



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централна: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2016-12-07

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 26. редовној седници одржаној дана 30.11.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 11. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 11.13.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

"ПРОТОТИП ЕЛЕКТРОНСКОГ КОЛА ЗА ТЕСТИРАЊЕ ВИШЕФАЗНИХ СПРЕГНУТИХ ИНДИКАТОРА"

Аутори техничког решења: Никола Лечић, Снежана Ђурић, Милан Радовановић, Горан Стојановић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeap@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01-сл

Ваш број:

Датум: 2016-11-03

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 25. редовној седници одржаној дана 26.10.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 10. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 10.2.12: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Проф. др Бранко Докић, Електротехнички факултет, Универзитет у Бањалуци, Електронски факултет у Нишу
- Др Срђан Станковић, професор емеритус, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

Назив техничког решења:

"ПРОТОТИП ЕЛЕКТРОНСКОГ КОЛА ЗА ТЕСТИРАЊЕ ВИШЕФАЗНИХ СПРЕГНУТИХ ИНДИКАТОРА"

Аутори техничког решења: Никола Лечић, Снежана Ђурић, Милан Радовановић, Горан Стојановић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Прототип:

Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора

Руководилац пројекта: ред. проф. др Владимир Срдих,

Одговорно лице: ред. проф. др Горан Стојановић

Аутори: Никола Лечић, Снежана Ђурић, Милан Радовановић, Горан Стојановић

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја III45021

Година: 2016

Примена: 01.11.2016

Кратак опис

Пројектовано је коло шестофазног DC/DC buck конвертора специјално физички прилагођено за спровођење тестова на структурама вишефазних спрегнутих индуктора са феритним језгром. Идеја је била да се са што мање ресурса развије коло које ће омогућити анализу кључних перформанси шестофазног спрегнутог индуктора. Задатак овог тест кола је да симулира радне режиме у којима би се могао наћи један овакав спрегнути индуктор и анализирају његове перформансе. Тест коло чине два дела: управљачки блок и блок велике снаге. Приказани су упоредни резултати анализе ефикасности кола у уобичајеним условима рада и приликом коришћења свих капацитета симетричног шестофазног спрегнутог индуктора. Урађена је и упоредна анализа таласности фазних струја и транзијентног одзива у различитим режимима рада. Додатно, приказана је и термална анализа тест кола и компоненте у радним условима.

Техничке карактеристике:

Главни део једноставног управљачког блока јесте Атемелов АТ ТИНУ26 микроконтролер. Управљачки сигнали из контролера се преко кола за синхронизацију (M74HCT541B1R) преносе ка блоку велике снаге, односно директно на гејтове снажних МОСФЕТ-ова. Максимална радна фреквенција која се постиже овим управљачким блоком износи око 5 MHz. Предвиђени радни режими (у смислу укључивања различитих фаза вишефазног спрегнутог индуктора) кола су следећи: 1x1, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1, 3x2 и 2x3. Одзив излазне струје мерен је помоћу прецизног отпорника од 50 mΩ.

Техничке могућности:

Ово тест електронско коло може изложити спрегнути вишефазни индуктор реалним условима рада где прекидачка фреквенција може бити реда до десетак MHz. Ово коло налази своју примену у напонским регулаторима код микропроцесорских напајања.

Реализатори:

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Депарتمان за енергетику, електронику и телекомуникације, Катедра за електронику.

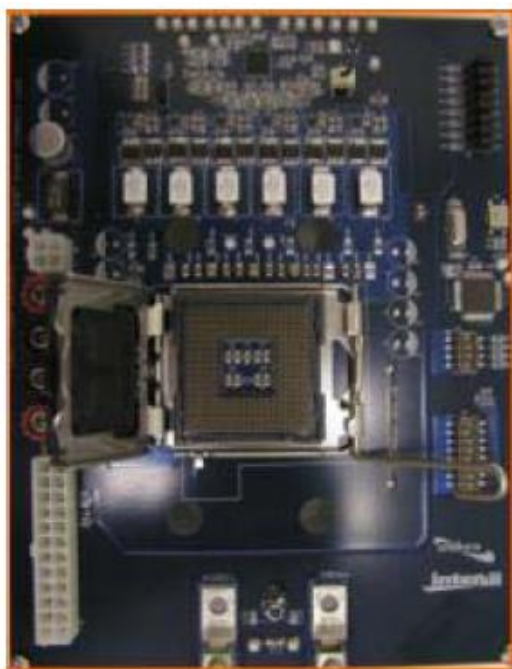
Корисници:

Ирител а.д. Београд, Факултет техничких наука, Нови Сад

Подтип решења:

Прототип– M85

У доступној литератури се могу пронаћи решења коришћених електронских кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора^{1,2,3}. Једно од најинтересантијих решења представља коло шестофазног напонског регулатора Интерсил ISL6327⁴. Ово коло (Слика 1) поседује шест контролабилних фазних канала и контролу излазне струје. Коришћењем оваквог кола би се могле добити анализе при различитим радним режимима и факторима испуне активних фаза. Осим експериментисања са распоредом активних фаза и истовременог активирања више фаза, јако интересно би било анализирати утицај промене фактора испуне управљачког сигнала између 25 – 75% и могућих управљачких стратегија^{5,6}.



Слика 1. Интерсил ISL6327 шестофазни *buck* конвертор демо плоча



Слика 2. Хардверски део тест кола тростепеног DC/DC конвертора

Интегрисани спрегнути индуктори су тестирани у тези⁷ коришћењем тростепеног DC/DC конвертора. Тест коло је приказано на Сlici 2. Коло користи 1200V/400A IGBT модулу компаније Semikron.

¹ „Maxim MAX8686“, [online] <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX8686.pdf>

² „Linear technology, LTC6909“, [online] <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/6909fa.pdf>

³ G. Zhu and K. Wang, „Modeling and Design Considerations of Coupled Inductor Converters“, APEC.2010, pp. 7-13, Feb. 2010.

⁴ „Intersil ISL6327“, [online] <http://www.intersil.com/en/products/power-management/switching-controllers/multiphase-controllers/ISL6327.html>

⁵ A. Pascual, G. Eirea, E. Fereira, „A Control Strategy for Multi-Phase Buck Converters under Dynamical Selection of Active Phases“, Energy Conv. Congress and Expo., 2009. IEEE ECCE 2009, pp. 1112 – 1117, Oct. 2009.

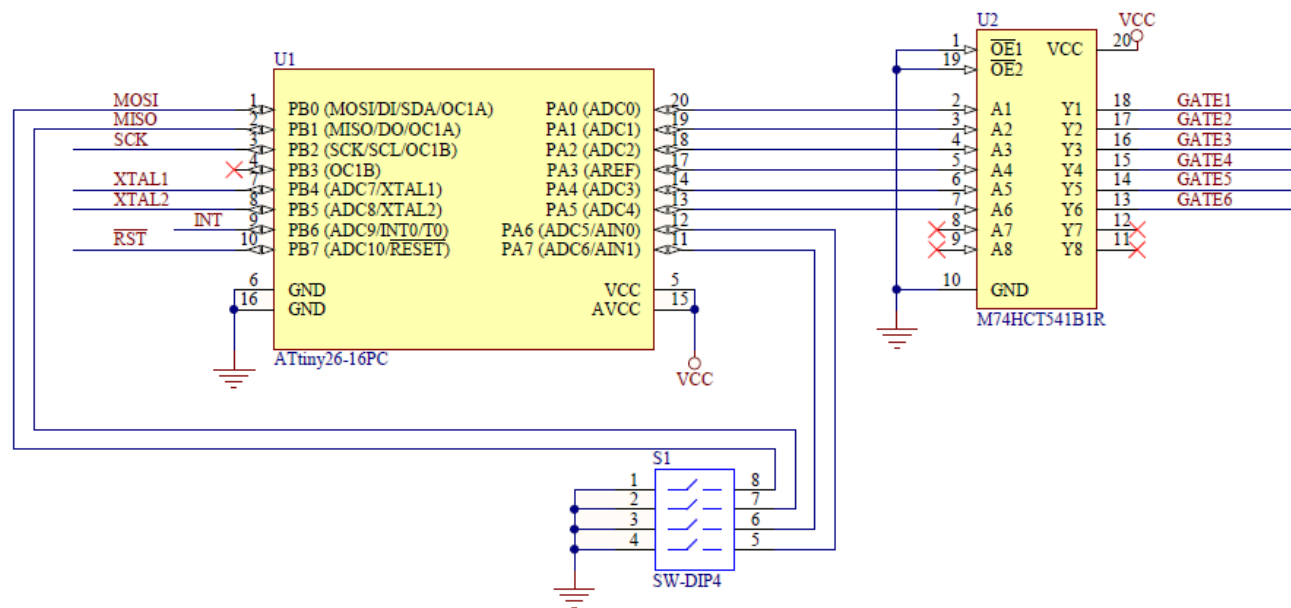
⁶ M. O’Loughlin, „An Interleaved PFC Preregulator for High-Power Converters“, Texas Instruments, [online] <http://www.ti.com/download/trng/docs/seminar/Topic5MO.pdf>

⁷ R. Qin, „Study on Three-level DC/DC Converter with Coupled Inductors“, Master thesis, Virginia Polytechnic Institute, 2016.

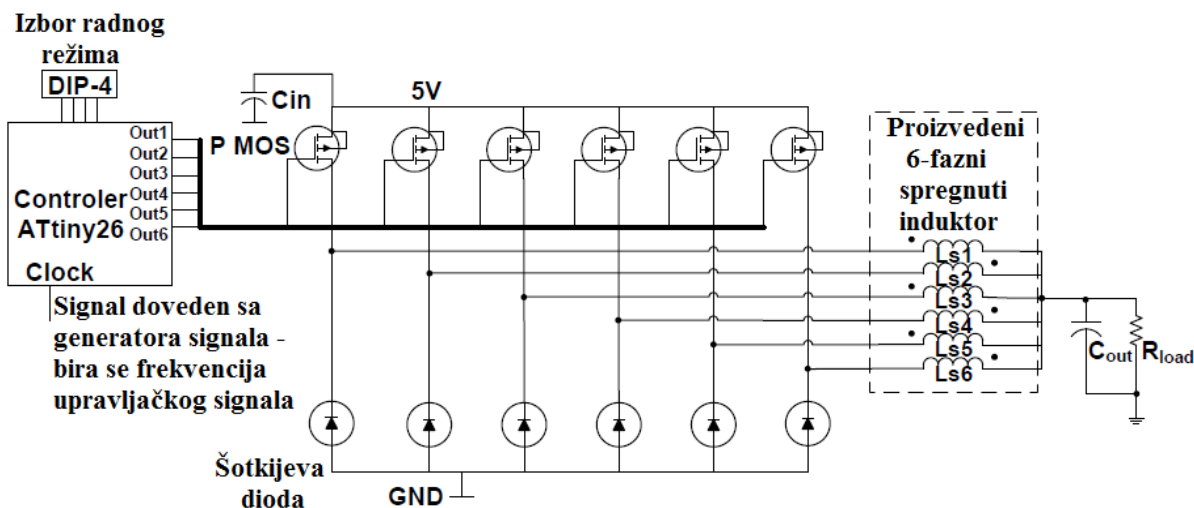
Пројектовање електричног кола за тестирање вишефазних индуктора

Циљ овог техничког решења је да представи тест коло за одређивање перформанси вишефазних спрегнутих индуктора са феритним језгром, обично направљених на штампаној плочи. На Слици 2 је приказана шема управљачког блока овог тест кола. Главни део једноставног управљачког блока јесте Аتمелов АТ ТИНУ26 микроконтролер. Управљачки сигнали из контролера се преко кола за синхронизацију (M74HCT541B1R) преносе ка блоку велике снаге, односно директно на гејтове снажних МОСФЕТ-ова. Микроконтролер је тако подешен да буде синхронизован помоћу спољног генератора сигнала уместо помоћу кристалног осцилатора унутар самог микроконтролера. Спољном синхронизацијом се омогућава кориснику да врло лако контролише радну фреквенцију микроконтролера, те се последично олакшава контрола фреквенције управљачких сигнала на излазу контролера. Тиме се добија једноставна контрола радне фреквенције тест кола и лака анализа перформанси спрегнутог индуктора на различитим радним фреквенцијама. Максимална радна фреквенција која се постиже овим управљачким блоком износи око 5 MHz. На шеми се може видети и четворополни прекидач SW-DIP4 који служи за избор радних модова кола. Предвиђени радни режими кола су следећи: 1x1, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1, 3x2 и 2x3.

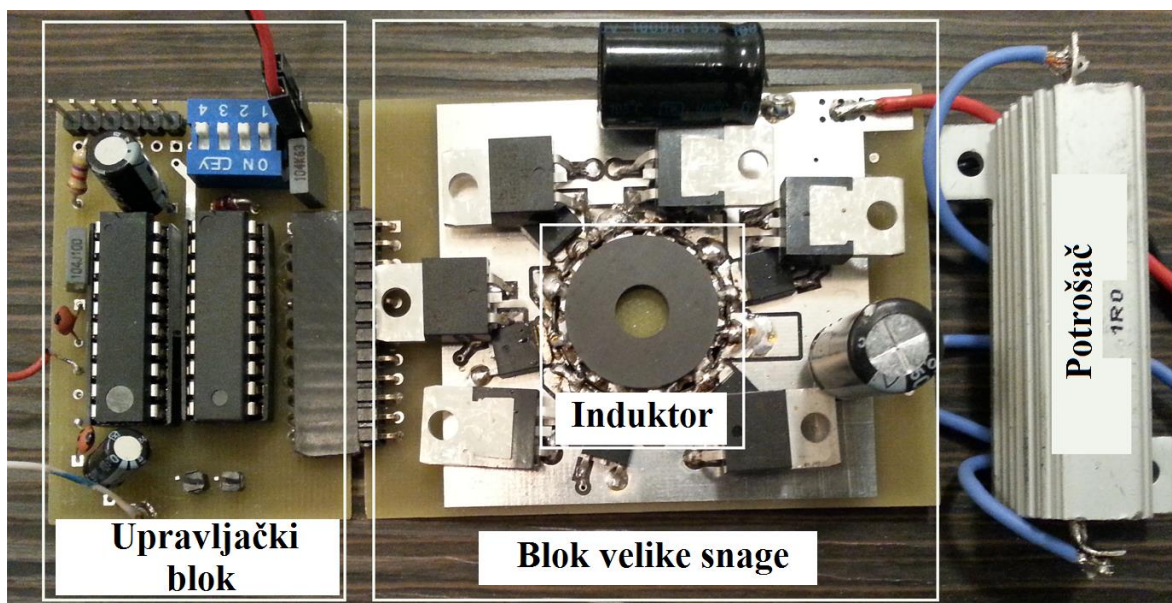
На упрошћеној шеми комплетног тест кола која је приказана на Слици 3, може се видети шема блока велике снаге. Овај део кола је формиран као упрошћени концепт Виск конвертора у коме се у свакој од шест фаза користи комбинација МОСФЕТ-диода. SMD PMOS транзистори IRF5305 су изабрани за контролабилне прекидачке елементе у комбинацији са Шоткијевим диодама које имају брз одзив и служе да обезбеде квалитетан релаксациони циклус индуктора. Излази свих шест фазних индуктора се спајају у једну тачку на излазу кола са које се напаја потрошач. Изглед направљеног тест кола је дат на Слици 4 где су обележени управљачки и блок велике снаге, као и тестирани узорак индуктора и потрошач на излазу кола. У коло су уграђена само два кондензатора који су приказани на шеми, $C_{in}=1000\ \mu\text{F}$ и $C_{out}=470\ \mu\text{F}$.



Слика 2. Шема управљачког блока тест кола



Слика 3. Упрошћена шема комплетног тест кола

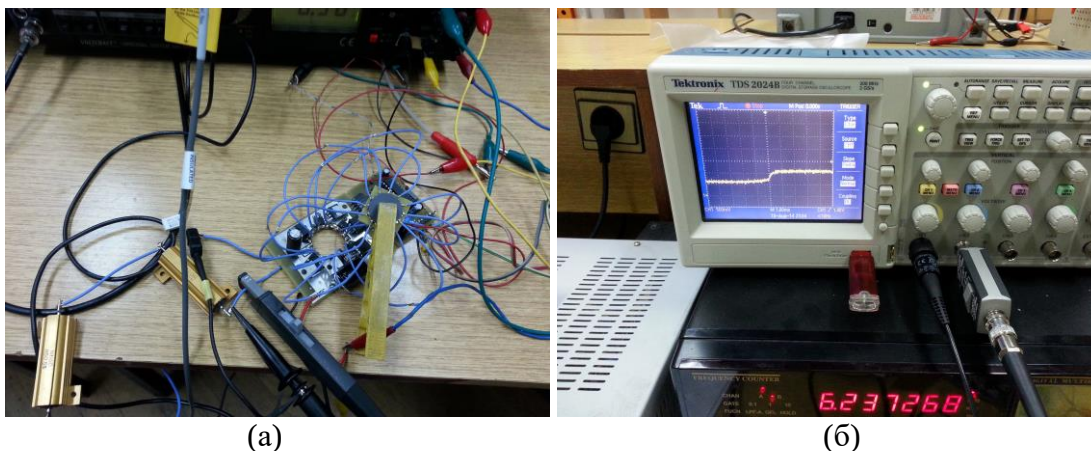


Слика 4. Тест коло са шестофазним индуктором и монтираним узорком језгра

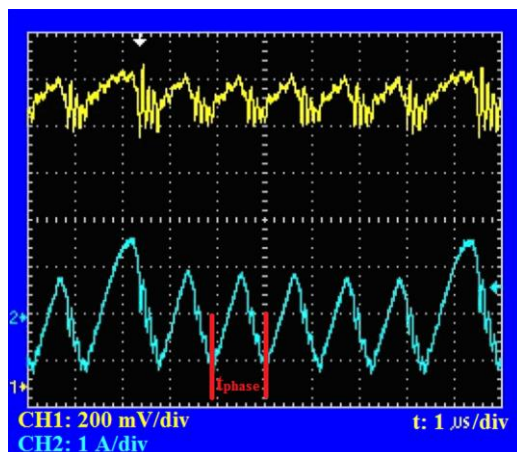
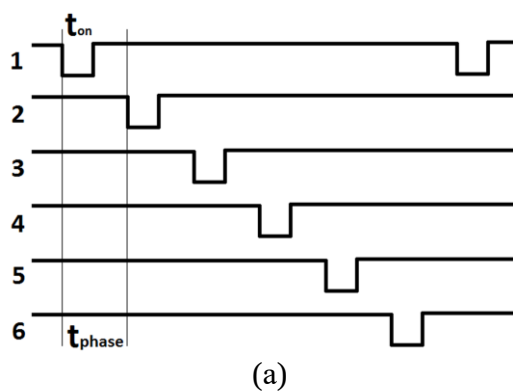
Одзив тест кола са спрегнутим индуктором у различитим радним режимима

Приликом снимања и анализе понашања тест кола коришћен је осцилоскоп произвођача Tektronix TDS 2024B. На Слици 5 може се видети која је све опрема коришћена током анализа. Поред осцилоскопа, коришћена је АС струјна сонда марке Tektronix P6022 [53], као и сигнал генератор за побуду тест кола. Пробни тест је урађен на једнослојном узорку индуктора са феритним језгром ознаке C2025 (иницијалне пермеабилности око 230) у радном моду 6x1 чији је контролни сигнал приказан на Слици 6а. Свака фаза је била активна током једнаког временског периода $t_{phase}=1.1 \mu s$, укупан фактор испуне кола у овом радном режиму је 50% (свака појединачна фаза доприноси са 1/6 удела укупном излазном сигналу). Амплитуда контролног сигнала има вредност од 5 V. Радна фреквенција кола је износила 909 kHz. Одзив кола је приказан на Слици 5.5б. Фазна индуктивност износи 230 nH, док је коефицијент спреге између

суседних индуктора $\kappa=0.27$. Сигнал на CH1 представља излазни напон, док сигнал на CH2 представља АС компоненту укупне излазне струје кола ка потрошачу. Током овог теста је управљачки сигнал кола подешен тако да последњу фазу држи мало дуже активну како би се лакше пратио почетак новог круга контролног сигнала 6x1. Због тога АС компонента струје за последњу фазу има мало шири одзивни сигнал и већу амплитуду. Ако се занемари проширење контролног сигнала, лако се уочава да је одзив кола са шестофазним спрегнутим симетричним индуктором задовољавајућег облика и да је уочљива добра балансираност фазних струја, што се осликава на облик излазне струје.



Слика 5. Тест индуктора у радном режиму: а) тест коло са узорком индуктора и мерним сондама и б) сигнал генератор и осцилоскоп који су коришћени током тестова



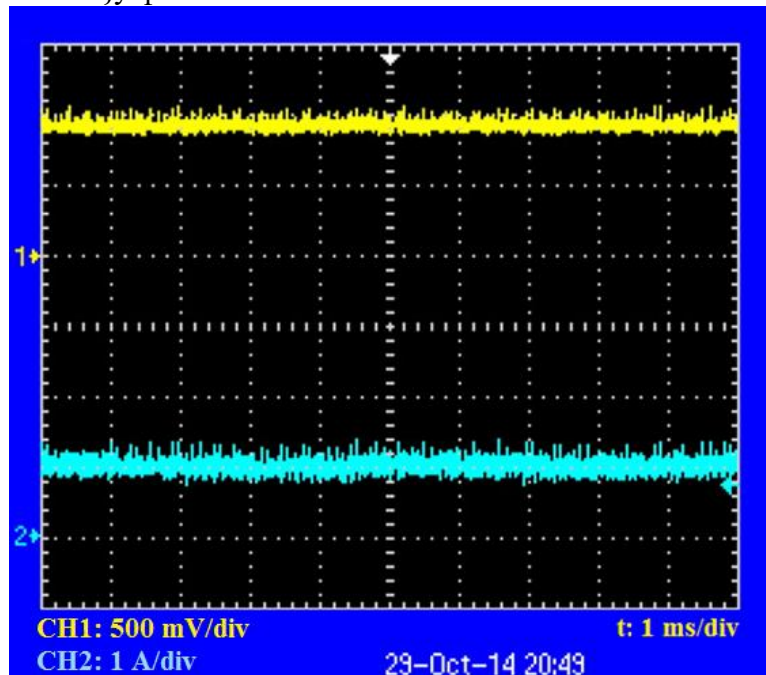
(б)

Слика 6. Излазни сигнал тест кола са једнослојном структуром индуктора и феритним језгром C2025 а) контролни сигнал 6x1 тест мода, б) одзив кола у 6x1 моду

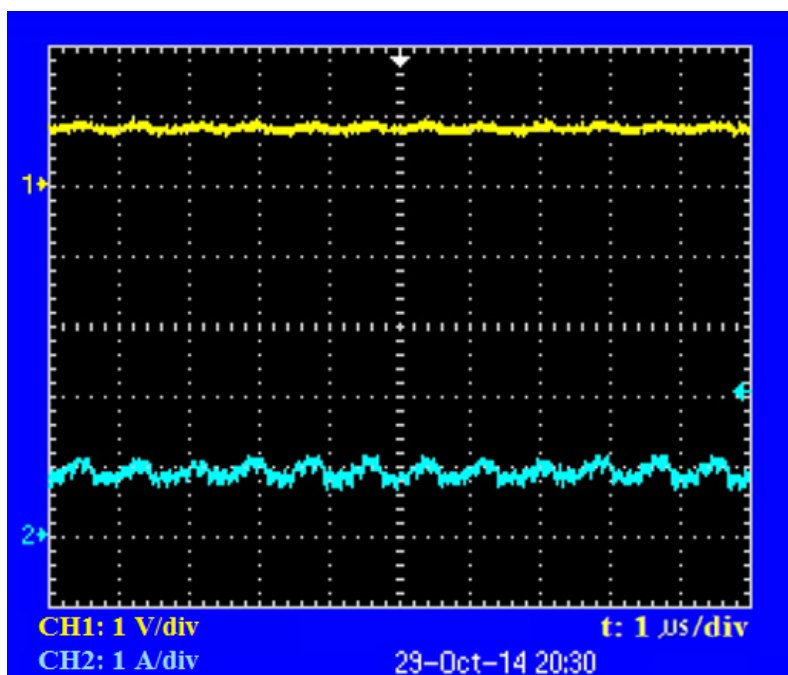
Да би се у пракси потврдиле добре карактеристике симетричних шестофазних спрегнутих индуктора извршено је упоредно тестирање структуре са два спрегнута фазна индуктора и структуре са шест спрегнутих фазних индуктора. Двофазни индуктор је имао фазну индуктивност $L_s=650$ nH и коефицијент спреге између индуктора $|k|=0,1$. Једнослојни шестофазни спрегнути индуктор, који је представљен у претходним поглављима, са намонтираним феритним језгром CN20 имао је фазну индуктивност од 650 nH и коефицијент спреге између суседних индуктора од $|k|=0,3$. За симулацију топологије са два спрегнута индуктора употребљене су фазе 1 и 4 једнослојне структуре шестофазног спрегнутог индуктора. Тиме је обезбеђено да фазне индуктивности у оба случаја буду једнаке. Спрега између фазних индуктора у оба случаја је била негативна.

Одзив излазне струје мерен је помоћу прецизног отпорника од 50 mΩ. Отпорник је редно везан у грану потрошача. Тиме је обезбеђено мерење струје потрошача помоћу напонске сонде на крајевима отпорника од 50 mΩ. Оваква поставка се најчешће користи за детекцију транзијентног одзива кола. Радна фреквенција кола током анализе износила је 1,18 MHz. Мерени резултати на излазу кола су дати на Сликама 7 и 8.

Може се уочити да је боља филтрација излазних сигнала постигнута коришћењем шестофазног индуктора у 6x1 радном моду. Ефикасност кола (η , представља однос снаге предате потрошачу на излазу кола и утрошене укупне снаге) у радном режиму 2x1 је износила 36,82% (потрошња на улазу износи $U_{out}=0.9$ V/ $I_{out}=0.9$ A, вредности мерене на излазу износе $U_{in}=5$ V/ $I_{in}=0,44$ A). На истој фреквенцији, али у радном режиму 6x1 са једнослојним шестофазним спрегнутим индуктором у колу ефикасност кола је порасла на 41,28% ($U_{in}=5$ V/ $I_{in}=0,35$ A, $U_{out}=0.85$ V/ $I_{out}=0.85$ A). Може се закључити да је ово значајно побољшање ефикасности кола које се може постићи употребом симетричног шестофазног спрегнутог индуктора и повећањем коефицијената спреге између фаза.



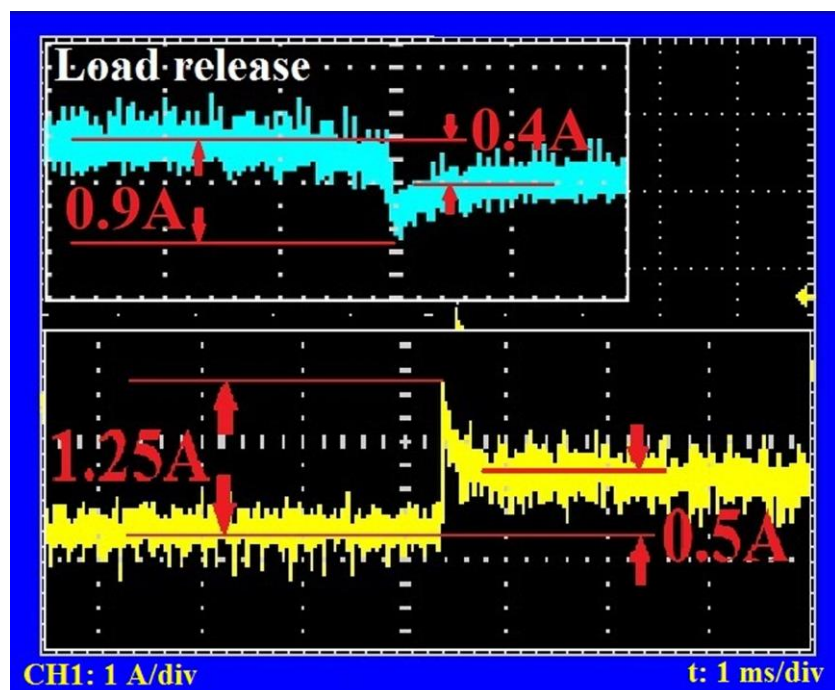
Слика 7. Одзив кола у радном режиму 2x1, (при $U_{in}=5$ V/ $I_{in}=0,44$ A, добија се на CH1: $U_{out}=0.9$ V/ CH2: $I_{out}=0.9$ A)



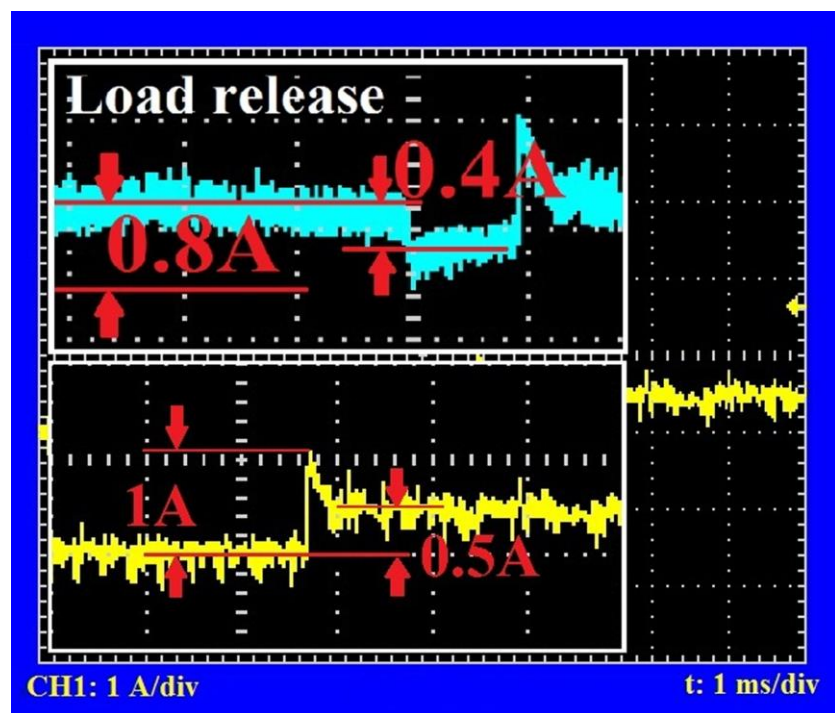
Слика 8. Одзив кола у радном режиму 6x1, (при $U_{in}=5\text{ V}/I_{in}=0,35\text{ A}$, добија се на CH1: $U_{out}=0.85\text{ V}$ / CH2: $I_{out}=0.85\text{ A}$)

Једна од кључних предности коришћења спрегнутих индуктора, поред повећања ефикасности напонских регулатора, јесте могућност постизања бољег одзива кола при наглом порасту потрошње. Постоје различите методе и опрема за анализу транзијентног одзива напонских регулатора⁸. Транзијентни одзив је анализиран у радним режимима 2x1 и 6x1 коришћењем истих узорака индуктора. У складу са могућностима кола, спроведена је анализа одзива кола на изненадну промену оптерећења где излазна струја има скок са 2 А на 2,5 А. Осим тога, анализирана је и брзина одзива у случају када се излаз кола нагло растерети и излазна струја опадне са 1,4 А на 1 А. На Сликама 9 и 10 су издвојени резултати брзине одзива тест кола у радним режимима 2x1 и 6x1. Транзијентни одзив је мерен, на раније описаном, керемичком прецизном отпорнику од 50 mΩ. Овај отпорник је употребљен за детекцију брзе промене струје из разлога што струјна сонда због своје унутрашње индуктивности има врло спор одзив на промене мереног сигнала, док керамички отпорник поседује занемарљиво малу унутрашњу индуктивност. Анализом добијених резултата са Слика 9 и 10 се може закључити да се са шестофазним индуктором у радном режиму 6x1 добија боље филтрирање излазног сигнала, мањи „пик” струје и бржи транзијентни одзив у поређењу са уобичајеном конфигурацијом са две спрегнуте фазе.

⁸ „Linear Technology”, [online] <http://www.linear.com/product/LTC6909>



Слика 9. Транзијентни одзив тест кола у радном режиму 2x1

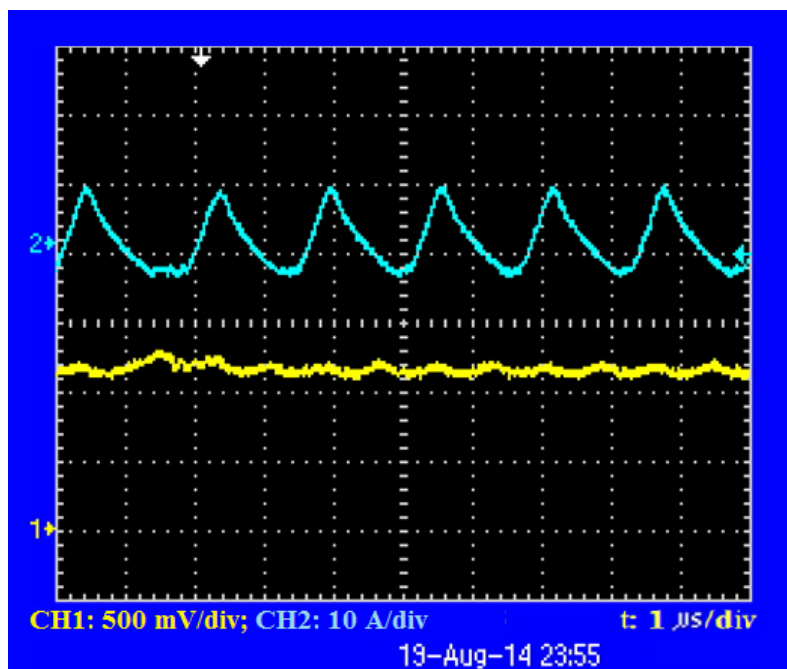


Слика 10. Транзијентни одзив тест кола у радном режиму 6x1

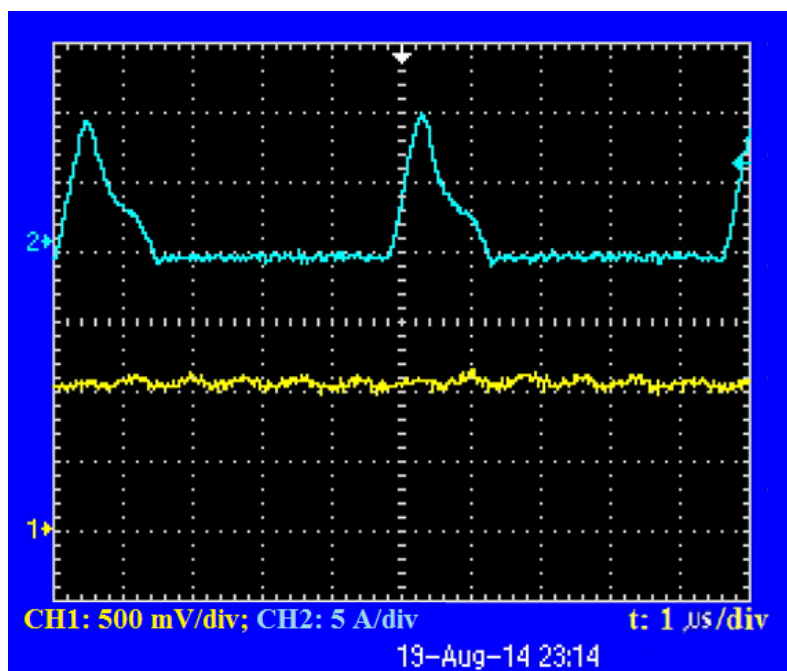
Фазне струје индуктора

Извршена је и анализа фазне струје спрегнутог индуктора. Фазна струја, односно њена таласност, значајно утиче на ефикасност кола. Спрезањем суседних фаза се тежи управо смањењу таласности фазних струја. У исто време, симетричност између фаза је јако битна особина јер балансираношћу фаза не долази до непредвиђених скокова фазне струје и добија се већа ефикасност кола.

На слици 11 је представљен сигнал фазне струје у току рада тест кола у режиму 2x1. Струја је снимљена помоћу струјне сонде у односу 1/10. Када се уврсти размера, може се израчунати да амплитуда фазне струје у 2x1 радном режиму тест кола износи 13,5 А. На слици 12 је приказана фазна струја индуктора са шест спрегнутих фаза у радном режиму 6x1 на истој фреквенцији као и за случај 2x1. Амплитуда фазне струје у режиму 6x1 износи 10 А, чиме се може констатовати да је дошло до смањења таласности фазне струје у режиму 6x1. Самим тим долази до пораста ефикасности кола.



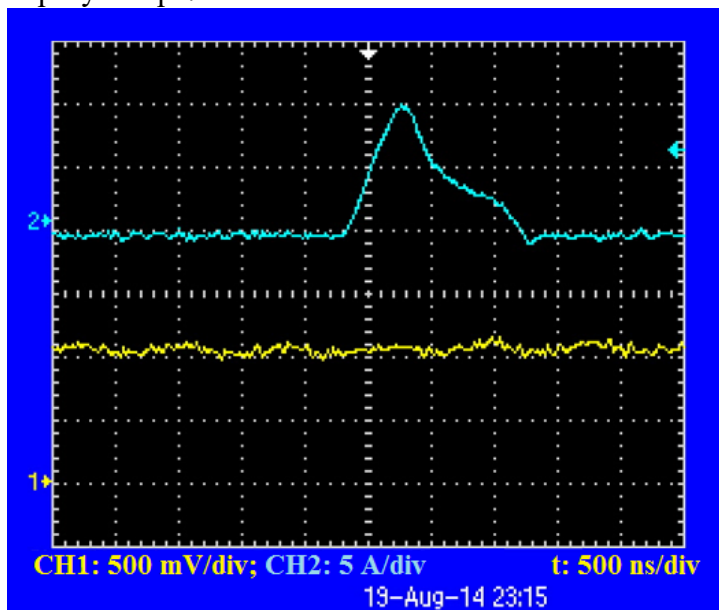
Слика 11. Фазна струја у радном моду 2x1 (на CH2:13,5 А)



Слика 12. Фазна струја у радном моду 6x1 (на CH2:10 А)

Оно што је потребно додатно прокоментарисати јесте облик фазне струје у шестофазном спрегнутом индуктору. Услед симетричности структуре, све фазне струје су једнаке и постиже се добра балансираност између фаза. Детаљ који се може уочити код развученог сигнала фазне

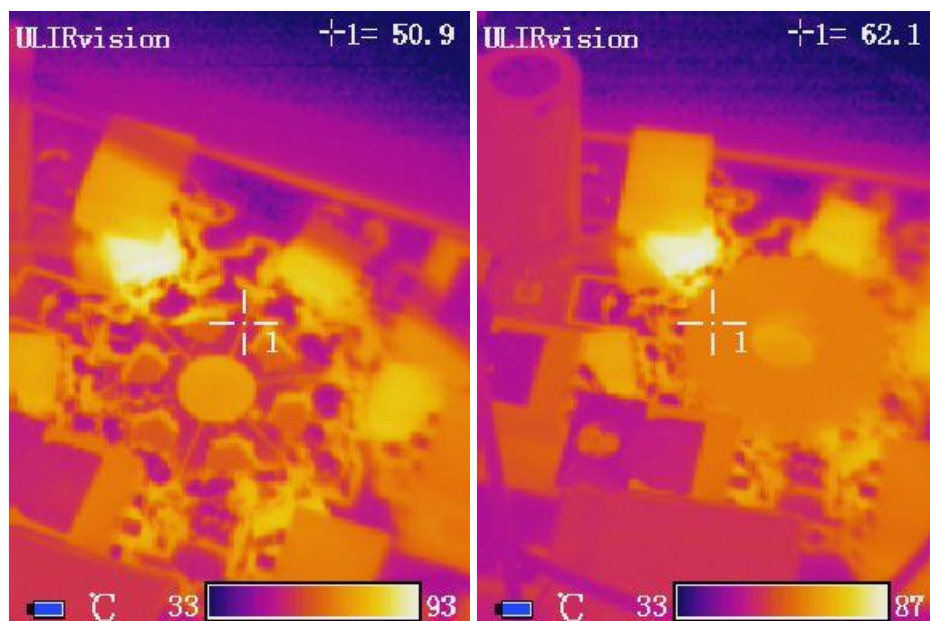
струје јесте његов „седласти” облик (Слика 13). Овај облик се јавља као последица спреге суседних фаза и што је коефицијент спреге већи, стрмина опадања фазне струје је мања. Овакво понашање спрегнутих фаза смањује амплитуде фазних струја и доприноси унапређењу ефикасности напонских регулатора.



Слика 13. “Седласти” облик фазне струје

Термалне особине анализиране компоненте у тест колу

Температурна својства и расподела топлоте кроз узорак у току рада анализирани су помоћу термалне камере ULIRVision TI160. Посматран је узорак индуктора без језгра и узорак индуктора са монтираним језгром. Електронско коло је током теста радило у радном режиму 6х1. Слика 14 приказује анализе забележене термалном камером. Температура индуктора без језгра је била 50.9°C, док је температура индуктора са монтираним феритним језгром C2025 порасла на 62.1°C. Киријева температура феритног материјала Ц2025 износи 270°C, а материјала CN20 износи 185°C. Монтирано језгро блокира размену температуре са околином чиме смањује квалитет хлађења компоненте уз додатно загревање које настају услед губитака у језгру. На повећање температуре додатно утиче и пренос топлоте са полупроводничких компоненти које су смештене близу узорка. На МОСФЕТ-овима се јавља значајније загревање услед рада у прекидачком режиму на вишим фреквенцијама. Може се, такође, приметити да се један од прекидачких МОСФЕТ-ова током рада више загревао од осталих. Овакво понашање је последица коришћења 25% ширег управљачког импулса на тој фази. Анализа расподеле топлоте на узорку је показала да је топлота била равномерно распоређена између свих фаза у раду тест кола. Из тог разлога се може закључити да у радним условима сви параметри и узајамни утицаји унутар компоненте задржавају симетричност без обзира на ниво оптерећења кола.



Слика 14. Снимак термалне камере ULIRVision TI160, једнослојни индуктор у тест колу (а) без језгра (б) са језгром C2025

Примена

Представљено електронско коло налази своју примену у напонским регулаторима у микропроцесорским напајањима.

Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора је реализован на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру пројекта III45021.

Штампано – октобар 2016.

РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за писање техничког решења

Прототип:

Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора

Број пројекта: III45021

Руководилац пројекта: ред. проф. др Владимир Срдић,

Одговорно лице: ред. проф. др Горан Стојановић

Аутори: Никола Лечић, Снежана Ђурић, Милан Радовановић, Горан Стојановић

Развијено: у оквиру интердисциплинарног пројекта III45021

Година: 2016

Примена: 01.11.2016

Реализатори: Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за енергетику, електронику и телекомуникације, Катедра за електронику

Корисници: Ирител а.д. Београд, Факултет техничких наука, Нови Сад

Подтип решења: Прототип - M85

Образложење

Реализација електронских кола за тестирање развијених пасивних компоненти пре свега индуктора је од изузетне важности у савременој електроници. Циљ овог техничког решења је био да практично развије једноставно и јефтино коло за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора реализованих у технологији штаманих плоча и инкорпорираних у феритно језгро. Коришћењем оваквих кола би се могле добити анализе при различитим радним режимима и факторима испуне активних фаза. Осим експериментисања са распоредом активних фаза и истовременог активирања више фаза, јако интересантно је анализирати утицај промене фактора испуне управљачког сигнала.

Пројектовано је електронско коло шестофазног DC/DC buck конвертора специјално физички прилагођено за спровођење тестова на структурама вишефазних спрегнутих индуктора са феритним језгром. Идеја је била да се са што мање ресурса развије коло које ће омогућити анализу кључних перформанси шестофазног спрегнутог индуктора. Задатак овог тест кола је да симулира радне режиме у којима би се могао наћи један овакав спрегнути индуктор и анализирају његове перформансе. Тест коло чине два дела: управљачки блок и блок велике

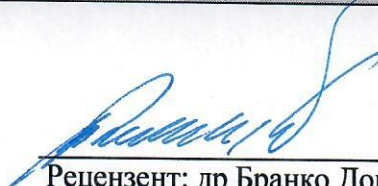
снаге. Главни део једноставног управљачког блока јесте Атмелов АТ ТИНУ26 микроконтролер. Управљачки сигнали из контролера се преко кола за синхронизацију (M74HCT541B1R) преносе ка блоку велике снаге, односно директно на гејтове снажних МОСФЕТ-ова. Максимална радна фреквенција која се постиже овим управљачким блоком износи око 5 MHz. Предвиђени радни режими (у смислу укључивања различитих фаза вишефазног спрегнутог индуктора) кола су следећи: 1x1, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1, 3x2 и 2x3. Одзив излазне струје мерен је помоћу прецизног отпорника од 50 mΩ.

Приказани су упоредни резултати анализе ефикасности кола у уобичајеним условима рада и приликом коришћења свих капацитета симетричног шестофазног спрегнутог индуктора. Урађена је и упоредна анализа таласности фазних струја и транзијентног одзива у различитим режимима рада. Додатно, приказана је и термална анализа тест кола и компоненте у радним условима.

На основу достављеног материјала, а у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије, рецензент оцењује да резултат односно решење под називом: „Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора“, испуњава услове да буде признат као техничко решење Лабораторијски прототип – ранга М85.

Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора је развијен на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта број III45021 код Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У Бањалуци, 31.10.2016.



Рецензент: др Бранко Докић
Редовни професор, Електротехнички факултет
Универзитет у Бањалуци

РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за писање техничког решења

Прототип:

Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора

Број пројекта: III45021

Руководилац пројекта: ред. проф. др Владимир Срдих,

Одговорно лице: ред. проф. др Горан Стојановић

Аутори: Никола Лечић, Снежана Ђурић, Милан Радовановић, Горан Стојановић

Развијено: у оквиру интердисциплинарног пројекта III45021

Година: 2016

Примена: 01.11.2016

Реализатори: Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Депарتمان за енергетику, електронику и телекомуникације, Катедра за електронику

Корисници: Ирител а.д. Београд, Факултет техничких наука, Нови Сад

Подтип решења: Прототип - M85

Образложење

Проблем који се техничким решењем решава: Проблем који се овим техничким решењем решава је недостатак једноставних и јефтиних електронских кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора са феритним језгром. Такође овим решењем се омогућава једноставна анализа перформаци испитиваних компоненти при различитим радним режимима и факторима испуне активних фаза. Осим експериментисања са распоредом активних фаза и истовременог активирања више фаза, може се анализирати и утицај промене фактора испуне управљачког сигнала.

Стање решености тог проблема у свету: У техничкој литератури и на тржишту се могу наћи доста скупа решења која недопуштају једноставне промене и експериментисање од стране корисника. На пример, једно интересантно решење представља коло шестофазног напонског регулатора Интерсил ISL6327. Такође постоји решење који користи тростепени DC/DC конвертор за тестирање интегрисаног спрегнутог индуктора, при чему се користи 1200V/400A IGBT модул компаније Semikron.

Карактеристике предложеног техничког решења: Пројектовано је електронско коло шестофазног DC/DC buck конвертора специјално физички прилагођено за спровођење тестова на структурама вишефазних спрегнутих индуктора са феритним језгром. Идеја је била да се са што мање ресурса развије коло које ће омогућити анализу кључних перформанси шестофазног спрегнутог индуктора. Задатак овог тест кола је да симулира радне режиме у којима би се могао наћи један овакав спрегнути индуктор и анализирају његове перформансе. Тест коло чине два дела: управљачки блок и блок велике снаге. Главни део једноставног управљачког блока јесте Атомелов АТ ТИНУ26 микроконтролер. Управљачки сигнали из контролера се преко кола за синхронизацију (M74HCT541B1R) преносе ка блоку велике снаге, односно директно на гејтове снажних МОСФЕТ-ова. Максимална радна фреквенција која се постиже овим управљачким блоком износи око 5 MHz. Предвиђени радни режими (у смислу укључивања различитих фаза вишефазног спрегнутог индуктора) кола су следећи: 1x1, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1, 3x2 и 2x3. Одзив излазне струје мерен је помоћу прецизног отпорника од 50 mΩ. Приказани су упоредни резултати анализе ефикасности кола у уобичајеним условима рада и приликом коришћења свих капацитета симетричног шестофазног спрегнутог индуктора. Урађена је и упоредна анализа таласности фазних струја и транзијентног одзива у различитим режимима рада. Додатно, приказана је и термална анализа тест кола и компоненте у радним условима.

Могућности примене предложеног техничког решења: Представљено електронско коло налази своју примену у напонским регулаторима у микропроцесорским напајањима.

Закључак: На основу увида у приложену документацију, а у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије, предлажем да се решење под називом: „Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора“, прихвати као техничко решење Лабораторијски прототип – ранга М85.

Прототип електронског кола за тестирање вишефазних спрегнутих индуктора је развијен на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта број III45021 код Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У Београду, 28.10.2016.



Рецензент: др Срђан Станковић
Професор емеритус, Електротехнички факултет
Универзитет у Београду