



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 31.08.2021. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Богдан Божовић под насловом „Упоредна анализа управљања претварачима *Dual-Active Bridge* и *CLLC* топологија“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Богдан Божовић је рођен 01.03.1995. године у Београду. Завршио је основну школу при Математичкој гимназији у Београду као вуковац. Уписао је Математичку гимназију у Београду и коју је завршио са одличним успехом. Током школовања учествовао је на више такмичења из математике и физике са запаженим успехом. На државном такмичењу из историје освојио је прво место. Дипломирао је на одсеку за Енергетику 2018. године са просечном оценом 8,26. Дипломски рад одбранио је у септембру 2018. године са оценом 10. Током студија учествовао је на међународном такмичењу у области енергетске електронике где је са тимом Електротехничког факултета освојио треће место. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за енергетску ефикасност уписао је у октобру 2018. године. Положио је све испите са просечном оценом 9,8. Професионалну каријеру започео је октобра 2018. године у компанији “Kinestas d.o.o.” као јуниор хардвер дизајн инжењер. Од марта 2021. године ради у фирми “Elsys Eastern Europe” као хардвер дизајн инжењер.

2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 43 стране, са укупно 30 слика и графика, 21 табелом и 6 референци. Рад садржи резиме, увод, 5 поглавља и закључак (укупно 7 поглавља) и списак коришћене литературе.

У првом, уводном поглављу, објашњен је ток развоја индустријских и резиденцијалних система за складиштење енергије као и потреба и настанак нових полупроводничких и претварачких топологија. Уводно поглавље такође представља укратко и теме којима се баве наредна поглавља.

Друго поглавље представља принцип резонантног преноса енергије. Представљени су делови кола једног резонантног претварача са фокусом на типове резонантног међукола. Такође, представљени су режими рада ових претварача који омогућују да се полупроводничко прекидање дешава при нултој струји или нултом напону што минимизује прекидачке губитке у колу. Уз то, укратко је представљен процес дизајна оваквог претварача.

Треће поглавље доноси преглед постојећих конвенционалних и резонантних топологија *DC/DC* претварача са презентованим оквирним особинама и применама. На крају трећег поглавља врши се одабир топологија те се даје објашњење за исто.

У четвртном поглављу даје се детаљан опис одабраних топологија. У то спадају принципијелне блок шеме претварача и дијаграми таласних облика у међуколу. За резонантни *CLLC* претварач дат је и дијаграм радних режима у зависности од одабира резонантних учестаности.

Пето поглавље задира дубље у процес дизајна и оптимизације параметара претварача. У ту сврху користе се оптимизационе скрипте развијене у софтверском алату *Matlab* као и *SPICE* симулације. На почетку поглавља задају се пројектни услови, тј. основни улазно-излазни параметри претварача. У следећем кораку, за тако одабране параметре, бирају се релевантни полупроводнички елементи те се врше *SPICE* симулације у сврху одабирања најбољег решења. Тако одабрани модел транзистора се увози у *Matlab* скрипте које, на основу задатих параметара, прорачунавају параметре међукола. Скрипте у обзир узимају све губитке у магнетним материјалима као и губитке у бакру, максимално загревање и максималне дефинисане димензије претварача, и као такве дају детаљне смернице за дизајн међукола. У раду је представљен ток извршења скрипти, график са могућим решењима, као и по једно одабрано решење за обе топологије.

Шесто поглавље се бави имплементацијом *single phase-shift* методе управљања на обе претварачке топологије. Управљање је реализовано у отвореној спрези и имплементирано је унутар софтверског алата *PLECS*. У раду су дати прикази шема оба претварача, добијени таласни облици напона на излазу и на трансформатору као и таласни облик струје у међуколу. Такође представљени су и резултати у погледу ефикасности при номиналном оптерећењу за обе топологије за више различитих улазних и излазних нивоа напона.

Финално, седмо поглавље, даје закључак на претходно изведену анализу и представља неколико предлога у погледу даљег унапређивања рада, како у погледу оптимизационих скрипти и алата и методе управљања, тако и у погледу унапређења самог хардвера новим решењима на пољу полупроводничких технологија и саме реализације хардвера у реалном свету.

3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Богдана Божовића бави се проблематиком развоја од идеје до софтверске реализације бидирекционих *DC/DC* претварача високе ефикасности. Овај уређај енергетске електронике има широку примену у великом броју апликација, где су најчешће пуњачи за електричне аутомобиле са могућношћу враћања енергије у електроенергетски систем (*V2G* претварачи), системи за непрекидно напајање и обновљиви извори енергије.

Као главни циљеви рада изнети су концепти бидирекционих *DC/DC* претварача на системском нивоу, а након тога извршена је комплентна оптимизација хардвера те имплементација једне од могућих метода управљања. Касније симулације са већ имплементираном контролом потврдиле су одабир компонената и дизајн међукола у смислу високих ефикасности и могућности израде овако компактнoг уређаја и у реалности.

Главни доприноси рада су:

- 1) Системско познавање сложенoг уређаја енергетске електронике и свих његових делова
- 2) Аутоматизована оптимизација дизајна *DC/DC* бидирекционих електроенергетских претварача
- 3) Имплементација једне методе управљања и компаративна анализа оба претварача.
- 4) Приказ целокупног процеса дизајна једног уређаја енергетске електронике почевши од примене/захтева, преко одабира одговарајуће топологије, одабира полупроводничких елемената и дизајна међукола и улазних/излазних кондензатора.
- 5) План даљег рада на скриптама у циљу проширења и оптимизације алата, план имплементације другачијих метода управљања и развој регулатора у затвореној спрези и имплементација нових полупроводничких технологија у дизајн.

4. Закључак и предлог

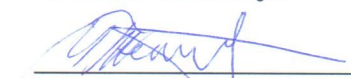
Кандидат Богдан Божовић је у свом раду успешно приказао цео пројекат реализације бидирекционих DC/DC претварача који омогућавају напајање једносмерних потрошача као што су батеријски системи или једносмерни мотори. Одабрани концепти имају потенцијал да постану релевантна решења за поменуте примене.

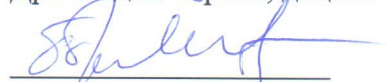
Кандидат је исказао систематичност у свом поступку као и широк спектар знања који је потребан за реализацију софтверски контролисаног уређаја енергетске електронике.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Богдана Божовића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 17.09.2021. године

Чланови комисије:


Др Младен Терзић, доцент


Др Богдан Брковић, доцент