

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата **мр Александра Недића, дипл. инг. ел.**

Одлуком бр. 964/1 од 30. јуна 2015. године, а на основу закључка и записника са 787. седнице Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду, одржане 23. јуна 2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације **мр Александра Недића, дипл. инг. ел.**, под насловом **“Оптимизација прорачуна пригушница за компензацију виших хармоника у нисконапонским електричним мрежама”**.

На основу исказа кандидата током усмене одбране теме докторске дисертације Комисија је предложила корекцију радног наслова дисертације у **“Оптимизација конструктивних параметара енергетских нискофреквентних пригушница”**. Кандидат и предложени ментор су се сагласили са предложеном корекцијом.

На основу докторског испита и приложеног материјала, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Мр Александар Недић, дипл. инж. ел. рођен је 02. септембра 1975. године у Ужицу, где је завршио основну и Техничку школу са одличним успехом. Школске 1994/95. уписао је Технички факултет у Чачку, смер индустријска електроенергетика, где је и дипломирао 2000. године. Последиломске магистарске студије уписао је на Електротехничком факултету у Београду школске 2000/01. на смеру Енергетски претварачи и погони. Магистарску тезу под насловом „Прорачун и конструкција пригушница за компензацију виших хармоника у нисконапонским електричним мрежама“ одбранио је 2007. године.

Од 25. децембра 2000. године је запослен у Ваљаоници бакра Сеојно а.д., где је прошао пут од инжењера приправника до Шефа припреме и производње ОЈ Ваљаоница Фемод - Електро погон. У том периоду је радио на пројектовању, ревизији, реализацији и у надзору разних пројеката широког спектра уређаја за потребе ливница и топионица црне металургије и обојених метала.

Објавио је 1 рад у часопису са ISI листе, 3 рада у националном стручном часопису и био руководилац једног иновационог пројекта који је финансирао Министарство за науку и технолошки развој РС.

1.2 Подаци о магистратури

Кандидат мр Александар Недић је последипломске академске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао школске године 2000/01. на смеру Енергетски претварачи и погони. Након што је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом, магистарску тезу под насловом „Прорачун и конструкција пригушница за компензацију виших хармоника у нисконапонским електричним мрежама“ одбранио је 05. новембра 2007. године и стекао академски назив Магистар електротехничких наука - област Енергетски претварачи и погони. Ментор при изради магистарског рада био је проф. др Радован Радосављевић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Основна тематика магистарског рада био је прорачун и конструкција једног специфичног типа пригушнице, али је рад тако конципиран да се прорачун може употребити за било коју нискофреквентну пригушницу. У раду је дата поједностављена процедура за избор магнетног кола, прорачун намотаја пригушнице, као и одређивање величине и броја ваздушних процепа. Досадашњи начин одређивања ових величина био је или аналитичким изразима у којима је било потребно усвојити велики број полазних података, или приближним и непрецизним графичким методама. Дат је аналитички и графички поступак за одређивање параметара пригушнице. Посебан значај има упрошћење поступка за одређивање величине и броја ваздушних процепа. Наиме, одређивање величине ваздушног процепа знатно је отежано јер се добија релативно компликована трансцендентална једначина. Користећи се методама нумеричке анализе могуће је добити дијаграме са којих се лако читава величина ваздушног процепа према задатој геометрији.

Магистарски рад садржи 172 странице стандардног формата А4. Подељен је у 6 поглавља. Увод је нумерисан. Рад садржи 5 табела, 32 слике и прилоге .

1.3 Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

1.3.1 Радови публиковани у часописима националног значаја (Категорија М51)

1. **Александар Недић:** „ Прилог методи моделовања трансформатора у засићењу“, Зборник радова Техничког факултета у Чачку, 2001., UDK 621(082)37(082), ISSN 0354-9844.

2. **Александар Недић, Раде Васиљевић:** „Нови метод прорачуна величине ваздушног процепа пригушница“, оригинални научни рад, UDC:621.3.018.8=861, Часопис „Техника“, број 3, 2009., ISSN 0040-2176 UDC: 62(062.2)(497.1)

3. **Драган Пантелић, Александар Недић, Раде Васиљевић:** Реконструкција бруснице, стручни рад, UDC: 621.922, Часопис „Техника“, број 4/2013., ISSN 0040-2176 UDC: 62(062.2)(497.1)

1.3.2 Иновациони пројекат у финансирању Министарства за Науку и технолошки развој РС

1. Александар Недић: Развој и конструкција пасивних филтера за компензацију виших хармоника у нисконапонским електричним мрежама, Иновациони пројекат Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, број РЗ-99/2009.

1.3.3 Радови публиковани у часописима са ISI листе (претрагом на интернету, комисија није успела на нађе рад са наведеним doi бројем - doi: 10.1049/iet-epa.2014.0446)

1. Aleksandar Nedić, Miodrag Simović, Zoran Lazarević, Saša Milić: „Implementation of Minimisation Techniques to Construction Optimisation of Iron-core Inductor“, IET - Electric Power Applications, ISSN 1751-8660, 2015, doi: 10.1049/iet-epa.2014.0446

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом досадашњем стручном и научном раду, а од којих би издвојили следеће:

- одбрана магистарске тезе под називом „Прорачун и конструкција пригушница за компензацију виших хармоника у нисконапонским електричним мрежама“, након полагања свих испита предвиђених наставним планом и програмом последипломских магистарских студија,
- публикација наведених радова, и поред чињенице да кандидат у оквиру редовног ангажовања на свом радном месту није превасходно оријентисан на научни већ претежно на стручни рад,
- остварено практично искуство у области коју покрива предложена тема докторске дисертације посебно кроз досадашње стручне активности у оквиру радног места,

као и на основу усмене одбране докторске теме, закључујемо да кандидат мр Александар Недић, дипл. инж. ел., испуњава услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1 Предмет истраживања ове докторске дисертације биће енергетске пригушнице мрежне учестаности- нискофреквентне пригушнице.

Пригушница је уобичајени назив за стварни индукциони калем који, као један од основних елемената електричних кола, има општу примену у свим областима електротехнике. Пригушнице налазе широку примену у електроенергетици, где је подручје примене дефинисано стандардима SRPS IEC 310 i SRPS N.H1.289. Примену су нашле:

1. У колима наизменичне струје: за смањење струје кратког споја, за благи старт асинхроних мотора великих снага, код електролучних пећи за стабилизацију лука, код регулационих трансформатора за спречавање кратког споја приликом пребацивања извода, пригушнице као део уређаја за симетрисање оптерећења и сл.

2. У енергетској електроници код статичких претвараача, где се користе као самостални филтри, или као део филтерских група и то: у колима једносмерне струје за редуковање наизменичне компоненте у исправљеном напону, као комутационе пригушнице у тиристорским колима са принудном комутацијом кроз које протичу краткотрајне импулсне струје великог интензитета, и сл.

3. У електроенергетици као пригушнице за уземљење звездишта трансформатора (Петерсенове пригушнице), код каблова са претежно капацитивном карактеристиком за њену делимичну компензацију, у постројењима за аутоматску компензацију реактивне снаге у комбинацији са тиристорима и кондензаторима, као филтери виших хармоника самостално или као део филтера одговарајућег хармоника, у виду заситљивих пригушница исте намене, као и филтери у мрежама МТК, и сл.

4. У електромоторним погонима за подешавање напона у спреси са диодама и тиристорима,

5. У системима са флуоресцентним цевима за њихово стартовање или компензацију реактивне снаге,

У раду ће бити извршена оптимизација нискофреквентних енергетских пригушница по више независних критеријума (маса, односно цена коштања, минимални губици или максимална индуктивност) уз одговарајућа ограничења у погледу габаритних димензија, максималних густина струје, индукције и загревања. Резултат оптимизације представљају димензије пригушнице, радна индукција у језгру, густина струје и температура.

2.2 Циљ истраживања биће оптимизација нискофреквентних (мрежних) пригушница коришћењем метода нелинеарне математичке оптимизације, али са освртом на чињеницу да неке променљиве у процесу оптимизације морају имати целобројне вредности (број навоја и ваздушних процепа у конкретном случају). У досадашњим истраживањима ове две величине нису се могле држати на целобројним вредностима због коришћења неадекватног софтвера који није могао подржати такву врсту прорачуна, односно оптимизације. Дате вредности заокруживане су на први следећи мањи или већи цео број, а потом су се морали вршити додатни прорачуни оптимизације других конструкционих параметара величина полазећи од усвојених целобројних вредности. На тај начин непотребно је компликован поступак, односно захтевао се додатни рад и време.

2.3 Значај спроведених истраживања биће оптимизација конструктивних параметара свих врста нискофреквентних, односно пригушница мрежне учестаности.

Са теоретског аспекта развиће се математички модели нискофреквентних пригушница засновани на апроксимативним аналитичким изразима и употребом Ламбертове W функције. Крајње једначине на основу којих ће се врши пројектовање спадају у класу оптимизационих проблема нелинеарног програмирања, конкретно целобројног сигномиалног програмирања.

Са практичног становишта тиме ће се смањити трошкови производње (пре свега смањење утрошка коришћених материјала, а самим тим и њихове цене), а са тиме и цена саме пригушнице. На тај начин овај рад имаће и економски аспект, гледано са стране произвођача. Наравно, при томе се подразумева одржавање захтеваних техничких карактеристика, као што су индуктивност, габаритне мере, фактор добротe, струја, класа изолованости и др.

2.4 Релевантни библиографски извори:

Најзначајније референце у које је кандидат имао увид и које је користио у својим досадашњим истраживањима везаним за проблематику докторске дисертације, наведене према редоследу публикација, су:

- [1] W. G. Hurley, W. H. Wolfe, *Transformers and Inductors for Power Electronics: Theory, Design and Applications*. Wiley, 2013.

- [2] K. W. E. Cheng, "High frequency inductor design for an aerospace application," *IEEE Colloquium on Capacitors and Inductors*, No. 054, pp. 2/1-2/4, 1996.
- [3] A. Rahimi-Kian, A. Keyhani, J. M. Powell, "Minimum loss design of a 100 kHz inductor with litz wire," *IEEE IAS*, pp. 1414-1420, 1997.
- [4] T. M. Undeland, J. Lode, R. Nielsen, *et al.*, "A single-pass method for high-frequency inductors," *IEEE Industry App. Mag.* Vol. 2, No. 5, pp. 44-51, 1996.
- [5] A. Sadeghian, J. D. Lavers, "Implementation of knowledge-based system for iron-core inductor design," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 40, pp. 3495-3507, 2004.
- [6] M. Bartoli, N. Noferi, A. Reatti, *et al.*, "Modelling litz-wire winding losses in high-frequency power inductors," *IEEE-PESC*, vol. 2, pp. 1690-1696, 1996.
- [7] R. K. Dhanwan, P. J. Davis, "Fuzzy logic based inductor design program," *APEC*, vol. 2, pp. 579-584, 1997.
- [8] S. Boggi, A. C. Razzitte, W. G. Fano, "Simulación numérica de la permeabilidad magnética aplicada a ferritas utilizando algoritmos genéticos," *IEEE-ARGENCON*, pp. 202-206, 2014.
- [9] T. Delaforge, H. Chazal, R.J.Pastarczyk, "Optimization of windings in PFC boosts and PWM inverters to maximize converter efficiency," *IEEE-APEC*, pp. 768-774, 2014.
- [10] Rabith A. Jabr, "Inductor design using signomial programming," *COMPEL* vol. 26, No. 2, 2007.
- [11] Lindo Systems Inc. , *LINGO 15 - the Modelling Language and Optimizer*. Lindo Systems, 2015.
- [12] K. Lange, H. Zhou, "MM algorithms for geometric and signomial programming," *Springer- Mathematical Programming*, Vol. 143, pp. 339-356, 2014.
- [13] V. Chandrasekaran, P. Shah, "Conic geometric programming," *IEEE-CISS*, pp. 1-4, 2014.
- [14] Gongxian Xu, "Global optimization of signomial geometric programming problems," *Elsevier- European Journal of Operational Research*, vol.223, pp. 500-510, 2014.
- [15] W. Hoburg, P. Abbeel, "Geometric Programming for Aircraft Design Optimization," *AIAA Journal*, Vol. 52, pp. 2414-2426, 2014.
- [16] R. Marti, G. Reinelt, *Branch-and-Bound*. Springer, 2011.
- [17] E. R. Hansen, *Global Optimization using Interval Analysis*. Marcel Dekker, 1992.
- [18] G. L. Kimmach, "Volume and mass estimation of three-phase high power transformers for space applications," *NASA*, 2004.
- [19] T. M. Undeland, J. Lode, R. Nielsen, *et al.*, "A single-pass method for high-frequency inductors," *IEEE Industry App. Mag.* Vol. 2, No. 5, pp. 44-51, 1996.
- [20] J. Fivaz, W. A. Cronje, "Inductor design aid employing genetic algorithms," *COMPEL*, vol. 20, No. 1, pp. 167-176, 2001.
- [21] S. Sudhoff, *Introduction to Electromagnet design*. Wiley- IEEE Press, 2014.

3. Полазне хипотезе

Традиционално, конструкција и прорачун нискофреквентних пригушница се ослањају на прорачун трансформатора, тако да су се први радови везани за оптимизацију базирали на оптимизацији конструкције трансформатора. Такође, прорачун и конструкција ових пригушница заснивали су се на емпиријски добијеним подацима, као и на искуству самог пројектанта, при чему су након израде прототипова вршене корекције у броју навоја и величини ваздушног процепа, пре почетка серијске производње.

Рана истраживања су покушала да редукују искуствене методе у корист математичких релација, на основу којих су развијени математички модели као основа за прорачун. На основу математичких модела прављени су рачунарски модели и вршене симулације, а све са циљем да се смањи време потребно за прорачуне.

Касније су, напредком рачунарског софтвера за оптимизацију, развијени модели оптимизације масе материјала пригушница базирани на сигномиалном програмирању коришћењем програмског пакета MOSEK. Предност овог приступа лежи у чињеници да је лако прилагодљив различитим функцијама циља - минимизацији цене коштања материјала, минимизацији губитака и максимизацији индуктивности за задато магнетно коло.

Иако на изглед добар приступ, он има неколико битних мана. Прво, овај програмски пакет не може да оперише са дискретним (целобројним) променљивама, а управо број навоја и величина ваздушног процепа имају такав карактер. Друго, иако је област толеранције задовољавајућа, може се добити и локални минимум који даје решење далеко од глобалног минимума. Највећа мана овог приступа је што се један број величина мора унапред усвојити, а потом се у циљу оптимизације врши њихова корекција, што може значајно повећати број потребних итерација.

За оптимизацију прорачуна овог типа пригушница користиће се програмски пакет LINGO (LINDO SYSTEMS, inc.), који не само да поседује велики број метода за решавање проблема оптимизације (како линеарних тако и нелинеарних), већ има и предност у односу на сличне програмске пакете што област толеранције може бити далеко мања. Такође, овај програмски пакет може вршити прорачуне са свим врстама променљивих, а даје и могућност „извоза“ података у друге пакете. То значи да се овај програмски пакет може користити за израду разних професионалних апликација са сложеним прорачунима.

4. Научне методе истраживања

Обзиром на чињеницу да ће задатак ове дисертације бити везан за оптимизацију параметара нискофреквентних пригушница употребом математичких модела нелинеарног програмирања, а све у циљу смањења трошкова производње и њихова што масовнија примена, методе научног истраживања биће прилагођене овим смерницама. Сам приступ у развоју нове методологије кретаће се у два правца, теоријском и практичном.

Теоријски приступ овој проблематици подразумеваће истраживања која ће се односити на развој и формирање математичког модела нискофреквентних пригушница који ће бити прилагођен проблематици форме нелинеарног програмирања - сигномиалном целобројном нелинеарном програмирању. За остварење задатка ове дисертације, односно за решење проблема нелинеарног програмирања користиће се Branch- and- Bound метода.

Практичан приступ потврди добијених решења биће израда пригушнице и мерење њених параметара на бази прорачуна са предложеном методом. За испитивање практично реализованог модела пригушнице користиће се најмодернија мерна опрема и мерни мостови последње генерације.

5. Очекивани научни допринос

- Главни очекивани допринос овог рада је развој аутоматизованог (рачунарског) поступка, и његова програмска реализација, за оптимизацију конструкције нискофреквентних пригушница са магнетним колом са процепом.
- Поступак и програм ће се применити на низ пригушница различитих параметара (најмање 5), и резултати (вредности индуктивности и губитака) проверити експериментално.
- Поред тога, тежина и губици ових пригушница ће се упоредити са тежином и губицима пригушница истих номиналних вредности, произведених од стране реномираних произвођача (најмање три произвођача).

Сам математички модел на основу кога се врши прорачун пригушнице не садржи научни допринос, већ се заснива на емпиријским формулама, општем знању из пројектовања магнетских кола (електомагнетике) и решењима која су садржана у магистарском раду кандидата. Слична је и ситуација са оптимизационим поступком, односно ни ту нема научних доприноса, већ се користи готов програмски пакет: одабрана метода са енглеским називом „branch-and-bound” користи се за решавање проблема оптимизације пригушница који је формулисан тако да спада у класу проблема целобројног сигномијалног програмирања. Одабрани оптимизациони метод је део комерцијалног програмског пакета (LINGO), који према наводима кандидата покрива све недостатке метода које су се раније користиле у области за оптимизацију конструкције пригушница: могућност рада са малом толеранцијом и целобројним променљивим величинама, као и прослеђивање података оптимизације у корисничке апликације.

- Очекује се да реализован програмски пакет за прорачун поменутих пригушница добије практичну примену у индустрији где постоје специфична ограничења везана за масу, губитке или индуктивност пригушнице.

6. План истраживања и структура рада

У уводном делу рада биће дат преглед појмова о пригушницама: дефиниција, област примене, подела, еквивалентна шема пригушнице и др.

У наставку биће дато упутство за прорачун и конструкцију пригушница са гвозденим језгром, биће изведене формуле и обрасци везани за сам ток прорачуна параметара: пресек стуба, број навоја, величина и број процепа, губици снаге и сл.

У трећем делу описаће се принципи математичке оптимизације, са освртом на методе који се користе у науци и техници. Посебно ће се описана област геометријског и сигномијалног програмирања са освртом на њихове целобројне форме.

У наставку, даће се теоријски оквир за извођење математичког модела пригушница, односно прилагођавање израза за параметре у сврху математичке оптимизације. Затим ће се извести математички модел оптимизације за случај минималне цене коштања уложеног материјала. Даће се упутство за проширење и прилагођење за модел минималне масе, минималних губитака и максималне индуктивности.

У следећем делу биће описан програмски пакет LINGO, имплементација Ламбертове W функције у софтверски алат, као и апликација за прорачун пригушница настала као резултат оптимизације. За израду апликације користиће се програмски пакет Microsoft Visual Studio, односно његови делови Microsoft Visual Basic за израду основне апликације и Microsoft Visual C++ за имплементацију Ламбертове W функције.

У претпоследњем делу даће се упутство и начини за испитивање нискофреквентних пригушница разним пригодним методама.

У раду ће бити презентовани експериментални подаци добијени као резултат израђене пригушнице и резултати поређења ових података са рачунским резултатима добијеним применом неоптимизованог прорачуна.

У закључном делу даће се најважнији акценти из дисертације са препорукама за решавање проблематике и смерницама за даља истраживања.

7. Закључак и предлог

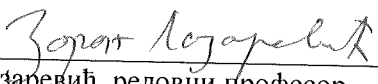
На основу свега наведеног, Комисија констатује да је предложени садржај теме докторске дисертације под радним насловом „Оптимизација конструктивних параметара енергетских нискофреквентних пригушница“ актуелан у светлу даљег развоја проблематике прорачуна, конструкције и оптимизације конструктивних параметара нискофреквентних пригушница. Стога би резултати до којих би требало да се дође у току израде ове докторске дисертације имали значајан како научни, тако и практични допринос у области електричних машина и опреме.

Кандидат мр Александар Недић се током свог вишегодишњег стручног ангажовања у оквирима редовних активности на свом радном месту веома често сусретао са овом проблематиком и показао је велики интерес за реализацију једног научноистраживачког приступа овој проблематици у свом раду. Комисија сматра да кандидат мр Александар Недић испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању РС и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме и приступање изради докторске дисертације под радним насловом „Оптимизација конструктивних параметара енергетских нискофреквентних пригушница“.

Ужа научна област дисертације су енергетски претварачи и погони, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан и акредитован. Узимајући у обзир поменуте чињенице, Комисија предлаже Наставно- научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату мр Александру Недићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом. За ментора израде докторске дисертације предлаже се проф. др Зоран Лазаревић, редовни професор, Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Уз овај извештај се прилаже и списак радова предложеног ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

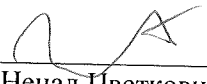
У Београду, 04. јула 2015. године

ПРЕДЛОЖЕНИ МЕНТОР:


др Зоран Лазаревић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:


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


др Ненад Цветковић, доцент
Универзитет у Нишу - Електронски факултет


др Драган Олћан, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

ПРИМЉЕНО: 07 JUL 2015			
Орг. је.з.	Број	Прилог	Вредност
	1272		

Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду

Одлуком бр. 964/1 од 30. јуна 2015. године, а на основу закључка и записника са 787. седнице Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду, одржане 23. јуна 2015. године, именован сам за члана Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације **мр Александра Недића, дипл. инг. ел.,** под насловом **“Оптимизација прорачуна пригушница за компензацију виших хармоника у нисконапонским електричним мрежама”**.

На основу докторског испита одржаног 2. јула 2015. године којем су присуствовали сви чланови Комисије, материјала који нам је достављен и консултација Комисије са кандидатом и предложеним ментором које су уследиле после усмене одбране, Већу подносим

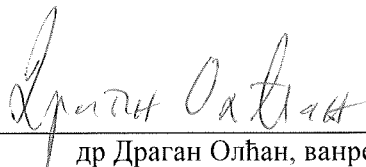
ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ

Имајући у виду:

- изузетну сличност тема магистарског рада кандидата и оригиналне верзије предложене докторске дисертације,
- врло велике разлике између коригованог предлога теме, са једне стране, и оригиналног предлога теме, као и онога о чему је разговарано на усменој одбрани, са друге стране, и
- чињенице да се у коригованом предлогу не очекују научни доприноси из електромагнетике и оптимизационих алгоритама,

сматрам да је потребно поновити процедуру пријаве теме и поново одржати усмену одбрану у складу са Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета.

Београд 7. јул 2015. године.



др Драган Олђан, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет