих истраживања и унапређења у домену примене добијених резултата.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених хипотеза, циљева истраживања и остварених резултата, констатујемо да је кандидат успешно решио постављени задатак. Систематичан и детаљан приказ предложене методе, темељна анализа резултата и услова примене овог алгоритама, као и верификација примене и поређење с постојећим решењима представљају значајан научни допринос у области изучавања старења изолационих материјала код енергетских трансформатора највиших снага и највиших напона, што је потврђено објављивањем резултата истраживања у часопису од међународног значаја.

Објективан недостатак предложене методе се огледа у недостатку резултата испитивања већег броја трансформатора. Овај недостатак не представља значајан лимитирајући фактор, јер се резултати истраживања у највећој мери слажу са најновијим истраживањима других аутора.

Увидом у постављене хипотезе, реализоване одлуке и добијене резултате, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на питања која су од значаја за решење постављеног проблема.

Увидом у публиковани рад и резултате докторске дисертације, констатујемо да су у докторској дисертацији приказани нови, савремени и оригинални резултати.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат је први аутор једног рада у врхунском међународном часопису (M22)

M22:

- I Al-Musawi Safaa Ismail, Lazarević M. Zoran, Radosavljević R. Radovan, Bajramović M. Zijad, Osmokrović V. Predrag, The Oil-paper Insulation Reliability Estimation of 420 kV Transformer Concerning Thermal Stresses During Exploitation Conditions, Thermal Science, Vol. 93, No.5, 2017, pp. 1713-1723.

DOI:10.2298/TSCI150409003A

ISSN: 0354-9836, IF: 1.433

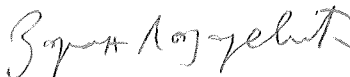
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI под насловом **"Евалуација преосталог радног века енергетског трансформатора високог напона у радним условима"**, представља оригиналан, савремен и значајан научни допринос. Текст дисертације је написан јасно, концизно и разумљиво, и добро је организован кроз поглавља, одељке и прилоге. Циљеви дисертације су јасно формулисани и мотивисани, а резултати истраживања систематски изложени, тако да се научни доприноси могу недвосмислено утврдити. У спроведеним истраживањима предложен је поступак за побољшање формуле за процену интензитета старења изолације из стандарда, коришћењем података добијених мерењем на блок трансформатору велике снаге, као и података из литературе. Извршено је успостављање везе између степена деполимеризације и временске промене параметара који се прате кроз остале дијагностичке методе хемијске анализе. Предложен је и термички модел који омогућава одређивање односа температуре најтоплије тачке и температуре шинских веза на којима је извршено узорковање папирне изолације. Објављивањем резултата својих истраживања у часопису од међународног значаја, кандидат је показао способност за самосталан научно-истраживачки рад, а доприноси истраживања добили су адекватну потврду.

Комисија констатује да докторска дисертација кандидата садржи оригиналне научне доприносе, испуњава све законске, суштинске и формалне услове, као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом **"Евалуација преосталог радног века енергетског трансформатора високог напона у радним условима"** кандидата SAFAA IBRAHIM ISMAEL AL-MUSAWI, дипл.инж. електро-технике, прихвати, изложи на увид јавности, упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, и кандидату одобри усмена јавна одбрана.

У Београду,
27. децембара 2018.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Зоран Лазаревић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Радаковић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ђорђе Јанаковић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Технолошко-металуршки