

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Ђорђа Дуканца за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5047/16-1 од 25.02.2019 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Мр Ђорђа Дуканца за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Примена УХФ давача за надзирање и одређивање места парцијалних пражњења у енергетским трансформаторима“**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Ђорђе Дуканац је рођен 31. маја 1974. године у Београду, после завршене природно-математичке гимназије и две године студија на Физичком факултету на одсеку примењене физике уписује Електротехнички факултет у Београду (одсек енергетика), 1995. године.

Електротехнички факултет завршава 12.10.2005. са просечном оценом 8,37, а дипломски рад са оценом 10, на тему „Уређај за мерење малих отпора“, у оквиру кога је израђен уређај за мерење малих отпорности за Електротехнички институт „Никола Тесла“.

После завршених дипломских студија на Електротехничком факултету, школске 2005/2006. године уписује магистарске студије на истом факултету, на смеру енергетски претварачи и погони, и 13.3.2006. се запошљава у Јавном предузећу „Електро mreжа Србије“, у Погону подручја преносног система „Београд“, где се бавио одржавањем постојеће и уградњом нове електричне опреме и инсталација.

Положио је све испите предвиђене планом и програмом магистарских студија са највишом оценом (10): 1) Прорачун и испитивање електричних машина, 2) Загревање и заштита електричних машина, 3) Високонапонска опрема, 4) Надгледање стања електричних машина у погону, 5) Микропроцесорско управљање електромоторним погонима, 6) Микропроцесорско управљање енергетским претварачима, 7) Немачки језик (положио, за овај предмет се не даје квантитативна оцена). Магистарску тезу под називом: „Одржавање и процена стања изолационог система намотаја статора код великих синхроних турбогенератора“ одбранио је 14.4.2016.

Докторске студије је уписао у новембру 2016. године, директно на трећу годину студија, по правилима који су важили за студенте са дипломом магистра наука.

Тренутно је запослен као самостални инжењер Контролног тела у Акционарском друштву „Електромрежа Србије“ у организационој јединици Управљање и тржиште.

Има положен стручни испит за одговорног извођача радова електроенергетских инсталација високог и средњег напона - разводна постројења и пренос електричне енергије.

Говори енглески и служи се немачким језиком.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

До сада је објавио 6 научних радова, од тога један рад у часопису категорије M22, један рад на међународној конференцији (категирија M33) и 4 рада на домаћим конференцијама (категирија M63). Кандидат је на свим радовима првотписани аутор. Сви радови, осим једног рада на домаћој конференцији се односе на тему докторске дисертације.

I Рад у међународном часопису са SCI листе

1. D. Dukanac, "Application of UHF Method for Partial Discharge Source Location in Power Transformers," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Volume: 25, Issue: 6, pp. 2266-2278, Dec. 2018, DOI: 10.1109/TDEI.2018.006996, ISSN: 1070-9878. Electronic ISSN: 1558-4135 (IF=1.774).

II Радови саопштени на међународним конференцијама

1. Ђ. Дуканац, „Примена УХФ давача за одређивање места парцијалних пражњења у енергетском трансформатору“, *Зборник радова са међународне конференције „Energy and Ecology Industry“*, Београд, стр. 214-221, 10-13. октобар 2018., ISBN: 978-86-7466-751-4 (AM).

III Радови саопштени на домаћим конференцијама

1. Ђ. Дуканац, „Одређивање разлика у временима пристизања сигнала до 4 УХФ давача и места парцијалних пражњења у енергетском трансформатору“, *Зборник радова са 3. међународног симпозијума „Инвестиције и нове технологије у енергетици и рударству“*, Врњачка Бања, стр. 72-79, 17-19. септембар 2018., ISBN: 978-86-80464-13-8.
2. Ђ. Дуканац, „Примена давача сигнала ултра високе учестаности за надзирање парцијалних пражњења и проналажење неисправног места у изолацији енергетског трансформатора“, *Зборник радова са 2. међународног симпозијума „Инвестиције и нове технологије у енергетици и рударству“*, Борско језеро, стр. 145-153, 18-19. септембар 2017., ISBN: 978-86-80464-07-7.
3. Ђ. Дуканац, „Надгледање и одређивање места парцијалних пражњења у трансформаторима методом испитивања помоћу давача сигнала ултра високих учестаности“, *Зборник радова са 33. саветовања CIGRE Србија*, Златибор, 5-8. јун 2017., Реферат R A2-02, стр. 169-179, ISBN: 978-86-82317-81-4.
4. Ђ. Дуканац, „Начини за постизање великих снага турбогенератора унапређењем конструкције непосредно хлађених штапова статора расхладним флуидом“, *Зборник*

Кандидат је **успешно положио докторски испит 7.3.2019.** на Електротехничком факултету у Београду, пред Комисијом у саставу:

- др Зоран Радаковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет – председник,
- др Ненад Карталивић, научни сарадник, електротехнички институт Никола Тесла – члан, и
- др Златан Стојковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет – члан.

На сва постављена питања кандидат је у највећој мери успешно одговорио.

По завршеном докторском испиту, Комисија се повукла на већање и једногласно закључила да је на одбрани предложене теме докторске дисертације кандидат добио оцену „задовољно“.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Ђорђе Дуканац је магистар електротехничких наука – област енергетски претварачи и погони. Тема докторске дисертације под насловом „Примена УХФ давача за надзирање и одређивање места парцијалних пражњења у енергетским трансформаторима“ припада области надзора над трансформатором, у циљу правовремене детекције погоршања стања изолационог система и спровођења одговарајућих мера.

Кандидат је успешно завршио основне и магистарске студије на Електротехничком факултету у Београду, на студијским програмима који одговарају области теме докторске дисертације. Тема магистарске тезе, која се односи на изолациони систем великих синхроних генератора, такође је сродна са темом предложене докторске дисертације. Кандидат је у једном периоду своје професионалне каријере радио на пословима одржавања постојеће и уградњом нове електричне опреме и инсталација, у Јавном предузећу „Електромрежа Србије“, у Погону подручја преносног система „Београд“.

Кандидат има положен стручни испит из електроенергетике, област електроенергетских инсталација високог и средњег напона - разводна постројења и пренос електричне енергије.

Након одбрањене магистарске тезе кандидат је наставио да се бави облашћу изолационих система, мењајући тежиште са великих обртних синхроних машина на високонапонске енергетске трансформаторе.

Из области која је тема предложене докторске дисертације кандидат је објавио пет научних и стручних радова, од тога један у часопису категорије M22 и четири на конференцијама, све као једини аутор.

Претходно описан научно-истраживачки рад и образовање кандидата представљају потврду његовог стручног знања, искуства, склоности и квалификованости за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања је надзирање и одређивање места парцијалних пражњења у високонапонским енергетским трансформаторима применом УХФ давача. Енергетски трансформатори представљају кључну компоненту у савременим системима преноса и дистрибуције електричне енергије. Трансформатори представљају комплексне уређаје, у којима се јављају високи напони и релативно велики губици, као последица великих струја, магнетних поља, као и вредности магнетне индукције у гвозденом језгру [1]. Због тога, упркос веома дугој инжењерској традицији производње и експлоатације трансформатора, могу се појавити бројни технички проблеми у раду трансформатора [2]. Савремени трендови смањења трошкова доводе до истраживања и примене нових материјала и побољшаних прорачунских метода. Због комплексности појава, реално је да се тек у дужој експлоатационој пракси испоље слабости и проблеми који се нису могли уочити током испитивања карактеристика нових материјала у поступку пројектовања и конструкције [3-4].

Следећа важна чињеница је да је трансформатор веома скуп уређај. Ово поготову важи за велике јединице, за које је често карактеристично да постоји дуг период производње – време од тренутка уговарања до испоруке се мере месецима, а за трансформаторе највећих снага (неколико стотина MVA) може бити две године. У вези са тим, од суштинског значаја и огромног практичног интереса је праћење стања трансформатора у погону и детекција погоршања његових карактеристика у што ранијој фази [5-7]. На тај начин се евентуално могу предузети мере за отклањање проблема или, при озбиљнијим проблемима, ремонт трансформатора, на терену или у фабрици, односно набавка новог трансформатора. У пракси енергетских трансформатора, правац снажног развоја се догодио у системима за праћење стања трансформатора, у последње време пре свега кроз *on-line* мониторинг системе, којима се континуално прати стање трансформатора, без потребе за његовим искључењем и без потребе ангажовања техничких лица која би вршила припремне радње и вршила мерења на трансформатору [8-11].

Претходно наведено даје снажан практичан значај предложеној теми докторске дисертације. Конкретно, тема дисертације је праћење стања изолационог система енергетских уљних трансформатора. Прецизније, теза се бави праћењем парцијалних пражњења.

Предмет истраживања је употреба УХФ методе за надзирање и одређивање места парцијалних пражњења у изолационом систему енергетског трансформатора, односно њене предности и мане у односу на друге методе које се примењују у пракси (електричне методама испитивања на нижим учестаностима [12] и методе испитивања помоћу давача сигнала акустичне учестаности [13]). Циљ истраживања је унапређење конкретних елемената у примени технике детекције и локализације места парцијалних пражњења засноване на примени УХФ давача.

2.1. Релевантни библиографски извори са резултатима на које се надовезују истраживања предвиђена у предложеној дисертацији

[1] I. A. Metwally, "Failures, Monitoring and New Trends of Power Transformers," IEEE Potentials, vol. 30, no. 3, pp. 36-43, 2011.

[2] E. Abbasi, O. P. Malik, "Failure rate estimation of power transformers using inspection data," Int. Conf. Probabilistic Methods Applied to Power Systems, 2016.

- [3] V. Sokolov, V. Mayakov, G. Kuchinsky, A. Golubev, "On-Site Partial Discharge Measurements on Power Transformers," 67 th Annu. Int. Conf. Doble Clients, 2000.
- [4] CIGRE Working Group D1.29, "Partial discharges in transformers," Electra N°291, CIGRE Technical Brochure 676, pp. 33-37, 2017.
- [5] S. Tenbohlen, M. Beltle, M. Siegel, "PD Monitoring of Power Transformers by UHF Sensors," International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM), pp. 303-306, Toyohashi, Japan, 2017.
- [6] M. D. Judd, L. Yang, I. B. B. Hunter, "Partial Discharge Monitoring for Power Transformers Using UHF Sensors Part 2: Field Experience," IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 21, No. 3, pp. 5-13, 2005.
- [7] M. D. Judd, L. Yang, I. B. B. Hunter, "Partial discharge monitoring of power transformers using UHF sensors. Part I: Sensors and signal interpretation," IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 21, No. 2, pp. 5-14, 2005.
- [8] M. Siegel, M. Beltle, S. Tenbohlen, S. Coenen, "Application of UHF Sensors for PD Measurement at Power Transformers," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 24, No. 1, pp. 331-339, 2017.
- [9] S. Goo, H. Ju, K. Park, K. Han, J. Yoon, "Ultra-high frequency spectral characteristics of partial discharge in insulation oil," IEEE Int. Conf. Condition Monitoring and Diagnosis (ICCMD), pp. 64-67, 2008.
- [10] G. P. Cleary, M. D. Judd, "UHF and current pulse measurements of partial discharge activity in mineral oil," IEE Proceedings - Science, Measurement and Technology, vol. 153, no. 2, pp. 47-54, 2006.
- [11] S. Coenen, "Measurement of Partial Discharges in Power Transformers Using Electromagnetic Signals," University of Stuttgart, Germany, pp. 70-73, 2012.
- [12] CIGRE Working Group D1.37, "Guidelines for partial discharge detection using conventional (IEC 60270) and unconventional methods," Electra N°288, CIGRE Technical Brochure 662, pp. 25-29, 2016.
- [13] S. Hoek, U. Ranninger, "Acoustic localization of partial discharge in power transformers," Transformers Magazine, vol. 2, no. 4, pp. 88-95, 2015.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе су проистекле из проучавања литературе, техничких решења у области надзора и праћења стања енергетских уљних трансформатора, праксе у овој области и истраживања која је кандидат спровео у периоду пре пријаве теме докторске дисертације.

X₁: Метода надгледања и одређивања места извора парцијалних пражњења помоћу давача УХФ сигнала у енергетским трансформаторима има предности у односу на друге методе.

X₂: Прикупљени подаци о парцијалним пражњењима добијени експерименталним путем помоћу давача УХФ сигнала на енергетском трансформатору могу да укажу на постојање и могућу врсту парцијалних пражњења у електричној изолацији енергетског трансформатора.

X₃: Антене давача сигнала ултра високе учестаности могу да буду различитих радних особина, облика и начина монтаже.

X₄: Метода испитивања помоћу давача сигнала ултра високе учестаности је мање осетљива на спољне сметње у поређењу са електричним методама испитивања на нижим учестаностима или у односу на методу испитивања помоћу давача сигнала акустичне учестаности.

X₅: Могућности за баждарење мерења парцијалних пражњења помоћу давача сигнала ултра високих учестаности су ограничене.

X₆: Надзирање парцијалних пражњења методом примене давача сигнала ултра високих учестаности је корисно како би се предупредио квар трансформатора.

X₇: Разлике у временима приспећа сигнала до појединих давача у односу на референтни давач, при одређивању места извора парцијалних пражњења, могу да се нађу методом одређивања прве вршне вредности сигнала изнад одређене вредности прага уз претходно уклањање шума из сигнала.

X₈: Распоред четири давача сигнала при одређивању места парцијалних пражњења не треба да буде узајамно симетричан.

4. Научне методе истраживања

За успешну реализацију циљева истраживања и доказивање хипотеза постављених у докторској дисертацији, користиће се основне и посебне методе логичког расуђивања и научног сазнања.

Од основних метода научног истраживања користиће се:

- експериментална метода – мерења сигнала парцијалних пражњења на трансформатору у погону, коришћењем најмање два давача УХФ сигнала, као и утврђивање места квара у процесу откривања квара, након отварања трансформатора ради његове поправке.
- метода анализе – обрада сигнала са давача УХФ сигнала и анализа, и
- метода синтезе алгорита за локализацију места парцијалних пражњења у трансформатору.

Поред наведених основних метода истраживања, користиће се и посебне методе:

- метода компаративне анализе – поређење алгоритама и метода које ће развити кандидат са постојећим, и
- верификација резултата нових алгоритама и метода, реализованих у МАТЛАБ програму, са резултатима експеримената на трансформатору у погону.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси су:

1. Биће образложена препорука у којим ситуацијама има предности и када треба примењивати методу базирану на примени давача УХФ, као алтернативу другим методама за надгледање парцијалних пражњења које се примењују у пракси.
2. Анализираће се утицај конструкционих делова трансформатора на простирање таласа који се генерише на месту парцијалних пражњења, а долази до антена, које представљају места прикупљања сигнала који се процесира. Кроз стриктну теоријску и нумеричку анализу ће се доказати да су могућа евентуална занемарења која би довела до поједностављења структуре коју је потребно анализирати. Анализа ће се спровести за стандардну конструкцију магнетног кола, намотаја, изолационог система и суда енергетског трансформатора велике снаге.
3. Биће развијен програм у МАТЛАБ-у којим се одређује геометријски скуп тачака којим се описује очекивани положај извора парцијалних пражњења у суду

трансформатора, у случајевима два, три и четири давача сигнала ултра високе учестаности. При томе ће се користити модел до кога се долази тачки 2. очекиваних доприноса.

4. Биће развијен програм у МАТЛАБ-у којим се, на основу претпостављених математичких модела сигнала на месту сваког од четири претпостављена УХФ давача који се најчешће јављају у стварности, одређују разлике у временима преноса сигнала одговарајућом методом између сваког од три давача сигнала ултра високе учестаности у односу на четврти угледни давач и налази место извора парцијалних пражњења.
5. Биће анализиране грешке при одређивању места извора парцијалних пражњења услед несавршености методе одређивања разлика у временима пристизања сигнала и ограничене резолуције узимања узорака сигнала помоћу осцилоскопа и због утицаја шума.
6. Развиће се метода за одређивање прве вршне вредности сигнала изнад задатог прага. Метода ће бити примењена на сигнал са стварне антене, на једном трансформатору на коме постоји мерења помоћу УХФ давача у дужем временском периоду, у коме постоји осетно повећање нивоа парцијалних пражњења. Метода ће се упоредити са другим познатим методама које се могу применити за одређивање прве вршне вредности сигнала.
7. Биће дат експериментални доказ метода наведених у доприносима 3., 5. и 6, коришћењем мерења на трансформатору са два или више сензора.

6. План истраживања и структура рада

6.1. План истраживања

План истраживања, који одређује ток израде предложене докторске дисертације, садржи следеће активности:

- Проучавање релевантне литературе о карактеристикама сигнала парцијалних пражњења, њиховог простирања кроз трансформатор, мерни шум и обраду сигнала на антени,
- Проучавање релевантних стандарда којима се дефинишу граничне вредности парцијалних пражњења,
- Развој методе за одређивање прве вршне вредности сигнала изнад задатог прага, за реални сигнал са антене, и
- Развој методе за локализацију места настанка парцијалног пражњења унутар суда трансформатора, уважавајући реалну конструкцију, односно све активне делове трансформатора (језгро, намотаји, изолациони систем, суд, уље), коришћењем најмање два УХФ давача.

Развој модела, како оног за обраду сигнала у циљу извлачења прве вршне вредности у сигналу, тако и за локализацију места парцијалног пражњења унутар суда, ће садржати компоненте:

1. Теоријско објашњење и доказ научне заснованости, уз поређење са постојећим методама, и
2. Тест на реалним сигнаlima, коришћењем мерења која ће се спровести у оквиру докторске дисертације или резултата мерења из других извора (са неког од мерних система у Србији или иностранству).

Као крајњи резултат верификације модела упоредиће се локација добијена применом развијене методе, уз уважавање претходно процењене грешке методе, са локацијом која је

установљена у процесу откривања квара, након отварања трансформатора ради његове поправке. Ово подразумева анализу случаја да је због величине парцијалних пражњења, праћених са најмање два УХФ давача, донета одлука да се изврши отварање и поправак трансформатора.

6.2. Структура рада

1. Уводни део

- Преглед литературе која садржи публиковане резултате из предметне области (изолациони систем трансформатора, појам и карактеристике парцијалних пражњења, нивои парцијалних пражњења и границе на основу којих се врши квантификација стања изолације, таласни облици сигнала, антене за пријем сигнала, процесирање сигнала, процена локације парцијалних пражњења на основу више пријемних антена);
- Значај и сложеност предмета истраживања
- Преглед и анализа досадашњих истраживања
- Методе истраживања
- Циљеви истраживања
- Хипотезе истраживања

2. Анализа сигнала на УХФ давачима:

- Типични таласни облици сигнала и мерни шум
- Технике обраде сигнала
- Предлог нове методе, уз поређење (предности и мане) у односу на постојеће
- Примена методе на синтетичке сигнале
- Примена методе на реалне сигнале са пријемних антена
- Закључак

3. Развој једноставне методе за одређивање геометријског скупа тачака очекиваног положаја извора парцијалних пражњења у суду трансформатора, са једним и више давача сигнала:

- Опис примењеног упрошћења
- Опис примењене методе
- Реализација примењене методе у МАТЛАБ програму
- Резултати примене методе
- Закључак

4. Анализа утицаја реалне конструкције на простирање УХФ таласа од места генерисања до пријемних антена:

- Опис конструкције трансформатора
- Опис математичког модела простирања таласа кроз комплексну конструкцију активног дела трансформатора
- Могућа упрошћења (садржи теоријско разматрање и нумеричку квантификацију – нумерички пример биће дат за једну типичну конструкцију трансформатора)
- Закључак

5. Опис коначног модела који ће бити формиран евентуалним проширењем модела из поглавља 3. уважавајући резултате анализе приказане у поглављу 4.

6. Процена грешке настале услед приближности мерења, обраде сигнала и модела простирања УХФ таласа.

7. Експериментална провера предложених метода обраде сигнала и одређивање локације парцијалних пражњења (базирана на мерењима на трансформатору са два или више УХФ сензора, за случај да је због величине парцијалних пражњења донета одлука да се изврши отварање и поправак трансформатора).

8. Закључак

- Преглед и анализа доприноса
- Правци даљег истраживања

7. Литература

- Списак коришћене литературе

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија констатује да магистар, дипл. инжењер електротехнике, Ђорђе Дуканац испуњава све формалне и суштинске услове да може приступити изради докторске дисертације под насловом „Примена УХФ давача за надзирање и одређивање места парцијалних пражњења у енергетским трансформаторима“.

Предложена тема је научно заснована и припада ужој научној области Енергетски претвараачи и погони. Резултати до којих би кандидат требало да дође значајно би допринели унапређењу надзора над изолационим системом високонапонских енергетских трансформатора током њихове експлоатације и правовременим одлукама о интервенцијама на трансформатору како би се спречио пробој изолације и све тешке последице до којих он доводи.

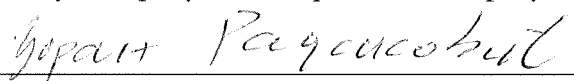
Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да магистру Ђорђу Дуканцу одобри израду докторске дисертације под менторским руководством др Зорана Лазаревића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

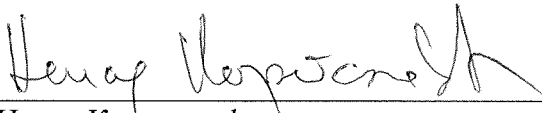
Имајући у обзир мултидисциплинарност теме докторске дисертације, Комисија предлаже да у Комисији за преглед и оцену урађене докторске дисертације буду по један члан Катедре за сигнале и системе и један наставник из области микроталасне технике.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Београд, 25.04.2019. год.


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


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


др Ненад Карталовић, научни сарадник
Електротехнички институт Никола Тесла


др Златан Стојковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет