

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације кандидата мр Бранка Копривице, дипл. инж. ел.

Одлуком Стручног већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-454/13 од 09. јула 2014. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације кандидата **мр Бранка Копривице**, дипл. инж. ел. под радним насловом:

„Моделовање главне хистерезисне петље и прелазних процеса магнећења феромагнетских лимова“

На основу увида у приложену документацију и личног познавања кандидата, Комисија подноси Наставно – научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

2.1. Биографски подаци кандидата

Мр Бранко Копривица је рођен 24.07.1980. године у Вировитици у Хрватској, а од 01.08.1991. године живи у Горњем Милановцу, где је завршио основну школу и средњу – Техничку школу. Године 1998. уписао је основне студије на Техничком факултету у Чачку на смеру Електроенергетика где је и дипломирао школске 2005/2006. године. Након тога, уписао је магистарске студије на Техничком факултету у Чачку на смеру Електротехника, научна област Електромагнетика. Магистарску тезу под називом „Приближно одређивање

карактеристичних параметара водова правоугаоног попречног пресека“ одбранио је у септембру 2009. године на Техничком факултету у Чачку.

Од новембра 2006. запослен је на Техничком факултету у Чачку као стручни сарадник на Катедри за општу електротехнику и електронику, а од децембра 2009. године ради као асистент на истој Катедри.

До сада је објавио више научних радова у међународним и домаћим часописима и на међународним и домаћим конференцијама, коаутор је једног уџбеника и једне монографије. Објављени радови се односе на примену нумеричких метода у електромагнетици при прорачуну карактеристичних параметара водова, мерење карактеристика феромагнетских материјала и примену савремених мерно-аквизиционих система у метрологији. Ове области представљају и главне смерове његовог даљег усавршавања.

Тренутно је учесник једног научно-истраживачког пројекта који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја.

У досадашњем раду, као аутор или коаутор објавио је следеће радове:

Радови штампани у часописима међународног значаја M22

1. A. Milovanovic, **V. Koprivica**, M. Bjekic, Application of the Charge Simulation Method to the Calculation of the Characteristic Parameters of Printed Transmission Lines, International Review of Electrical Engineering, Vol. 5, No. 6, Part A, (2010), pp. 2722-2726, ISSN: 1827-6660.

Радови штампани у часописима међународног значаја M23

1. A. Milovanovic, **V. Koprivica**, „Calculation of Characteristic Impedance of Eccentric Rectangular Coaxial Lines“, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 88, NR 10a, (2012), pp. 260-264, ISSN 0033-2097.

Радови штампани у националним часописима међународног значаја M24

1. **V. Koprivica**, M. Bozic, M. Rosic, M. Bjekic, „Application of Standard and Modified Eh-Star Test Method for Induction Motor Stray Load Losses and Efficiency Measurement“, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 9, No. 3, (2012), pp. 377-391, ISSN 1451 – 4869.
2. **V. Koprivica**, A. Milovanovic, M. Djekic, „Effects of Wound Toroidal Core Dimensional and Geometrical Parameters on Measured Magnetic Properties of Electrical Steel“, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 10, No. 3, (2013), pp. 459-471, ISSN 1451 – 4869.
3. S. Puzovic, **V. Koprivica**, A. Milovanovic, M. Djekic, „Analysis of Measurement Error in Direct and Transformer-operated Measurement Systems for Electric Energy and Maximum Power Measurement“, FACTA UNIVERSITATIS - Series: Electronics and Energetics, Vol. 27, No. 3, (2014), pp. 389 – 398, ISSN 0353-3670.

Радови штампани у националним часописима значаја М51

1. **В. Копривица**, А. Milovanovic, М. Djekic, „Determination of Characteristics of Ferromagnetic Material using Modern Data Acquisition System“, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 6, No. 3, (2009), pp. 451-459, ISSN 1451 – 4869.

Радови штампани у националним часописима значаја М52

1. А. Миловановић, М. Бјекић, **Б. Копривица**, С. Антић, „Преглед стандарда из области енергетске ефикасности електромоторних погона“, Техника, Год. 67, Бр.1, (2012), стр.159-169, ISSN 0040-2176.

Радови штампани у националним часописима значаја М53

1. А. Миловановић, М. Бјекић, **Б. Копривица**, „Регулатива из области енергетске ефикасности електромоторних погона“, Иновације и развој, Бр. 2, (2011), стр.67-76, ISSN 0353-2631.

Монографија националног значаја М42

1. М. Бјекић, Д. Стојановић, Б. Јефтенић, С. Штаткић, М. Бебић, Л. Ристић, Д. Бјекић, А. Миловановић, Р. Крнета, М. Плазинић, М. Росић, М. Божић, С. Антић, **Б. Копривица**, „Енергетска ефикасност електромоторних погона“, Технички факултет Чачак, (2012), ISBN 978-86-7776-147-9.

Уџбеници и приручници

1. А. Миловановић, М. Бјекић, **Б. Копривица**, „Виртуелна инструментација“, Технички факултет Чачак, (2010), ISBN 978–86–7776–100-4.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини М33

1. **В. Копривица**, А. Milovanovic, „Modeling of Coplanar Waveguide in Comsol Multiphysics“, Comsol Conference Budapest, Hungary, November 24, 2008.
2. А. Milovanovic, **В. Копривица**, М. Veskovic, „The Capacitance of Two Wire Line with Rectangular Cross Section“, International Conference on Electrical Systems Design and Technologies, Hammamet Tunisia, November 8-10, 2008.
3. А. Milovanovic, **В. Копривица**, „Approximate Calculation of Characteristic Parameters of Rectangular Transmission Lines“, 54th International Scientific Colloquium (IWK), Ilmenau University of Technology, Ilmenau, Germany, September 07–11 2009.
4. **В. Копривица**, А. Milovanovic, „Application of Charge Simulation Method for Determination of Stripline Capacitance“, 10th Mediterranean Microwave Symposium MMS'2010, Middle East Technical University - Northern Cyprus Campus Guzelyurt, Northern Cyprus, 25-27 August 2010, pp. 318 – 322.
5. А. Milovanovic, **В. Копривица**, „Analysis of Square Coaxial Lines by using Equivalent Electrodes Method“, Joint Conference 3rd International Workshop on Nonlinear Dynamics and Synchronization - INDS'11 and 16th International Symposium on Theoretical Electrical Engineering - ISTET'11, University of Klagenfurt, Austria, July 25-27, 2011.

6. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, „Modeling of Rectangular Coaxial Lines with Rounded Edges“, International Scientific Conference - UNITECH, Gabrovo, Bulgaria, 18-19.11.2011, pp. 59-63.
7. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, „Influences of Toroidal Core Dimensions on Measured Properties of Magnetic Material“, 57th International Scientific Colloquium IWK2012, Ilmenau University of Technology, Ilmenau, Germany, September 04– 07, 2012, pp. 47 -53.
8. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, M. Plazinic, „Standard Methods of Measurement of the Magnetic Properties of Electrical Steel Strip and Sheet“, XI International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, SAUM 2012, Nis, Serbia, 14-16 Nov. 2012, pp. 298-301.
9. A. Milovanovic, **B. Koprivica**, „Charge simulation method application to calculation of Characteristic impedance of shielded striplines“, International Scientific Conference – UNITECH’12, Gabrovo, Bulgaria, 16-17.11.2012., Vol.1, pp. 59-63.
10. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, „Analysis of strip width effect on measured magnetic properties of wound toroidal core“, International Scientific Conference – UNITECH’12, Gabrovo, Bulgaria, 16-17.11.2012. Vol.1, pp. 64-68.
11. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, M. Djekic, „Simplified Chua Type Model for Electrical Steel Magnetic Hysteresis Representation“, International Scientific Conference – UNITECH 2013, Gabrovo, Bulgaria, 22-23 Nov. 2013, pp. I-137-I-142.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у изводу М34

1. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, M. Djekic, „Experimental determination of chua type model parameters for electrical steel magnetic hysteresis representation“, Soft Magnetic Materials 21, Budapest, Hungary, 01-04 Sept. 2013, B2-04.
2. **B. Koprivica**, A. Milovanovic, J. Zivanic, „Effects of wound toroidal core dimensions on measured specific power loss in electrical steel“, Soft Magnetic Materials 21, Budapest, Hungary, 01-04 Sept. 2013, G2-06.

Радови саопштени на скуповима националног значаја штампани у целини М63

1. **Б. Копривица**, А. Миловановић, М. Ђекић, „Примена савременог мерно аквизиционог система за одређивање карактеристика феромагнетика“, 53. Конференција ЕТРАН-а, Врњачка Бања, 15 – 19. јун 2009. године, рад МЛ 3.2 -1-4, (**награђен рад**).
2. А. Миловановић, **Б. Копривица**, „Упутства, стандарди и правилници делатности везани за паљење електростатичког пражњења на бензинским станицама и претакалиштима“, ELECTRA VI, Шеста регионална научно-стручна конференција о систему управљања заштитом животне средине у електропривреди, 6 - 10. 12. 2010. године, Златибор, Србија, стр. 60-67.
3. И. Гаровић, **Б. Копривица**, А. Миловановић, „Примена виртуелне инструментације у реализацији лабораторијских вежби из области електричних мерења“, 6. Међународни симпозијум технологија, информатика и образовање за друштво учења и знања, Технички факултет Чачак, 3 - 5. јуна 2011. године, стр. 663-671.
4. М. Милић, **Б. Копривица**, А. Миловановић, „Примена програмског пакета Wolfram Mathematica за унапређење наставе из области теоријске електротехнике“, Техника и информатика у образовању, Технички факултет Чачак, 1 -3. јуна 2012. године, стр. 228-238.
5. С. Пузовић, **Б. Копривица**, А. Миловановић, М. Ђекић, „Анализа тачности мерења електричне енергије и максималне снаге у систему директног и полуиндиректног мерења“, 57. Конференција ЕТРАН-а, Златибор, 03 – 06. јун 2013. године, рад МЛ1.6 -1-6, (**награђен рад**).

6. **Б. Копривица**, „Методе мерења губитака у гвозденим лимовима“, 57. Конференција ЕТРАН-а, Златибор, 03 – 06. јун 2013. године, рад ЕЕ1.8 -1-6.

Учешће на пројектима

1. „Истраживање, развој и примена програма и мера енергетске ефикасности електромоторних погона“, носилац пројекта Факултет технички факултет у Чачку, Програм технолошког развоја Министарства за науку и технолошки развој, област Енергетика, рударство и енергетска ефикасност, број пројекта ТР33016, 2011-2014 – истраживач на пројекту.

2.2. Подаци о докторској дисертацији

Радни наслов теме докторске дисертације

Комисија се слаже са предложеним насловом докторске дисертације:

„Моделовање главне хистерезисне петље и прелазних процеса магнећења феромагнетских лимова“

Предмет докторске дисертације

Предмет истраживања је моделовање главне хистерезисне петље која се јавља при магнећењу феромагнетских лимова, материјала који се користе за израду електричних машина и трансформатора. Математички модел главне хистерезисне петље је од великог значаја јер се може употребити за конструисање мањих хистерезисних петљи (симетричних и несиметричних), описивање прелазних процеса магнећења и прорачун специфичних губитака снаге у материјалу, као и других величина од интереса. Истраживања би обухватала и опсежну анализу постојећих модела и њихових предности и недостатака, анализу савремених метода мерења магнетског хистерезиса, као и практичну примену модела у електроенергетици.

Хипотезе докторске дисертације

Прва претпоставка јесте да је могућа реализација мерно-аквизиционог система, базираног на персоналном рачунару, помоћу кога се могу измерити карактеристике феромагнетских лимова, као што су главна хистерезисна петља, крива магнећења, специфични губици и друго.

Друга претпоставка јесте да је на основу резултата мерења могуће формирати математички модел главне хистерезисне петље у аналитичком облику.

Трећа претпоставка јесте да је могуће на основу модела главне хистерезисне петље конструисати друге петље у оквиру главне петље, описати прелазне процесе магнећења и

израчунати специфичне губитке, као и друге величине од интереса код феромагнетских лимова.

Четврта претпоставка јесте да је могуће применити предложени математички модел хистерезисне петље на практичном примеру струјног мерног трансформатора за пројектовање његових карактеристика.

2.3. Подобност кандидата

Кандидат мр Бранко Копривица је дипломирао је на Техничком факултету у Чачку 2006. године, а магистарску тезу из области Теоријска и општа електротехника под називом “Приближно одређивање карактеристичних параметара водова правоугаоног попречног пресека” одбранио је у септембру 2009. године на истом факултету.

Запослен је на Факултету техничких наука у Чачку као асистент на Катедри за општу електротехнику и електронику на предметима из области теоријске електротехнике и метрологије.

Увидом у радну и стручну биографију кандидата може се закључити да се ради о компетентном кандидату, са значајним искуством у научно-истраживачком раду. Кандидат је до сада објавио 26 научних и стручних радова, од којих је 8 објављено у часописима (5 радова у часописима категорије M20), а 16 у зборницима радова са међународних и домаћих конференција. Сви радови су из области теоријске електротехнике, а 10 радова се односи на тему докторске дисертације.

На основу свега наведеног, као и личног познавања кандидата, Комисија сматра да мр Бранко Копривица испуњава све стручне и моралне критеријуме да приступи изради докторске дисертације.

2.4. Преглед стања у подручју истраживања

Постоји велики број математичких модела хистерезисне петље код феромагнетских материјала од којих су најпознатији Жил-Атертонов (Jiles-Atherton) и Прејсаков (Preisach) модел. Први модел је заснован на физичким принципима магнећења феромагнетског материјала, док је други модел емпиријски и заснован на математичким принципима. Жил-Атертонов модел је дефинисан низом једначина који укључује и диференцијалне једначине, док је Прејсаков модел дефинисан двоструким интегралом под којим се налази аналитичка или дискретна функција расподеле. Оба модела захтевају компликован нумерички прорачун параметара модела, а само неки од параметара се могу одредити мерењем. Прејсаков модел карактерише тачност, шира област примене и могућност моделовања прелазних процеса са

добром тачношћу, али је веома сложен математички апарат који га описује. Како би се поједноставио прорачун параметара ових модела и проширила област примене оба модела су претрпела одређене измене, а и даље су предмет многих истраживања.

За разлику од претходно поменутих модела постоји друга група модела који су засновани на једноставним математичким функцијама као што су логаритамска функција, хиперболичке функције, тригонометријске функције или полиноми, али ови модели не осигуравају задовољавајућу тачност и не могу се применити за различите врсте материјала или при моделовању прелазних процеса. Ови модели најчешће нису у стању да опишу све регуларности у облицима хистерезисних петљи и прелазних кривих које се јављају током сложеног процеса магнетовања. Такође, код специфичних услова за моделовање, као што су утицаји промене фреквенције, температуре, механичког напрезања и друго, ови модели генерално нису довољно тачни.

Комбинацијом поменутих модела, узимањем добрих особина модела из прве групе у комбинацији са математичком једноставношћу модела из друге групе, могу се добити значајно бољи резултати, а у последњој деценији постоји велики број радова у часописима на ту тему. Досадашња истраживања показују да и побољшани модели засновани на једноставним математичким функцијама могу постићи добру тачност и ширу област примене. Недостатак оваквог приступа је у томе што је потребно дефинисати додатне параметре модела који најчешће нису аналитички одређени већ се до њих долази сложеним математичким поступком подешавања према резултатима мерења. Такође, често је за добијање ових резултата мерења потребно спровести сложен лабораторијски оглед који захтева скупу и често јединствену мерну апаратуру. Неретко, вредност додатног параметра модела није могуће једнозначно одредити већ се иста одређује из опсега вредности добијеног након подешавања према резултатима мерења. Све ово у многоме усложњава ову врсту модела тако да они још нису добили свој коначан облик који би могао бити коришћен у пракси.

2.5. Значај и циљ истраживања са становишта актуелности у области истраживања

Научни циљ дисертације јесте истраживање магнетског хистерезиса код феромагнетских лимова са циљем формирања математичког модела главне хистерезисне петље, поређење предложеног модела са постојећим математичким моделима, као и дефинисање предности истог. Актуелна истраживања у овој области се односе на проналажење математички једноставног модела хистерезиса који ће имати задовољавајућу тачност и широку област примене. Стога, добијање таквог математичког модела главне

хистерезисне петље, уз детаљан теоријски опис поступка за добијање других симетричних и несиметричних петљи у оквиру главне петље, као и опис поступка за конструисање прелазних кривих у току процеса магнећења материјала имао би велики значај у области истраживања. Један део актуелних истраживања односи се и на мерење магнетског хистерезиса и других карактеристика феромагнетских лимова. Предложена реализација мерно-аквизиционог система, базираног на персоналном рачунару, који ће бити коришћен за мерење свих величина од интереса потребних за одређивање карактеристика феромагнетских лимова, као што су главна хистерезисна петља, крива магнећења, специфични губици и друго, била би од велике користи истраживачима у овој области. Примена предложеног модела хистерезисне петље на примеру струјног мерног трансформатора, при пројектовању његових карактеристика, потврдила би његову практичну применљивост.

2.6. Веза са досадашњим истраживањима

Истраживања у оквиру ове дисертације ће се у основи базирати на научним резултатима који су објављени у часописима, књигама, докторским дисертацијама и друго, а који се односе на област физике, магнетизма и примене феромагнетских материјала. Неке од битнијих референци су:

Књиге:

1. I.D. Mayergoyz, *Mathematical Models of Hysteresis*, Springer-Verlag, NY, USA, 1991.
2. E. Della Torre, *Magnetic Hysteresis*, IEEE Press, NY, 1999.
3. J. Takacs, *Mathematics of Hysteretic Phenomena: The T(x) Model for the Description of Hysteresis*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, 2003.
4. G. Bertotti: *Hysteresis in Magnetism: For Physicists, Materials Scientists, and Engineers*, Academic Press, San Diego, CA, USA, 1998.
5. G. Bertotti, I. Mayergoyz: *The Science of Hysteresis*, Academic Press, San Diego, CA, USA, 2006.
6. M. Dimian, P. Andrei: *Noise-Driven Phenomena in Hysteretic Systems*, Springer, NY, USA, 2014.
7. S. Tumanski: *Handbook of Magnetic Measurements*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2011.
8. F. Fiorillo: *Measurement and Characterization of Magnetic Materials*, Academic Press, San Diego, CA, USA, 2004.
9. J. Сурутка, *Електромагнетика, Грађевинска књига, Београд, 1971.*

Докторске дисертације:

1. H.M. M'Rabet, *Numerical simulation in real time power transformers (In French)*, PhD Thesis, University of Sherbrooke, Canada, 1992.
2. P.D. Mitchler: *Characterization of Hysteresis in Magnetic Systems: A Preisach Approach*, University of Manitoba, Canada, 2000.
3. S. Zurek: *Two-dimensional Magnetization Problems in Electrical Steels*, Cardiff University, UK, 2005.
4. N. Chukwuchekwa, *Investigation of Magnetic Properties and Barkhausen Noise of Electrical Steel*, Cardiff University, UK, 2011.

5. М. Ђекић, Прилог анализи кола са мерним струјним трансформатором, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Србија, 1982.
6. Ј. Штрац: Моделирање електромагнетских својстава челика за прорачун додатних губитака у енергетским трансформаторима, Свеучилиште у Загребу, Хрватска, 2010.

Радови у часописима и конференцијама:

1. J. Faiz, S. Saffari, A new technique for modeling hysteresis phenomenon in soft magnetic materials, *Electromagnetics* 30 (2010) 376–401.
2. A. Stancu, L. Stoleriu, P. Postolache, R. Tanasa, New Preisach model for structured particulate ferromagnetic media, *J. Magn. Magn. Mater.* 290–291 (2005) 490–493.
3. P. Andrei, O. Caltun, A. Stancu, Rate dependence of first-order reversal curves by using a dynamic Preisach model of hysteresis, *Physica B: Condens. Matter* 372 (2006) 265–268.
4. D.C. Jiles, D.L. Atherton, Ferromagnetic hysteresis, *IEEE Trans. Magn.* 19 (1983) 2183–2185.
5. D.C. Jiles, Theory of ferromagnetic hysteresis, *J. Magn. Magn. Mater.* 61 (1986) 48–60.
6. P. Andrei, O. Caltun, A. Stancu, Differential phenomenological models for the magnetization processes in soft MnZn ferrites, *IEEE Trans. Magn.* 34 (1998) 231–241.
7. K. Chwastek, Higher order reversal curves in some hysteresis models, *Archives of Electrical Engineering* 61 (2012) 455–470.
8. S.E. Zirka, Y.I. Moroz, P. Marketos, A.J. Moses, Dynamic hysteresis modelling, *Physica B: Condens. Matter* 343 (2004) 90–95.
9. R.G. Harrison, Positive-feedback theory of hysteretic recoil loops in hard ferromagnetic materials, *IEEE Trans. Magn.* 47 (2011) 175–191.
10. S. Motoasca, A. Nicolaide, E. Helerea, Simple analytical method for hysteresis modelling using LabVIEW, *Revue Roumaine des Sciences Techniques - Serie Electrotechnique et Energetique* 55 (2010) 261–267.
11. S.E. Zirka, Y.I. Moroz, R.G. Harrison, N. Chiesa, Inverse hysteresis models for transient simulation, *IEEE Trans. Power Deliv.* 29(2) (2014) 552–559.
12. S.E. Zirka, Y.I. Moroz, Hysteresis modeling based on similarity, *IEEE Transactions on Magnetics* 35(4) (1999) 2090–2096.
13. F.C.F. Guerra, W.S. Mota, Magnetic core model, *IET Sci. Meas. Technol.* 1 (2007) 145–151.
14. S. Casoria, G. Sybille, P. Brunelle, Hysteresis modeling in the MATLAB/Power System blockset, *Math. Comput. Simul.* 63 (2003) 237–248.
15. Y. Wang, S. Wu, Z. Zhou, D. Cheng, N. Pang, Y. Wan, Research on the dynamic hysteresis loop model of the residence times difference (RTD)-fluxgate, *Sensors* 13 2013 11539–11552.
16. C. Perez-Rojas, Fitting saturation and hysteresis via arctangent functions, *IEEE Power Engin. Review* 20 (2000) 55–57.
17. H. Endo, Y. Saito, S. Hayano, K. Miya, Classical and IT based magnetization dynamics modeling, *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, 16 (2002) 153–161.
18. Q.-C. Qu, Precise magnetic properties measurement on electrical sheet steels under deep saturation, *IEEE Trans. Magn.*, 20 (1984) 1717–1719.
19. G. Birkelbach, L. A., Hempel, F.J. Schulte, Very Low Frequency Magnetic Hysteresis Measurements with Well-Defined Time Dependence of the Flux Density, *IEEE Trans. Magn.*, 22 (1986) 505–507.
20. G. Bertotti, F. Fiorillo, M. Sasquale, Measurement and Prediction of Dynamic Loop Shapes and Power Losses in Soft Magnetic Materials, *IEEE Trans. Magn.*, 29 (1993) 3496–3498.
21. N. Chatziilias, T. Meydan, C. Porter, Real time digital waveform control for magnetic testers, *J. Magn. Magn. Mat.*, 254-255 (2003) 104–107.
22. S. Zurek, P. Marketos, T. Meydan, A. Moses, Use of Novel Adaptive Digital Feedback for Magnetic Measurements under Controlled Magnetizing Conditions, *IEEE Trans. Magn.*, 41 (2005) 4242–4249.

23. S. White, T. Krause, L. Clapham, A Multichannel Magnetic Flux Controller for Periodic Magnetizing Conditions, IEEE Trans. Magn., 61 (2012) 1896–1906.
24. S. Motoasca, G. Scutaru, Hysteresis Modelling of Soft Magnetic Materials using LabVIEW Programs, Advances in Electrical and Computer Engineering, 1 (02010) 94–97.
25. M. Kuczmann, Scalar hysteresis measurement using FFT, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 10 (2008) 1828–1833.

Стандарди:

1. IEC 60404-2 Edition 3.1, 2008-06, Magnetic materials – Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of an Epstein frame, 2008, IEC, Geneva, Switzerland.
2. IEC 60404-3 Edition 2.2, 2010-04, Magnetic materials – Part 3: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of a single sheet tester, 2010, IEC, Geneva, Switzerland.
3. IEC 60404-6 Edition 2.0, 2003-06, Magnetic materials – Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties of magnetically soft metallic and powder materials at frequencies in the range 20 Hz to 200 kHz by the use of ring specimens, 2003, IEC, Geneva, Switzerland.
4. IEEE Std. 393-1991 - IEEE Standard for Test Procedures for Magnetic Cores, 1992, Institute of Electrical and Electronics Engineers, NY, USA.

2.7. Методе које ће се користити у истраживању

Узимајући у обзир постављени предмет и циљ истраживања, као и основне хипотезе, у раду ће бити коришћена синтеза квалитативне и квантитативне методологије истраживања. У теоријском делу дисертације ће се применом методе анализе, дедукције и индукције указати на закључке и резултате досадашњих истраживања која се односе на постојеће моделе хистерезиса. Квантитативна истраживања подразумеваће мерења на већем броју торусних узорака, коришћењем мерно-аквизиционог система базираног на персоналном рачунару и коришћењем апликације направљене у програмском пакету LabVIEW. Синтезом свих ових истраживања формираће се модел хистерезисне петље који ће бити употребљен за добијање других петљи у оквиру главне петље, као и за описивање прелазних процеса магнетизације, израчунавање специфичних губитака и других величина од интереса код феромагнетских лимова. Такође ће бити написан и симулациони програм који ће вршити сва потребна израчунавања, графички приказ и чување резултата прорачуна. Ради потврде практичне примењивости предложеног модела биће извршено поређење резултата добијених додатним мерењима и резултата добијених прорачуном заснованим на предложеном моделу главне хистерезисне петље.

2.8. Очекивани резултати докторске дисертације

У процесу истраживања очекује се дефинисање математичког модела главне хистерезисне петље који ће бити једноставан, тако да је за одређивање његових параметара

довољно употребити резултате мерења главне хистерезисне петље и једноставан математички прорачун, без компликованих диференцијалних, интегралних или нумеричких прорачуна. Такође, очекује се да ће предложени модел показати задовољавајућу тачност у односу на резултате мерења, а за различите услове магнећења материјала. Очекује се и да ће помоћу предложеног модела главне хистерезисне петље бити могуће извршити конструисање других хистерезисних петљи у оквиру главне хистерезисне петље, као и прелазних кривих током сложеног процеса магнећења. Додатно, очекивани резултат је и потврда примењивости предложеног модела на практичном примеру кроз поређење резултата мерења и резултата добијених прорачуном помоћу предложеног модела.

2.9. Оквирни садржај дисертације

Докторска дисертација би садржала следећа основна поглавља:

1. Увод
2. Феромагнетски материјали
 - 2.1 Процес магнећења феромагнетских материјала
 - 2.2 Магнетски хистерезис, крива магнећења материјала
 - 2.3 Специфични губици у гвожђу
3. Методе мерења карактеристика материјала
 - 3.1 Стандардизоване методе мерења
 - 3.2 Нестандардизоване методе мерења
 - 3.3 Мерење помоћу торусног узорка
4. Математички модели хистерезисне петље
 - 4.1 Преглед постојећих модела хистерезиса
 - 4.2 Предложени модел хистерезиса
5. Мерно-аквизициони систем
 - 5.1 Шема везе и мерна опрема
 - 5.2 LabVIEW апликација и појединачни мерни тестови
6. Модел струјног мерног трансформатора
7. Експериментални и симулациони резултати
8. Анализа резултата
9. Закључак
10. Литература

2.10. Предлог ментора докторске дисертације са образложењем

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др **Аленка Миловановић, ванредни професор**. Комисија сматра да је овај предлог оправдан с обзиром на то да су научне референце ментора из области из које је тема дисертације.

2.11. Научна област дисертације

Докторска дисертације под називом „**Моделовање главне хистерезисне петље и прелазних процеса магнећења феромагнетских лимова**“ припада области Електротехничког и рачунарског инжењерства, ужа научна област Теоријска и општа електротехника.

2.12. Научна област чланова комисије

1. **Др Јерослав Живанић, ред. проф.**, Факултет техничких наука у Чачку
Научна област: Теоријска и општа електротехника
2. **Др Аленка Миловановић, ванр. проф.**, Факултет техничких наука у Чачку
Научна област: Теоријска и општа електротехника
3. **Др Ненад Цветковић, доцент**, Електронски факултет, Ниш
Научна област: Теоријска електротехника

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу напред наведеног, Комисија за оцену подобности теме докторске дисертације доноси следећи:

З А К Љ У Ч А К

Кандидат мр Бранко Копривица, дипл. инж. ел., и тема докторске дисертације под радним насловом „**Моделовање главне хистерезисне петље и прелазних процеса магнећења феромагнетских лимова**“ испуњавају све потребне формалне и суштинске услове који се захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета техничких наука у Чачку. На основу предложених полазних хипотеза, предмета и научних циљева, метода истраживања и очекиваних теоријских и експерименталних резултата, Комисија сматра да је тема докторске дисертације веома актуелна и научно оправдана, и да ће дисертација садржати резултате који ће бити од интереса не само за теорију већ и за практичну примену.

Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Стручном већу за техничко–технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати поднети Извештај.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др **Аленка Миловановић**, ванредни професор Факултета техничких наука у Чачку.

У Чачку и Нишу,
јул 2014. године

Чланови комисије

1. _____
Др **Јерослав Живанић**, редовни професор
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: Теоријска и општа електротехника
2. _____
Др **Аленка Миловановић**, ванредни професор
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: Теоријска и општа електротехника
3. _____
Др **Ненад Цветковић**, доцент
Електронски факултет, Универзитет у Нишу
Научна област: Теоријска електротехника