

## Факултет техничких наука

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ 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
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију  <b>16. јул 2015, Декан Факултета техничких наука</b>  <b>Наставно научно веће Факултета техничких наука</b></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> <p><b>др Љиљана Живанов</b>, редовни професор, Електроника, 01.10.2000, Факултет техничких наука, Нови Сад</p> <p><b>др Неда Пекарић-Нађ</b>, редовни професор, Теоријска електротехника, 13.07.2001, Факултет техничких наука, Нови Сад</p> <p><b>др Мирјана Дамњановић</b>, ванредни професор, Електроника, 07.10.2011, Факултет техничких наука, Нови Сад</p> <p><b>др Александар Менићанин</b>, научни сарадник, Електроника, 25.01.2012, Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд</p> <p><b>др Горан Стојановић</b>, редовни професор, Електроника, 21.10.2010, Факултет техничких наука, Нови Сад</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:  <b>Никола, Спасоје, Лечић</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:  <b>21. април 1983.</b>  <b>Нови Сад, Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив  <b>Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства - мастер</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија  <b>2007.</b>  <b>Енергетика, електроника и телекомуникације</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:  -</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:  -</p>

<p><b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>  <b>Планарни симетрични шестофазни индуктор са спрегнутим фазама за примене у DC/DC конверторима</b></p>
<p><b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>  Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.</p>
<p>Докторска дисертација написана је на 107 страна. Садржи 6 поглавља, 2 прилога, 5 табела, 110 слика и 82 навода литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику.</p> <p>Дисертација садржи следећа поглавља:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увод</li> <li>2. Досадашња истраживања у области израде и примене спрегнутих индуктора</li> <li>3. Пројектовање вишефазног спрегнутог индуктора</li> <li>4. Карактеризација шестофазног индуктора – резултати и анализа</li> <li>5. Перформансе шестофазног индуктора у радним условима</li> <li>6. Анализа остварених резултата и будући рад</li> </ol>
<p><b>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Дисертација у целини, као и њени поједини делови, имају добро систематизовану структуру и план излагања. Наслов рада јасно је формулисан и разумљив, прецизно описује предмет истраживања и у потпуности указује на садржај рада.</p> <p>Прво поглавље уопштено представља потребе модерних напајања, конкретно вишефазних DC/DC конвертора. Услед све озбиљнијих захтева при пројектовању процесора и графичких картица, долази до све већих захтева по питању квалитета њиховог напајања. И као најбитнији део уводног поглавља цитирани су резултати истраживања у којима је описан позитиван утицај коришћења спрегнутих индуктора на карактеристике ових напајања кроз смањену таласност њихових излазних и фазних струја, последично побољшану ефикасност (побољшање коефицијента корисног дејства кола у којима се користе), постизања жељених перформанси ових уређаја коришћењем мањег броја компоненти у колу (кондензатора), уз могућност за повећање брзине транзијентног одзива када се користе спрегнути индуктори.</p> <p>Друго поглавље је преглед до сада урађеног у области пројектовања спрегнутих индуктора, где је највећи акценат стављен на анализу модела урађених у планарној технологији и случајеве где су коришћена махом феритна језгра. Анализе из овог поглавља су послужиле као одлична основа за формирање листе захтева и потреба којима се аутор руководио током развоја концепта који је произашао као резултат ове дисертације.</p> <p>У трећем поглављу су описани кораци пројектовања и развоја компоненте. Дате су основне анализе електричних својстава феритних узорака произвођача Ceramic Magnetics, Inc, као и њихове структурне и механичке карактеристике. Анализом основних електричних параметара и механичких својстава прототипова, извршена је селекција расположивих феритних језгара. Одређени су најприкладнији за израду језгра и примену у пројектованим структурама.</p> <p>Четврто поглавље приказује експерименталне резултате параметара фаза L, R и k унутар компоненте. Осим тога, извршене су симулације у COMSOL multiphysics софтверу чиме су потврђени експериментални резултати, али и приказана анализа расподеле магнетског флукса унутар компоненте. Добијени резултати потврдили су симетричност фазних карактеристика пројектованих структура.</p> <p>У петом поглављу су посматране карактеристике компоненте у радним условима. Потврђено је да њена симетричност и коришћење више спрегнутих фаза позитивно утиче на ефикасност приказаног тест кола (вишефазног DC/DC конвертора) као и на брзину транзијентног одзива овога кола. Уопштено говорећи, иако је извршена најједноставнија анализа у радним условима, уочен је значајан допринос побољшању карактеристика тест кола када се у њему користи</p>

пројектовани вишефазни индуктор.

У шестом поглављу су представљене све предности и мане компоненте. Наведена су могућа унапређења и додатне аналитичке методе које би требало применити у будућим анализама компоненте.

Поглавље Литература садржи 82 литературна навода. Коришћена литература је савремена и правилно одабрана према захтевима теме која се разматра.

## **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 међународном часопису**

N. Lecic, G. Stojanovic, S. Djuric, and E. Laboure, „Design and Analysis of Planar Symmetric Six-Phase Coupled Inductors”, *IEEE Transation on Magnetics*, vol 51, no. 6, June 2015.

### **M33 - Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини**

N. Lečić, A.C.M. Kuniyil, G. Stojanović, „Characterization of Ferrite Materials Used as a Core for Multi-Phase Coupled Inductors”, *International Conf. and Expo. EPE2014*, pp. 917-920, Oct. 2014.

N. Lečić, A.C.M. Kuniyil, G. Stojanović and A. Pajkanović, „Low-Cost Multi-Phase DC/DC Buck Converter Test Circuit with Simple Control for Testing Multi-Phase Inductors”, *INDEL2014*, pp. 282-284, Nov. 2014.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У овој дисертацији је представљен симетрични дизајн вишефазних спрегнутих индуктора код којих сви фазни индуктори деле једно, заједничко, феритно језгро.

Пројектовани вишефазни индуктори су израђени у технологији штампаних кола (PCB). Представљен је дизајн једнослојне и двослојне структуре вишефазних индуктора, који су детаљно анализирани и чије су карактеристике упоређене. Пројектована језгра су произведена од комерцијално доступних феритних материјала C2025 и CN20, компаније Ceramic Magnetics, Inc. Ова језгра се монтирају на PCB са израђеним проводним намотајима и отворима за специјално пројектован облик језгра. На овај начин се добија компактна планарна компонента са шест индуктора, који су спрегнути међусобно унутар компоненте.

Добијени вишефазни индуктори су намењени употреби у вишефазним DC/DC конверторима на радним фреквенцијама у близини 1 MHz и вишим.

Електричне карактеристике индуктора су анализирани помоћу импедансног анализатора HP4194A у фреквенцијском опсегу од 50 kHz до 40 MHz и потврђени у симулационом софтверу COMSOL multiphysics. Расподела и густина магнетског флуksа у компонентама је такође анализирана помоћу симулација.

Једнослојна структура је тестирана у радним условима. У ту сврху је коришћен шестофазни buck конвертор у 6x1 радном режиму без затворене повратне спреге. Извршена је упоредна анализа са 2x1 конфигурацијом где су спрегнуте само две фазе. Забележен је значајан допринос побољшању карактеристика кола које се огледа кроз пораст ефикасности тест кола и бржи транзијентни одзив излазног сигнала када се у тест колу користи пројектовани вишефазни индуктор.

Разматрајући целокупну докторску дисертацију, Комисија је закључила да она својим садржајем,

постигнутим резултатима и закључцима задовољава све критеријуме који се постављају пред докторску дисертацију и стога представља оригиналан научни допринос од значаја у области електронике али и у области примењене електромагнетике.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

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

Кандидат Никола Лечић у целости је обавио истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави докторске дисертације. Резултати дисертације проистекли су из обимних и детаљних истраживања у области пројектовања и фабрикације спрегнутих индуктора са феритним језгром. Резултати истраживања приказани су јасно и прегледно. Тумачењем добијених резултата и њиховим поређењем са резултатима других аутора изведени су одговарајући закључци, који пружају корисне информације и за будућа истраживања.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

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

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
Дисертација садржи оригиналне научне доприносе као и све елементе потребне за разумевање обрађене тематике и добијених резултата. Дат је преглед коришћене литературе, а резултати истраживања су приказани и тумачени на одговарајући начин.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци  
У овој докторској дисертацији приказани су резултати истраживања у области пројектовања и анализе рада вишефазних индуктора са спрегнутим фазама. Основни научни допринос докторске дисертације огледа се у развијеном новом дизајну планарне компоненте симетричне структуре која садржи шест међусобно спрегнутих индуктора.  
Показано је да пројектована компонента има добре карактеристике које се огледају у унапређењу ефикасности DC/DC конвертора у којима се користе, побољшаној брзини транзијентног одзива кола, смањењу губитака, бољим термичким својствима и малим димензијама целокупне компоненте. Услед симетричности компоненте и фазних индуктора, поједностављено је формирање управљачких режима вишефазних DC/DC конвертора у којима се компонента користи.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
Дисертација нема битне недостатке који утичу на резултате истраживања.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација кандидата Николе Лечића, под насловом „Планарни симетрични шестофазни индуктор са спрегнутим фазама за примене у DC/DC конверторима“, урађена под менторством проф. др Горана Стојановића прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_  
др Љиљана Живанов, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник

\_\_\_\_\_  
др Неда Пекарић – Нађ, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

\_\_\_\_\_  
др Мирјана Дамњановић, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

\_\_\_\_\_  
др Александар Менићанин, научни сарадник,  
Институт за мултидисциплинарна истраживања,  
Београд, члан

\_\_\_\_\_  
др Горан Стојановић, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, 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.