

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију:</p> <p>03. 09. 2015. Научно наставно веће Факултета техничких наука. Број решења: 012-72/92-08.</p> <p>2. Састав комисије са знаком 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:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Славољуб Алексић редовни професор, теоријска електротехника, 18. 06. 2008, Електронски факултет, Ниш, Универзитет у Нишу2. Др Вера Бајовић, ванредни професор, теоријска електротехника, 19. 05. 2011, ФТН, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду3. Др Анамарија Јухас, ванредни професор, теоријска електротехника, 01. 04. 2015, ФТН, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду4. Др Зоран Митровић, ванредни професор, електрична мерења и метрологија, 11. 06. 2014, ФТН, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду5. Др Неда Пекарић-Нађ, редовни професор, теоријска електротехника, 13. 07. 2001, ФТН, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду6. Др Мирослав Прша, ванредни професор ФТН у пензији
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Дејана, Лука, Херцег</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 15. септембар 1972, Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: -</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: -</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: ФТН, Нови Сад "Моделовање фреквенцијски зависних импеданси уз помоћ генетског алгоритма", 25. 03. 2002.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Електроника</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Моделовање мерних трансформатора без језгра са феромагнетским оклопом

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација је изложена у 8 поглавља и има следећу структуру:

1. Увод
2. Мерни трансформатори
3. Трансформатори без језгра са феромагнетским оклопом
4. Магнетска својства феромагнетских материјала
5. Моделовање хистерезиса
6. Резултати
7. Анализа резултата
8. Закључак

Дисертација је изложена на 159 страна, А4 формата.

Дисертација садржи 29 табела, 133 слика, 142 литерарних навода и 3 прилога.

Иза прве странице стоји кључна документацијска информација на српском и енглеском језику, после које следи захвалница, садржај и скраћенице и ознаке. Након тога следе горе поменута поглавља, после којих се, на крају рада, налази списак литературе и прилози.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске дисертације је јасно формулисан, и сажето дефинише тематику и садржај дисертације.

Увод почиње кратким прегледом проучаване теме и указује на неопходност оклапања мерних трансформатора без језгра. У складу са предоченим проблемом истраживања, јасно и сажето су дефинисани проблем, предмет и циљ истраживања. На овом месту је дат и преглед стања у области истраживања. Наведени су и укратко продискутовани радови посвећени развоју теорије оклапања и заштите од електромагнетских поља, механизмима оклапања, начину моделовања оклопа, анализи ваздушних трансформатора, експерименталним и нумеричким методима у изучавању магнетских карактеристика феромагнетских материјала и моделима хистерезиса, као и њиховој примени. Након тога је дат преглед остварених резултата и садржаја дисертације.

Комисија сматра да су проблем, предмет и циљ истраживања у дисертацији постављени концизно и јасно да су успешно водили кандидата кроз рад на изабраној теми и да је дат свеобухватан и користан приказ стања научне литературе у овој области.

Друго поглавље даје преглед и објашњава значај мерних трансформатора. Дате су теоријске основе, физички и нумерички модел неоклопљеног мерног ваздушног трансформатора, нумерички и експериментални резултати. Испитивањем неоклопљеног мерног трансформатора успостављене су референтне вредности које су коришћене у даљем раду. На основу добијених експерименталних резултата, изведен је закључак да је оклапање трансформатора неизбежно.

Комисија сматра да је изабран метод адекватан, а да су резултати, референтне вредности и закључак детаљно и прецизно изложени.

У трећем поглављу је наведен поступак испитивања и дате су теоријске основе и параметарски модели оклопљеног трансформатора без језгра. Приказане су геометрије структура свих разматраних оклопа. Дефинисани су коефицијенти који се користе у поступку испитивања утицаја оклопа и њихов утицај на два контрадикторна захтева: да се постигне линеарност трансформатора и да се заштити трансформатор од спољне магнетске сметње. На крају је дат

критеријум за оцену квалитета оклапања.

Комисија сматра да је предложени метод јасно изложен. Наведни поступак и дефинисани критеријум омогућују избор таквог оклопа, да се постигне компромис између два контрадикторна захтева.

У четвртном поглављу су описани феромагнетски материјали и њихове магнетске карактеристике. Приказани су мерни склопови за мерење магнетских карактеристика феромагнетских материјала. Дати су нумерички обрађени резултати мерења хистерезисних петљи испитиваних узорка. За потребе моделовања оклопа, на основу измерених хистерезисних петљи, одређене су пермеабилности и Н-В крива материјала оклопа. Испитиване карактеристике узорка су графички приказане.

Комисија сматра да су детаљно и јасно описане магнетске карактеристике феромагнетских материјала. Представљене су мерне методе познате у литератури и у стандардима наведеним у раду. Резултати су приказани на прегледан начин.

Пето поглавље се бави математичким моделовањем хистерезисних петљи, у циљу једноставнијег моделовања и манипулисања подацима, који су неопходни у анализи оклопа. Дат је детаљан опис новог модела хистерезиса заснован на Паде апроксимацијама. Формирањем модела хистерезиса и одређивањем нормалне криве магнетсања омогућено је да се мерени подаци меморишу у банци података материјала и касније користе у прорачунима.

Комисија сматра да је приказ новог модела дат систематски и прецизно, те да су покривени сви релевантни аспекти његове примене. Наведене су предности примене новог метода приказаног у овом раду. Дискусија је адекватна и значајно доприноси квалитету ове дисертације.

Шесто поглавље садржи приказе и анализу резултата нумеричких симулација и мерења за оклопе дате у трећем поглављу. Прво су приказани резултати за једнослојне оклопе у погледу линеарности трансформатора, потом за једнослојне оклопе у погледу заштите трансформатора од спољашњих сметњи. На крају су приказани резултати за вишеслојне оклопе. Експериментална истраживања су изведена у идеалним и нормалним условима. Прва експериментална испитивања верификују коришћене нумеричког модела оклопа и трансформатора, а друга указују на осетљивост оклопљеног трансформатора на непозната страна магнетска поља. Резултати су прегледно, прецизно и систематично приказани. Већина резултата је дата упоредо преко графичких приказа и одговарајућих табела. Сви графици су детаљно коментарисани, уз јасна тумачења физичких дешавања која доводе до представљених зависности. Кандидат аргументовано и систематично дискутује сваку зависност, уз јасна тумачења резултата и извођење логичних закључака.

Комисија сматра да представљени резултати систематски и прецизно покривају све релевантне делове извршене анализе, из којих се јасно виде предности и разлике између испитиваних типова оклопа. Извршена је експериментална верификација нумеричких резултата. Дискусија је исцрпна и значајно доприноси квалитету ове дисертације. Кандидат јасно и са разумевањем коментарише добијене резултате.

У седмом поглављу, на основу резултата приказаних у шестом поглављу, анализиран је укупан утицај оклопа на читавање трансформатора – мерне сонде у погледу два контрадикторна захтева: линеарности и заштите трансформатора, а према критеријуму предложеном у трећем поглављу. Још једном је сагледан утицај карактеристика материјала и дати су коментари везани за поједине кораке и коришћене поступке.

Комисија сматра да у анализи и дискусији добијених резултата нису утврђене нелогичности и да дати коментари заокружују оправданост израде тезе и доприносе бољем разумевању добијених резултата.

У закључку рада су сублимирани резултати добијени у дисертацији. Закључци су изнети веома прегледно и хронолошки, изложени на основу добијених резултата, потврђујући хипотезе

истраживања.

Комисија сматра да су закључци донети логично, да су базирани на изложеним резултатима, потврђујући значај развијеног свеобухватног поступка за испитивање утицаја оклопа на линеарност и заштиту трансформатора без феромагнетског језгра.

Литература садржи 142 библиографска навода, који су прегледно систематизовани. Коришћена литература је обимна, савремена и правилно одабрана према захтевима теме која се разматра.

Комисија сматра да је литература пажљиво бирана, тачно цитирана и да одговара тематици ове дисертације.

На крају докторске дисертације су дати **прилози**, у којима су приказани: развијени програм за моделовање хистерезисних петљи, детаљи параметарског модела оклопа трансформатора развијеног у софверу за ФЕМ моделовање и програм за одређивање међусобне индуктивности калемова трансформатора.

Комисија сматра да избор прилога добро приказује детаље модела за праћење тока излагања дисертације.

*На основу изложеног Комисија **позитивно оцењује** све делове докторске дисертације.*

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

M22 - Рад у истакнутом међународном часопису

D. Herceg, Đ. Herceg, M. Prša, "Using Padé Approximation in Takács Hysteresis Model", IEEE Transactions on Magnetics, vol. 51, no. 7, July 2015, DOI: 10.1109/TMAG.2015.2406299

M33 - Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у целини

D. Herceg, B. Vujičić and M. Prša: "Determination of EM field and induced EMF of Voltage Measuring Transformer", 8th International Conference on Applied Electromagnetics PES 2007, Niš, Serbia, September 3-5, 2007, pp. 129-130, ISBN 978-86-85195-43-8

D. Herceg, M. Prša: "Linearity of measuring transformer with ferromagnetic shield", Proceedings of 4th International Conference on Engineering Technologies ICET 2009, Novi Sad, Serbia, April 28 - 30, 2009, Topic 9, pp. 353-358, ISBN 978-86-7892-227-5

D. Herceg, N. Pekarić-Nadž, A. Juhas: "Shield shape influence on a coreless probe inductance", Proceedings of International PhD Seminar on Computational electromagnetics and optimization in electrical engineering – CEMOEE 2010, Sofia, Bulgaria, 10-13 September, 2010, pp. 18-21, ISBN 978-954-438-856-0

D. Herceg: "Parametric Model of an Air-core Measuring Transformer", COMSOL conference 2010, Versailles, France, November 17-19, 2010.

D. Herceg, M. Prša.: "Air-core Transformer with Multilayer Cylindrical Shields", The 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology ICET 2011, Phuket, Thailand, May 2-3, 2011, Proceedings CD ICET2011-245

D. Herceg, N. Burány, N. Pekarić-Nadž: "Simple Model for Power Loss Reduction Study in a BLDC Motor", 10th International Conference on Applied Electromagnetics, ПЕС 2011, Niš, Serbia, September 25 – 29, 2011, Session P1 O3, ISBN: 978-86-6125-042-2

N. Burány, **D. Herceg**, N. Pekarić-Nadž: "Influence of a Thin Copper Shield on a BLDC Motor

Parameters”, ELECTRONICS journal, vol. 16, no. 1, June 2012, pp. 37-41, ISSN 1450-5843

D. Herceg, M. Prša, K. Kasaš-Lažetić, R. T. Oglejan: “Magnetic characteristics of ferromagnetic shielding material”, XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2012, Bourgas, Bulgaria, May 28-30, 2012, Proceedings Vol. 1, pp.139-146, ISSN 1314-6297.

D. Herceg, N. Pekarić-Nadž, “Examination of a multilayer magnetic shield for an air cored current probe”, 7th International PhD Seminar on Computational electromagnetics and bioeffects of electromagnetic fields – CEMBEF 2013, August 28-31, 2013, Niš, Serbia, pp. 67-70, ISBN 978-86-6125-089-7

D. Herceg, N. Pekarić-Nadž, “Evaluation of a hybrid shielding composed of soft and hard ferromagnetic material”, 17th International symposium on power electronics – Ee 2013, Novi Sad, Serbia, October 30th – November 1st, 2013, Paper No. T.4.12, pp. 1-3, ISBN 978-86-7892-551-1

D. Herceg, K. Kasaš-Lažetić, V. Bajović, M. Prša, “Epstein frame for magnetic characteristics determination”, 11th International Conference on Applied Electromagnetics - ПЕС 2013, Niš, Serbia, September 1 – 4, 2011. Session P1-7, pp. 1-4, ISBN: 978-86-6125-088-0

K. Kasaš-Lažetić, **D. Herceg**, N. Đurić, M. Prša, “Measuring frequency dependent magnetic anisotropy of ferromagnetic material”, 17th International symposium on power electronics – Ee 2013, Novi Sad, Srbija, October 30th – November 1st, 2013, Paper, No. T.4.4, pp. 1-4, ISBN 978-86-7892-551-1

D. Herceg, K. Kasaš-Lažetić, N. Đurić, D. Kljajić, M. Prša: “Linearity of Shielded Measuring Transformer”, 49th International Universities’ Engineering Conference, Cluj-Napoca, September 2-5, 2014, Paper No 335., pp.1-4, ISBN 978-1-4799-6556-4

M63 - Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у целини

D. Herceg, K. Kasaš-Lažetić, M. Prša, N. Mučalica: „Određivanje magnetskih karakteristika nekih feromagnetskih struktura“, XI međunarodni naučno-stručni Simpozijum Infoteh-Jahorina 2012, Jahorina, Republika Srpska BiH, 21–23. mart 2012, ISBN 978-99938-624-8-2

S. Milovančev, D. Čomić, D. Pejić, **D. Herceg**, „Transformator bez jezgra za merenje kvaliteta električne energije na srednjem naponu“, Kongres metrologa 2013, Bor, Srbija, 16-19. oktobar 2013.

D. Herceg, K. Kasaš-Lažetić, D. Kljajić D, N. Mučalica N., M. Prša: „Frekvencijski zavisne permeabilnosti pocinkovanog gvođenog lima“, XIV međunarodni naučno-stručni Simpozijum Infoteh-Jahorina 2014, Jahorina, Republika Srpska BiH, 19-21. mart 2014, ISBN 978-99955-763-3-2

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру ове дисертације изучавани су мерни трансформатори без језгра са феромагнетским оклопом. Испитиване су карактеристике феромагнетских материјала који се користе за оклапање, реализована су мерења на узорцима и обрађени су мерени подаци. Затим је примењен потпуно нов метод за моделовање хистерезиса. Добијене криве су коришћене за одређивање нормалне криве магнетисања и пермеабилности материјала, неопходне при анализи оклопа.

Креиран је модел неоклопљеног мерног трансформатора без језгра, извршене су симулације и мерења и приказани резултати. Мерени резултати јасно потврђују неопходност заштите оваквих трансформатора од утицаја страних електромагнетских поља.

Испитивани су оклопљени мерни трансформатори без језгра, чији се оклопи разликују по типу, величини, врсти материјала и броју слојева. За потребе испитивања реализовани су нови параметарски модели оваквих трансформатора и изведене су нумеричке симулације. Такође су креирани и прототипови оклопа и мерног трансформатора, који су коришћени у мерењима.

Постављени су нумерички критеријуми који се могу употребити за оцену утицаја оклопа на мерену величину и на квалитет оклапања, односно заштите од страних непознатих магнетских поља. Уведени су нови коефицијенти који се могу употребити у оптимизационим поступцима

ради одређивања оптималног оклапања. Добијени нумерички резултати, као и резултати мерења, посматрани су у светлу нових критеријума и изведени су закључци о квалитету оклапања у смислу нових коефицијената. Тема и проблематика дисертације нуди велике могућности за даљи рад на побољшању ефикасности оклопа.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Резултати прорачуна су приказани прегледно и систематично, помоћу табела и графика који олакшавају њихово тумачење. Сви графици су испраћени адекватним текстуалним описом резултата прорачуна и одговарајућим коментарима, тако да чине целину која веома добро описује сваки добијени резултат. Интерпретација резултата је концизна. Дискусије, коментари и закључци дати у раду, логично произилазе из добијених резултата за све претпостављене вредности параметара, који описују реална стања посматране структуре. Приказ резултата истраживања, у целој дисертацији, заједно са пратећим тумачењима, процењује се као веома квалитетан. Све горе наведено указује да је кандидат темељно упознат са тематиком дисертације и стања у истраживању дате научне области.

Стога, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Дисертација садржи све битне елементе за разумевање проблема, усвајање предложених модела и поступка и прихватање резултата, везаних за моделовање хистерезисних петљи и оклопљених мерних трансформатора без језгра и прорачуне ефикасности оклопа. Дисертација је написана концизно и разумљиво, а визуелно је прегледна. Закључује се да је резултат самосталног рада и истраживања кандидата.

Комисија сматра да дисертација садржи све битне елементе .

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Допринос ове дисертације у моделовању оклопљеног трансформатора без језгра је у томе што је дефинисан поступак, који обједињава теоријске, нумеричке и практичне аспекте и јасно дефинише све кораке анализе, почев од избора и испитивања материјала за оклапање, преко развоја модела за одређивање магнетских карактеристика материјала, постављања модела мерног трансформатора и модела оклопа различитих геометрија и материјала, параметризацију модела и припрему за оптимизациону процедуру, све до нумеричке обраде добијених мерених и теоријских резултата. Тиме је развијен јасан и прецизан метод за оцену квалитета оклапања мерног трансформатора без језгра.

Оригинални резултати из области коју обухвата ова дисертација објављени су у врхунском међународном научном часопису са импакт фактором и саопштени на међународним и домаћим скуповима, чиме се потврђује да ова докторска дисертација представља оригиналан допринос науци.

*Након анализе докторске дисертације кандидата **мр Дејане Херцег**, Комисија је закључила да дисертација садржи све елементе оригиналног научног рада. У овој докторској дисертацији представљени су: поступак моделовања оклопљених мерних трансформатора без језгра и нови модел хистерезисних петљи, који до сада није био доступан у научној литератури. Развијени метод и цела дисертација представљају оригиналан допринос науци.*

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.

Дисертација нема недостатака који утичу на резултат истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже:

Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације у целини, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, да се докторска дисертација под насловом „Моделовање мерних трансформатора без језгра са феромагнетским оклопом“ **прихвати**, а кандидату мр Дејани Херцег **одобри** јавна одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Славољуб Алексић, редовни професор,
Електронски факултет,
Универзитет у Нишу,
председник комисије

др Вера Бајовић, ванредни професор,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду,
члан

др Анамарија Јухас, ванредни професор,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду,
члан

др Зоран Митровић, ванредни професор,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду,
члан

др Мирослав Прша, ванредни професор у пензији,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду,
члан

др Неда Пекарић-Нађ, редовни професор,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду,
ментор