

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

107/3

(Број захтева)

22.02.2016.године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

РАДОМИРА (БРАНИСЛАВ) ТОДОРОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **РАДОМИР (БРАНИСЛАВ) ТОДОРОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ПРЕДИКЦИЈА КАРАКТЕРИСТИКА ДИЕЛЕКТРИКЕ ВАКУУМСКИХ ПРЕКИДАЧА НА ОСНОВУ ИСПИТИВАЊА ПРЕТПРОБОЈНИХ ФЕНОМЕНА

Универзитет је дана 06.07.2015.. год. својим актом под бр. 61206-2695/2-15 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ПРЕДИКЦИЈА КАРАКТЕРИСТИКА ДИЕЛЕКТРИКЕ ВАКУУМСКИХ ПРЕКИДАЧА НА ОСНОВУ ИСПИТИВАЊА ПРЕТПРОБОЈНИХ ФЕНОМЕНА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **РАДОМИРА (БРАНИСЛАВ) ТОДОРОВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 26.11.2015. године, одлуком факултета под бр. 645/7, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Добрила Шкатарић	Ред. проф.	Електротехника	Машински факултет Београд
2. Др Зоран Трифковић	Ред. проф.	Техничка физика	Машински факултет Београд
3. Др Александра Васић- - Миловановић	Ред. проф.	Техничка физика	Машински факултет Београд
4. Др Томислав Стојић	Ванр. проф.	Електротехника	Машински факултет Београд
5. Др Предраг Осмокровић	Ред. проф.	Техничка физика	Државни универзитет у Новом Пазару

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 21.01.2016. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Радивоје Митровић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 107/2
Датум: 21.01.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Службени гласник РС“ број 44/2010) и члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и реферата Комисије у саставу: др Добрила Шкатарић, ред.проф., ментор, др Зоран Трифковић, ред.проф., ментор, др Александра Васић-Миловановић, ред.проф., др Томислав Стојић, ванр. проф. и др Предраг Осмокровић, ред.проф., Државни универзитет у Новом Пазару, о оцени докторске дисертације „Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“ докторанда мр Радомира Тодоровића, дипл. инж. електротехнике, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 21.01.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПРЕДИКЦИЈА КАРАКТЕРИСТИКА ДИЕЛЕКТРИКЕ ВАКУУМСКИХ ПРЕКИДАЧА НА ОСНОВУ ИСПИТИВАЊА ПРЕТПРОБОЈНИХ ФЕНОМЕНА“** докторанда мр **РАДОМИРА ТОДОРОВИЋА**, дипл. инж. електротехнике.

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

ПРЕДМЕТ: Реферат о завршеној докторској дисертацији мр Радомира Тодоровића, дипломираног инжењера електротехнике

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 645/7 од 26.11.2015. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Радомира Тодоровића, дипломираног инжењера електротехнике

„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Радомир Тодоровић, дипломирани инжењер електротехнике поднео је захтев за пријаву теме докторске дисертације 7.4.2015. године, под бројем 645/1, Катедри за физику и електротехнику Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Добрила Шкатарић, а за коментора, због специфичности области проф. др Зорана Трифковића.. На основу сагласности Катедре за физику и електротехнику бр.645/2 од 21.04.2015. године. Одлуком бр. 645/3 од 30.4.2015 Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду формирало је комисију за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу проф. др Добрила Шкатарић (ментор), проф. др Зоран Трифковић (коментор) и проф. др Предраг Осмокровић, Државни универзитет у Новом Пазару.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 25.05.2015. године поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду реферат бр. 645/4 о испуњености услова за израду докторске дисертације, као и о научној заснованости теме. Комисија у извештају предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом ***“Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“*** наводећи да кандидат испуњава законске и друге услове за рад на

докторској дисертацији, као и да је предложена тема адекватна да буде предмет докторске дисертације. Одлуком Наставно-научног већа бр. 645/5 од 28.05.2015. год. прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације под називом: **„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“** кандидата мр Радомира Тодоровића, а за ментора дисертације именована је проф. др Добрилу Шкатарић и коментор проф.др Зоран Трифковић. На основу Захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације, упућеног од стране Машинског факултета у Београду, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, донело је Одлуку број 61206-2695/2-15 од 06.07.2015. године којом је дало сагласност на предложену тему докторске дисертације и именovalo ментора и коментора.

О завршетку докторске дисертације кандидата мр Радомира Тодоровића, под називом: **„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“** и предлогу Комисије за оцену и одбрану, ментор проф. др Добрила Шкатарић обавестила је Катедру за физику и електротехнику, а Катедра дописом бр. 645/6 од 17.11.2015. год. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Добрила Шкатарић (ментор), проф. др Зоран Трифковић (коментор), проф. др Александра Васић-Миловановић, ван. проф. др Томислав Стојић и проф. др Предраг Осмокровић, Државни универзитет у Новом Пазару.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 26.11.2015. године донело одлуку бр. 645/7 којом је усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом **„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“** припада области техничких наука, ужој научној области Техничка физика, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Радомир Тодоровић рођен је 06.08.1970. године у Косовској Митровици. Прву београдску гимназију “Моше Пијаде” завршио је 1989. године, а 1990. године, уписао је Електротехнички факултет Универзитета у Београду. На Електротехничком факултету дипломирао је у мају 1997. године на Енергетском одсеку, смер, Електроенергетски системи и мреже, са средњом оценом 7,09 и оценом на дипломском испиту 10.

Школске 1997/1998 године уписао је и похађао постдипломске студије на Електротехничком факултету у Београду-смер Електроенергетска постројења и опрема. Магистрирао је 17.7.2000. године са магистарским радом на тему “Слабљење тонфреквентног сигнала при његовом проласку кроз електроенергетску мрежу”, област електроенергетска постројења. Стручни испит из електротехнике положио је јуна 2000. године.

Од фебруара 1998. године запослен је у ” Електродистрибуцији Београд” као инжењер енергетичар у Служби за МТК при Диспечерском центру Београда, затим од марта 2003. године шеф службе за МТК, и од новембра 2009. године руководиоца Погона Сопот у оквиру Приградске дирекције ЕДБ.

Поседује и три лиценце: 2003. године - одговорни пројектант електроенергетских инсталација ниског и средњег напона, 2006. године – одговорни извођач радова електроенергетских инсталација ниског и средњег напона и извођача електричних инсталација, и 2010. године – одговорни пројектант телекомуникационих мрежа и система.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Радомира Тодоровића, под насловом **„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“** феномена“ је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику на 124 нумерисане стране и 4 уводне стране. Дисертација садржи увод, седам нумерисаних поглавља и Прилог као последњу, ненумерисану целину. Дисертација садржи следеће делове:.

Предговор

Резиме

Садржај

Увод

1. Особине диелектричних материјала

2. Вакуумски прекидачи

3. Одабране теоријске функције расподеле

4. Експеримент, експериментални поступак и обрада експерименталних резултата

5. Резултати и дискусија

6. Закључак

7. Литература

Биографија

Прилог (укупно 3 прилога)

Биографија аутора

Текст дисертације је илустрован са 69 слика, садржи 3 табеле и 36 једначина. У попису коришћене литературе кандидат је навео 92 референце.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У делу *Увод* је представљен проблем који се жели решити. Дате су карактеристике теоријског и техничког вакуума и његова примена као диелектрика у електротехници. Дефинисан је појам диелектрике коју чини диелектрик и систем електрода, као и механизам

електричног пробоја вакуумске диелектрике. Као најчешћи пример употребе вакуумске диелектрике навое се вакуумски комутациони апарати и прибори, посебно високонапонски вакуумски прекидачи, који ће даље и бити предмет истраживања у тези. Даље се прецизирају истраживања која ће се спровести у тези у циљу испитивања могућности предвиђања вредности пробојног напона међуконтактнoг растојања мерењем емисионе струје између размакнутих контаката, уз узимање у обзир претходне склопне операције и материјала контаката као параметара.

У првом поглављу, *Особине диелектричних материјала*, дате су теоријске основе електричног пражњења у гасовима и вакууму; пробој гасова, елементари процеси електричног пражњења у гасовима, Пашенов закон и аномални Пашенов ефекат; динамика електричног пробоја гаса и пробој вакуума. Разматрања су праћена адекватним прегледом литературе у овој области.

У другом поглављу *Вакуумски прекидачи* кандидат обрађује примену вакуума у израде комутационе опреме. Дају се основни типови прекидача у употреби и наводе се предности и проблеми на које се наилази у примени вакуумских прекидача. Дат је кратак и веома поучан историјат примене вакуума од 1920. до комерцијалне примене шездесетих година прошлог века. Такође је наведена стандардизација која је у овој области важећа. У овом поглављу је обрађен и утицај склопних операција на карактеристике вакуумских прекидача, у смислу микроскопских промена топографије површине контаката, које се одражавају на диелектричну чврстоћу међуконтактнoг размака. Према начину на који мењају топографију, разматране су склопне операције које доводе до заваривања и раскидања заварених контаката и склопне операције код којих постоји дејство исклопног електричног лука, тј. код прекидања снаге.

Наслов трећег поглавља је *Одабране теоријске функције расподеле*. Одређивање релација корелације и регресије омогућава квантификовање између статистичких узорака случајних променљивих претпробојна струја и пробојни напон. У овом поглављу, дате су основе корелације и регресије, оцена коефицијента корелације и оцена регресионих правих. Укратко су описани поступци U теста и F теста потребних за тестирање веродостојности експериментално одређених статистичких узорака.

Четврто поглавље *Експеримент, експериментални поступак и обрада експерименталних резултата* представља веома значајан део докторске дисертације. Вршена су два експеримента, први је био усмерен на испитивање механизма пробоја вакуума, при чему је посебна пажња била посвећена прелазима између различитих механизма пробоја у граничним областима. Експериментални поступак је тако конципиран да је давао репродуктивне и поуздане резултате. Дат је опис апаратуре и поступак одређивања Брагове криве, описан је детаљно сам поступак, а затим су адекватно обрађени резултати. Затим је извршено мерење пробојног напона: описан је, кроз кораке који су реализовани, сам експериментални поступак и обрађени су резултати мерења. Други експеримент је био усмерен на испитивање утицаја врсте претходно извршених склопних опoерација вакуумских склопних елемената на пробојни напон и претпробојне струје, односно на испитивање корелације и регресије између њих. За овај експеримент дефинисани су испитни вакуумски склопни елементи, подешавање растојања контаката, дат је опис погона прекидача, изоловање склопних комора од спољашњих прескока, дефинисани високонапонски извори (импулсног, наизменичног и једносмерног напона), електронски уређај за аутоматско искључење испитног трафоа, затим извор велике струје и мерни уређаји за мерење високог

напона, мерење напона и струје електричног лука, мерење емисионе струје, као и регистровање мерних сигнала. Како је приликом диелектричних испитивања међуелектродног размака у вакууму долазило до X зрачења, дате су и предузете мере заштите. Приказане су шеме испитних кругова и детаљно, уз помоћ дијаграма дат је експериментални поступак. Као и за први експеримент, и за овај је извршена обрада резултата мерења.

У следећем, Петом поглављу *Резултати и дискусија* дата је детаљна анализа резултата добијених у првом и другом експерименту, појединачно, као и дискусију истих. Резултати и дискусија првог експеримента приказани су у виду функција зависности и расподела, а затим се детаљно дискутују добијени резултати и одређују механизми пробоја по подобластима (укупно четири подобласти). Резултати и дискусија за Експеримент II су подељени у два дела: У првом делу су разматрани резултати добијени одређивањем статистичког узорка по сто случајних променљивих наизменични и импулсни пробојни напон након вршења само једне од посматраних склопних операција, односно у току првог дела експеримента посматрани су пробојни напони вакуумских склопних елемената са кондиционираним контактима и контактима након склопних операција. У раду је експериментално показано да овај приступ, иако коришћен у неким радовима, има недостатак да тако добијени статистички узорак није репрезентативан, пошто сваки претходни пробој утиче на следећи. Из тог разлога, у другом делу експеримента дат је другојачији приступ проблему и мерења су вршена појединачно након сваке од посматраних операција. На тај начин су добијени реалнији статистички узорци унутар којих претходне случајне величине не утичу на касније. Мотив за ова два дела експеримента је да се јасније, на истим узорцима види разлика између резултата. Резултати су систематично, јасно и прегледно приказани, као и закључци изведени из експеримената. Релације корелације и регресије искоришћене су и у овом случају.

У Шестом поглављу, *Закључку* сумирани су добијени резултати и дате препоруке за њихову примену и инжењерску праксу. Отворена је могућност да код употребе вакуумских прекидача као елемената „паметне мреже“ вештачка интелигенција на основу расположивих експлоатационих података донесе одлуку о потреби замене. На тај начин се може оптимизирати употреба вакуумских прекидача и минимизирати опасност од нежељених међуконтактних пробоја у стању расклопа. Дати су и даљи могући правци рада у овој области

Седмо поглавље је приказ *Литературе*, укупно 92 референце.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација **„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“** кандидата мр Радомира Тодоровића представља савремен и оригиналан приступ и допринос у проучавању вакуумских прекидача са аспекта испитивања и анализе претпробојних феномена диелектрике. Најзначајнији део ове тезе је изузетан експериментални део, у коме се циљано спроводе истраживања, компликована и захтевна у погледу коришћене апаратуре и великог броја понављања, затим се адекватним математичким апаратом резултати обрађују и користе на два начина: изводе се самостални закључци, врше се поређења са резултатима добијеним у

другим радовима и дају се на основу резултата закључци који упућују на врсте механизма пробоја у претходно дефинисаним областима. Дисертација се може оценити веома успешном, узевши у обзир да су дискусију и добијене резултате у тези пратили зрели научни и инжењерски закључци, великим делом засновани на богатој инжењерској пракси коју кандидат има

У дисертацији су коришћен савремени приступи у експерименталном и математичком делу.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Међу укупно 92 цитиране публикације налази се 59 научних радова објављених у реномираним међународним часописима, а 17 референци је млађе од 10 година. Коришћена литература обухвата: домаће и међународне научне часописе, међународне патенте, уџбенике, међународне техничке приручнике, као и домаће и међународне конференције. Кандидат је детаљно проучио литературне изворе који су му послужили као полазна основа за формирање прегледа тренутног стања у вези са постојећим истраживањима у области на коју се дисертација односи. На тај начин кандидат је дао критички осврт на најважније резултате релевантних аутора и приказ постојећег стања у области којој припадају проблеми решени у докторској дисертацији. При томе, коришћена литература представља избор савремене и актуелне литературе која осим прегледа постигнутих резултата указује на могуће правце даљег научног рада у подручју испитивања механизма пробоја диелектрике вакуумских прекидача.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Примењене методе у овом раду одговарају методологији истраживања из области предикције карактеристика вакуумских прекидача на основу експерименталних испитивања и математичког моделовања претпробојних феномена. Изабране методе, како експерименталне тако и оне које су коришћене за анализу обраду експерименталних резултата су адекватне за проблематику истраживања и правилно су коришћене у и при извођењу релевантних закључака. Током истраживања примењене су теоретске и експерименталне статистичко-нумеричке методе.

Примењене методе и поступци су: експериментални поступак мерења dc и ac импулсног пробојног напона, експериментални поступак мерења малих, претпробојних, струја, изражавање мерне несигурности тип А, тип В и комбиновани тип за све експерименталне поступке, статистичке методе анализе микроскопских феномена електричног пражњења у гасовима и вакууму и теоретске методе тумачења ефекта склопних операција са и без прекидања струје.

3.4 Применљивост остварених резултата

Резултати остварени у докторату омогућавају да се, у будућој употреби вакуумских прекидача као елемената паметних мрежа, на основу праћена експлоатационих параметара

историје појединачног прекидача одреди потреба његове замене. На тај начин ће бити могуће оптимизирати употребу вакуумских прекидача и минимизирати опасност од нежељених међуконтактних пробоја у стању расклопа, а самим тим постигнути временску и економску рационализацију читаве мреже.

Да би то било могуће потребно је наставити испитивања релације корелације и регресије између вредности предпробојних параметара и одговарајуће вредности пробојних напона. Као прво потребно је извршити слична испитивања, као што су она приказана у овом раду, са прекидачима са аксијалним пољем и упоредити их са предходно приказаних резултатима, а онда наставити са испитивањима тога типа на осталим вакуумским компонентама у електроенергетском систему.

Овај докторат има изузетну примењивост у пракси.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама. Поседује широко стручно и теоријско знање потребно за даљи научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација *„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“* је настала као плод вишегодишњег истраживачког рада кандидата. Научни допринос може се сумирати у следећем:

- Прелаз из Таусендовог механизма пробоја (који је основни механизам пробоја у Пашеновом минимуму и у тачкама непосредно уз минимум да десне стране) у аномални Пашенов механизам пробоја одвија у једној релативно широкој области вредности притиска и међуелектродног растојања са леве стране од минимума.
- При већим вредностима притисака и међуелектродног растојања, доминира гасни Таусендов механизам пробоја, а при мањим вредностима доминира гасни аномални Пашенов механизам пробоја.
- Прелаз из гасног аномалног Пашеновог механизма пробоја у вакуумски механизам лавинског типа, такође, одвија у једној релативно широкој области вредности притисака и међуелектродног растојања.
- При вишим вредностима притисака и међуелектродног растојања доминира гасни аномални Пашенов механизам пробоја, а при мањим вредностима вакуумски лавински механизам пробоја.
- Потврђено је постојање лавинског механизма пробоја вакуума за који тек, од недавно, постоје назнаке експерименталне потврде теоретске хипотезе.
- Применом позиционирања Браговог механизма α -зрачења, потврђена права природа аномалног Пашеновог механизма пробоја као врсте ивичног пражењења дужом, енергетски повољнијом путањом.

- Могуће је одредити вредност пробојног напона међуконтактнoг растојања са $\pm 8\%$ мерне несигурности мерењем предпробојног параметра V_{-4} у случају да се пробој вакуума иницира емисионим механизмом.
- Вредност наизменичног и импулсног пробојног напона може бити одређена са комбинованом мерном несигурности од $\pm 20\%$ мерењем предпробојног параметра V_{-5} у случају да се пробој вакуума иницира емисионим механизмом.
- Није могуће одредити вредност наизменичног и импулсног пробојног напона вакуума мерењем предпробојног параметра V_{-6} .
- Вредност наизменичног и импулсног пробојног напона не може се одредити мерењем предпробојних параметара у случају да у механизму иницирања вакуумског пробоја учествује и механизам микроделића.
- Контактни материјал и његов састав утичу на корелацију између пробојних напона и предпробојних параметара.

Експериментално добијени резултати су дискутовани са аспекта теоретских основа посматраних феномена. Током дискусије добијених резултата успостављене су макроскопских веза између вредности предпробојних феномена и одговарајућих вредности пробојних напона. Тако успостављени макроскопски ефекти тумачени су на микроскопском нивоу елементарним процесима везаним за механизам иницијације и механизам пробоја међуконтактнoг растојања прекидача са отвореним контактима. Експериментални резултати кандидата поређени су са резултатима других аутора.

У току истраживања доказане су основне хипотезе: електрични пробој вакуума се иницира увођењем једне, или обе, електроде у термичку учестаност, а развија се и самоодржава у испареном материјалу електрода; постоји више механизма електричног пробоја вакуума и на њих пресудно утичу како топографија електродних површина тако и материјал од којих су израђене; склопне операције вакуумских склопних елемената утичу на стање површина контаката, а тиме и на вредност пробојног напона међуконтактнoг простора у стању отворених контаката; није могуће експериментално одредити случајну променљиву електрични пробој међуконтактнoг растојања уз врсту склопне операције као параметар, пошто свака склопна операција доводи до иреверзибилних промена вакуумске диелектрике; зависно од механизма пробоја вакуума могуће је, мерењем претпробојне струје, поуздано одредити одговарајућу вредност пробојног напона; одређивање релација корелације и регресије омогућава квантификовање између статистичких узорака случајних променљивих претпробојна струја и пробојни напон; тип претходне склопне операције утиче на механизам пробоја вакуума међуконтактнoг растојања;

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из научне области дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

4.3 Верификација научних доприноса

Доприноси докторске дисертације су верификовани кроз следеће радове које је кандидат објавио у међународним и домаћим часописима а који су резултат истраживања у оквиру дисертације:

Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

У свом досадашњем раду мр Радомир Тодоровић, дипл. инг. електротехнике је објавио следеће радове:

Категорија M22

1. **R. Todorović**, M.Vujisić, D.Kovačević, K. Stanković, P.Osmokrović "Boundary area between gas and vacuum breakdown mechanism" Vacuum journal, volume 86, issue 12, 20 July 2012, pages 1800-1809, ISSN:0042-207X, IF:1.86.
2. **R. Todorović**, D. Škatarić, Z. Bajramović, K. Stanković, „Correlation and regression between the breakdown voltage and pre-breakdown parameters of vacuum switching elements“, Vacuum, Vol. 123, pp. 111-120, 2016, ISSN:0042-207X, IF:1.85.

Категорија M33

3. **R. Todorović**, Z. Bajramović, K. Stanković, U. Kovacević, R. Marić, "Irreversible Changes of Vacuum Circuit Breakers' Dielectric Strength as a Result of Current Breaking Operation", 2015 IEEE Pulsed Power Conference and Symposium on Fusion Engineering, 31 May – 4 June 2015, Austin, USA (accepted for publication).

Категорија M52

4. **R. Todorović**, D. Ivković "Optimalno prostiranje TF signala u distributivnoj mreži jedan od uslova pouzdanosti sistema MTK" Elektrodistribucija broj.2, septembar 2000.god.
5. **R. Todorović** "Slabljenje tonfrekventnog signala pri njegovom prolasku kroz elektroenergetsku mrežu" „Elektrodistribucija“ broj 3, decembar 2003.god.

Категорија M63

6. **R. Todorović**, D. Ivković „Rasprostiranje tonfrekventnog signala u prenosnoj i distributivnoj mreži na području Elektrodistribucije-Beograd“ 25 savetovanje JUKO CIGRE, Herceg Novi, 16-20 septembar 2001.god.
7. **R. Todorović**, D. Ivković, Z. Mečanin "WT kanali – prenosni medijum u tehnici mrežne tonfrekventne komande" 11 Simpozijum – upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Herceg Novi, 21-24 maj 2002.god.
8. V. Živanović, **R. Todorović**, M. Milošević "Uticaj baterija za kompenzaciju reaktivne snage u TS 10/0.4kV na prostiranje MTK signala u niskonaponskoj mreži Elektrodistribucije Beograd" 26 savetovanje JUKO CIGRE, Banja Vrućica, 25-30 maj 2003.god.

9. **R. Todorović** i Z. Mečanin "Program za opsluživanje FQD predajnika" 12 Simpozijum – upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, Bečići, 19-21 maj 2004.god.
10. S. Đekić, **R. Todorović**, B. Simić, S. Marković, Z. Rajović, "Primena Pašenovog zakona za predikciju ponašanja sistema izolovanih gasom izloženih impulsnom probojnom naponu", 31. savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor 26.05.-30.05.2013, Zbornik radova R D1-02, ISBN 978-86-82317-73-9.
11. **R. Todorović**, B. Simić, Z. Rajović, D. Kovačević, K. Stanković, "Mehanizmi proboja u prelaznoj oblasti između gasa i vakuuma", 31. savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor 26.05.-30.05.2013, Zbornik radova R D1-04, ISBN 978-86-82317-73-9.
12. **R. Todorović**, Z. Bajramović, S. Aleksandrović, M. Jurošević, P. Osmokrović, "Korelacija između pretprobojnih i probojnih fenomena kod vakuumskih prekidača u funkciji destrukcije izolacionog sistema izazvane sklopnim operacijama", 32. savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor 17.05.-21.05.2015, Zbornik radova R D1-03.

Категорија M64

13. D. Vukotić, Obradović, **R. Todorović** "Eksploataciona iskustva u primeni inteligentnih linijskih prekidača u okviru srednjenaponske elektrodistributivne mreže PD Elektrodistribucija Beograd" CIRED SRBIJA 2014, Vrnjačka banja, 22-26.09.2014.god

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „**Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена**“ кандидата мр Радомира Тодоровића, Комисија за оцену и одбрану констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна у стручној и научној јавности, констатује се да је кандидат Радомир Тодоровић, магистар електротехничких наука, успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошао до оригиналних резултата из области испитивања претпробојних феномена диелектрике вакуумских прекидача, користећи при том расположиву литературу и бројне пажљиво осмишљене и спроведене експерименте. Резултати истраживања су систематизовано обрађени коришћењем одговарајућих статистичких метода и изведени су вредни закључци како у погледу објашњавања теоријске основе механизма пробоја, тако и у погледу практичне примене добијених резултата. Научна и стручна јавност је упозната са резултатима истраживања у периоду 2005.-2016. године публикавањем два рада у истакнутом међународном часопису категорије M22, једног рада на међународној конференцији и бројним саопштењима на домаћим конференцијама и стручним скуповима.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области техничких наука, ужа научна област Техничка физика, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Радомиру Тодоровићу, одобри одбрану докторске дисертације под називом **„Предикција карактеристика диелектрике вакуумских прекидача на основу испитивања претпробојних феномена“** када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

У Београду, 14. 01.2016. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Добрила Шкатарић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Зоран Трифковић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Александра Васић-Миловановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Томислав Стојић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Предраг Осмокровић, редовни професор
Државни универзитет у Новом Пазару

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:107/3
Датум: 21.01.2016. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Службени гласник РС“ број 44/2010) и члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године), Наставно-научно веће на седници одржаној 21.01.2016. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПРЕДИКЦИЈА КАРАКТЕРИСТИКА ДИЕЛЕКТРИКЕ ВАКУУМСКИХ ПРЕКИДАЧА НА ОСНОВУ ИСПИТИВАЊА ПРЕТПРОБОЈНИХ ФЕНОМЕНА“** докторанда мр **РАДОМИРА ТОДОРОВИЋА**, дипл. инж. електротехнике

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својим Одлуком број 61206-2695/2-15, од 06.07.2015. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. **R. Todorović**, M.Vujisić, D.Kovačević, K. Stanković, P.Osmokrović *”Boundary area between gas and vacuum breakdown mechanism“* Vacuum journal, volume 86, issue 12, 20 July 2012, pages 1800-1809, ISSN:0042-207X, IF:1.86.
2. **R. Todorović**, D. Škatarić, Z. Bajramović, K. Stanković, *„Correlation and regression between the breakdown voltage and pre-breakdown parameters of vacuum switching elements“*, Vacuum, Vol. 123, pp. 111-120, 2016, ISSN:0042-207X, IF:1.85.

Одлуку доставити: докторанду, ментору, Катедри за физику и електротехнику и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић