

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Датум и орган који је именовао комисију Решењем бр. 012-199/41-2016 од 22. 12. 2016. године, на основу Одлуке Научно-наставног већа, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука, проф. др Раде Дорословачки, именовао је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације 2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: 1. др Платон Совиљ, ванредни професор, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 13. 09.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад 2. др Драган Денић, редовни професор, ужа област Метрологија и мерна техника, изабран у звање: 21.04.2011. године, Електронски факултет, Ниш 3. др Драган Пејић, доцент, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 07.10.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад 4. др Борис Антић, доцент, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 01.01.2014. године, Факултет техничких наука, Нови Сад 5. др Зоран Митровић, редовни професор, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 11.03.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
1. Име, име једног родитеља, презиме: Урош, Драган, Ковачевић 2. Датум рођења, општина, држава: 07.10.1988, Београд, Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив : Електротехнички факултет, Београд, Енергетика, Дипломирани инжењер - мастер електротехнике и рачунарства 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2012. година, Електротехника и рачунарство. 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: нема 6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: нема

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Изражавање мерне несигурности капацитивних разделника напона са концентрисаним параметрима у области високих фреквенција

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Научни приказ истраживања за реализацију постављених циљева дисертације кандидат је презентовао на 154 страна, кроз 10 (десет) поглавља. Дисертација садржи 98 слика, 4 табела и списак литературе са 122 референци.

Докторска дисертација под насловом „Изражавање мерне несигурности капацитивних разделника напона са концентрисаним параметрима у области високих фреквенција“ се састоји из следећих поглавља:

1. Увод
2. Изражавање мерне несигурности
3. Керг-ов електро-оптички ефекат у течним диелектрицима
4. Модел експерименталног мерења веома брзих прелазних напона помоћу симулације Керг-овог електро-оптичког ефекта
5. Разделници напона
6. Изражавање мерне несигурности разделника напона Монте Карло методом
7. Конструктивна решења капацитивног разделника напона за мерење ултра брзих напона
8. Изражавање мерне несигурности мерења брзих импулсних напона капацитивним разделником
9. Закључак
10. Литература

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У дисертацији је приказано теоријско, нумеричко и експериментално истраживање у циљу изражавања мерне несигурности капацитивних разделника напона са концентрисаним параметрима у области високих фреквенција. Циљ истраживања докторске дисертације је пројектовање разделника напона оптималних карактеристика и изражавање његове мерне несигурности.

У првом поглављу су дата уводна разматрања, дефинисани предмет, проблем и циљ истраживања.

У другом поглављу је дат преглед основних појмова мерне несигурности. Описани су начини изражавања мерне несигурности и дати су најважнији обрасци коришћени у ту сврху.

У трећем поглављу су дате физичке основе Керовог електрооптичког ефекта и указано је на могућности коришћења Керовог електрооптичког ефекта за мерење импулсних напона у пикосекундној области. Поред тога је дат преглед до сада постигнутих резултата у тој области.

У четвртом поглављу је приказан оригинално изведен модел математичко-нумеричке симулације мерења одзива Керовог ефекта у течним диелектрицима. Резултати добијени математичко-нумеричким поступком су упоређени са одговарајућим, експериментално добијеним резултатима и добијено је задовољавајуће слагање. На овај начин је доказано да математичко-нумеричка метода омогућава добијање добрих одзива на импулсне напоне у пикосекундној области на основу чега је, оправдано, закључено да иста или слична математичко-нумеричка метода може да да задовољавајуће одзиве и у наносекундној области. Тиме је показано да математичко-нумерички одређен импулсни одзив може да послужи за верификацију импулсног одзива у оним областима фреквенција у којима то није експериментално могуће.

У петом поглављу је дат принцип функционисања разделника напона са концентрисаним параметрима на високом напону. Указано је на претходно постигнуте резултате у конструкцији разделника напона за мерење брзих импулсних напона (тј. импулсних напона у области високих фреквенција). У истом поглављу је дат и солидан преглед литературе везане за посматрану проблематику.

У шестом поглављу су приказани оригинални резултати добијени изражавањем мерне несигурности капацитивних разделника напона услед промене капацитивности високонапонске и нисконапонске гране одређене Монте Карло поступком. При томе треба напоменути да је Монте Карло симулација вршена за капацитивне разделнике напона који су коришћени и конструисани у оквиру ове дисертације и који су детаљно приказани у седмом поглављу.

У седмом поглављу су приказана конструктивна решења капацитивних разделника напона коришћених у овој дисертацији. Приликом конструкције капацитивних разделника напона се пошло од претпоставке да високонапонски кондензатор треба да буде гасни кондензатор, пошто се на тај начин избегавају ефекти електростатичког и електродинамичког напрезања који би увели додатну мерну несигурност. За нисконапонски кондензатор је постављен услов фреквенцијске усклађености са високонапонским кондензатором и минималне паразитне индуктивности. У ту сврху су коришћена четири типа нисконапонског кондензатора: тип 1 – гасни пример кондензатора са дискретним завршним отпором отпорности $50\ \Omega$; тип 2 – паралелна симетрична веза више дискретних лискунских кондензатора са дискретним завршним отпором отпорности $50\ \Omega$ (симетрична паралелна веза је коришћена пошто она повећава капацитивност и у истом износу смањује паразитну индуктивност, а лискун је коришћен због његове приближно константне фреквенцијске зависности); тип 3 – плочасти кондензатор са лискунским диелектриком и дискретним завршним отпором отпорности $50\ \Omega$; тип 4 – калота-калота кондензатор са лискунским диелектриком и таласоводним завршним отпором отпорности $50\ \Omega$.

У осмом поглављу су приказани резултати снимања импулсног одзива конструисаних напонских разделника на импулсне напоне у милисекундној, микросекундној и наносекундној области. Снимања су вршена двоструко-експоненцијалним импулсним напоном и правоугаоним напоном. Добијени резултати су верификовани применом комерцијалних математичко-нумеричких симулација, а такође су одређени и релевантни параметри одзива разделника напона на степенаста напон. На основу ових резултата установљено је да најбољи одзив у области високих фреквенција има разделник напона са нисконапонским кондензатором типа 4. Потом је одређена мерна несигурност тип А и мерна несигурност тип Б за тај разделник напона. Приликом одређивања мерне несигурности тип Б коришћене су сложене еквивалентне шеме капацитивног разделника напона које су узимале у обзир све паразитне појаве. На основу тако одређених мерних несигурности тип А и тип Б у зависности од фреквенције и претходно одређене мерне несигурности услед варијације вредности кондензатора (која је добијена Монте Карло методом и описана у поглављу 6) установљено је да је комбинована мерна несигурност оптимално конструисаног разделника напона реда величине 1%.

У деветом поглављу је дат општи закључак којим су резимирани добијени резултати и дата је визија даљих испитивања унутар ове области.

У десетом поглављу је наведена литература која је коришћена у оквиру ове дисертације. Коришћена литература је савремена и правилно одабрана према захтевима теме која је разматрана.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Рад у часопису међународног значаја (M22):

U. Kovačević, I. Milovanović, M. Vujisić, K. Stanković, Predrag Osmokrović, Verification of a VFT Measuring Method Based on the Kerr Electro-Optic Effect, *IEEE Trans on Dielectrics and Electrical Insulation*, 2014, Vol. 21, No. 3, pp. 1133-1142. [ISSN 1070-9878], [IF₂₀₁₃: 1.228].

Kovačević, A. Kovačević, K. Stanković, **U. Kovačević**, The Combined Method for Uncertainty Evaluation in Electromagnetic Radiation Measurements, *Nuclear technology and radiation protection*, (2014), vol. 29, No.4, pp. 279-284, [ISSN 1451-3994] [IF₂₀₁₂: 1.000].

A. Kovačević, D. Despotović, Z. Rajović, K. Stanković, A. Kovačević, **U. Kovačević**, Uncertainty Evaluation of the Conducted Emission Measurements, *Nuclear technology and radiation protection*, (2013), vol. 28, No. 2, pp. 182-190, [ISSN 1451-3994] [IF₂₀₁₂: 1.000].

Рад у научном часопису (M33):

U. Kovačević, Z. Bajramović, B. Jovanović, D. Lazarević, S. Đekić, The Construction of Capacitive Voltage Divider for Measuring Ultrafast Pulse Voltage, *IEEE Pulsed Power & SOFE Conference PPC&SOFE*, USA 2015, Texas, Austin, 31.05-4.06.2015.

U. Kovačević, D. Brajović, K. Stanković, P. Osmokrović, Measurement Uncertainty of Fast Pulse Voltages Measurements with Capacitive Divider, 2016 IEEE International Power Modulator and High Voltage Conference (IPMHVC), July 5 – 9 2016, San Francisco, CA

Рад у научном часопису (M63):

И. Миловановић, **У. Ковачевић**, С. Ђекић, С. Марковић, П. Осмокровић, Модел експерименталног мерења веома брзих прелазних напона симулацијом Керовог електрооптичког ефекта, 31. саветовање ЦИГРЕ Србија 2013, Златибор 26.05.-30.05.2013., Зборник радова, Р Д1-08, 2013, ISBN 978-86-82317-73-9.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Главни резултат ове докторске дисертације је да је комбинована мерна несигурност капацитивног разделника напона оптималних карактеристика реда величине 1% за широку област вредности фреквенција.

Поред тога у раду је на бази софистицираних мерења Керовог електрооптичког ефекта импулсима брзине у области једне пикосекунде добијеним из кабловског генератора доказано да нумеричка симулација истих даје задовољавајуће резултате. То је омогућило да се у наредној фази рада експериментално добијени одзиви капацитивних разделника напона верификују комерцијалним нумеричким алгоритмима.

Изражена је мерна несигурност капацитивног разделника напона услед неодређености вредности високонапонског и нисконапонског капацитета.

Конструисана су четири типа разделника напона. Приликом конструкције тих типова капацитивних разделника напона је указано на конструктивна и технолошка решења која обезбеђују оптималне карактеристике њиховог одзива на веома брзе импулсне напоне. Конструисани разделници напона су тестирани под добро контролисаним лабораторијским условима. Добијени резултати су верификовани применом комерцијалних нумеричких метода.

На основу добијених резултата и еквивалентних шема капацитивног разделника оптималних карактеристика изражена је мерна несигурност. Комбинована мерна несигурност која је

укључивала мерну несигурност услед неодређености вредности високонапонског и нисконапонског кондензатора изражену Монте Карло методом, мерну несигурност тип А изражену статистичком анализом експерименталних резултата и мерну несигурност тип Б изражену аналитичко-нумеричким поступком је била реда величине 1%.

Сви добијени резултати су анализирани и дат је закључак о могућностима и ограничењима примене капацитивних разделника напона за мерење импулсних напона великих брзина пораста. Такође су дате и сугестије за конструктивна решења капацитивних разделника које су од значаја за инжењерску праксу.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Тумачење добијених резултата је јасно и прегледно. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима мерења, добијеним из сопствених експерименталних истраживања. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз навођење претходних истраживачких резултата из ове области.

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Да. Дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да. Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Доказано је да је могуће извршити нумеричку симулацију одзива мерног система на импулс брзине пораста реда величине пикосекунде. Изражена је мерна несигурност капацитивног разделника напона Монте Карло методом. Приказан је начин конструисања капацитивног разделника напона са таласоводним прилагодним отпором. Конструисано је више типова капацитивних разделника напона изузетно добрих карактеристика. Конципирани су експерименти за одређивање одзива тако конструисаних капацитивних разделника и извршени под веома добро контролисаним лабораторијским условима. На основу добијених резултата је одабран капацитивни разделник напона најбољих карактеристика и изражена је његова мерна несигурност.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

У дисертацији нису уочени значајни недостаци који би утицали на резултат истраживања.

X	ПРЕДЛОГ:
	На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
	- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана
	Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата Уроша Ковачевића под насловом „Изражавање мерне несигурности капацитивних разделника напона са концентрисаним параметрима у области високих фреквенција“ и предлаже да се Извештај о оцени докторске дисертације прихвати, а кандидату одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 17.01.2017. године

др Платон Совиљ, ванредни професор, председник

др Драган Денић, редовни професор, члан

др Драган Пејић, доцент, члан

др Борис Антић, доцент, члан

др Зоран Митровић, редовни професор, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.