

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.09.2025 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Марко Лазаревић под насловом „Оптимални дизајн магнетског кола спрегнутих калемова код енергетских претвараача велике густине снаге“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Марко Лазаревић је рођен 21.5.2001. у Београду. Завршио је основну школу „Јован Дучић“ у Београду као вуковац и ђак генерације. Потом је уписао Прву београдску гимназију у Београду, коју је завршио као вуковац. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2020. године. Дипломирао је на одсеку за Енергетику у септембру 2024. године са просечном оценом 9,69. Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Енергетску ефикасност, уписао је у октобру 2024. Током студија активно је учествовао у научно-истраживачким и практичним пројектима. У трећој години основних студија, обавио је стручну праксу у компанији "Iritel". Са тимом H-Bridges 2024. године освојио је четврто место на међународном такмичењу IFEC (International Future Energy Challenge) у Остину, Тексас са пројектом стерео аудио појачавач у класи Д. Са истим тимом је у децембру 2024. године освојио друго место на државном такмичењу за "Најбољу технолошку иновацију". Након одобреног финансирања у оквиру програма "Smart Start", са језгром тима H-Bridges 2024 отворио је фирму H4SOUND која се бави наставком развоја аудио појачавача за комерцијалне примене. Током мастер студија, своја истраживања при Лабораторији за дигитално управљање претварачима и погонима представио је и у стручној јавности, учешћем на конференцијама CIGRE 2025 и Енергетска електроника 2025 у Новом Саду.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.9.2025. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Марка Лазаревића под насловом „Оптимални дизајн магнетског кола спрегнутих калемова код енергетских претвараача велике густине снаге“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи извештај: Кандидат Марко Лазаревић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област којој припада тема мастер рада. Анализирана су постојећа решења и проблеми у области моделирања и пројектовања спрегнутих калемова код енергетских претвараача велике густине снаге. Истраживањем области утврђено је да се велики број аналитичких модела у литератури заснива на линеарном моделирању који не уважавају моделирање ивичних ефеката у околини ваздушног зазора и нелинеарну расподелу флукса у феритним материјалима. Додатно, показано је да постојећи модели пружају прихватљиву тачност за одређени опсег дужине ваздушног зазора у односу на апсолутну дужину магнетског кола. Анализом решења је утврђено да постоји значајан простор у области за аналитичке моделе које уважавају наведене феномене и који могу знатно убрзати процес пројектовања магнетских кола. Употреба оваквих модела би знатно допринела и унапређењу статичког и динамичког понашања енергетских претвараача велике густине снаге. У оквиру истраживања кандидат је прошао процес од дефинисања хипотеза, анализе литературе, формирања аналитичких и симулационих модела, пројектовања и производње прототипа до експерименталних испитивања и дискусије резултата.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 34 стране, са укупно 27 слика, 8 табела и 14 референци. Рад садржи увод, 5 поглавља и закључак (укупно 7 поглавља), литературу, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Поглавље 1. описује предмет и циљ рада. Дата је потреба за развојем спрегнутих пригушница код претвараача велике густине снаге и потреба за развојем нових модела које би убрзали процес пројектовања магнетских кола. У Поглављу 2. дата је методологија за пројектовање пригушница. Дефинисани су улазни параметри, критеријуми и софтверски алати које се користе у пројектовању. У Поглављу 3. полазећи од линеарног модела развијен је унапређени релуктантни модел који уважава ивичне ефекте као и закривљење линија магнетског флукса. Модел пружа распрегнуту анализу N-фазних пригушница независну у односу на

реализовану спрегу. Изведени су изрази за одређивање транзијентне и индуктивности устаљеног стања. Динамичко и статичко понашање модела у функцији реализоване спреге је испитано над развијеним симулационим моделом у програмском алату LT Spice. Моделирање ваздушног зазора је урађено коришћењем Шварц–Кристофеловог пресликавања. У Поглављу 4. приказан је процес пројектовања пригушнице по критеријуму максималних дозвољених губитака. Употребом релуктантног модела и Ansys Maxwell софтвера спроведена је анализа модела и пројектовање спрегнуте пригушнице према дефинисаним критеријумима. Спроведена је анализа засићења магнетског кола, магнетске симетрије и утицај примене дискретног и расподељеног зазора. Кандидат је одradio све кораке неопходне да би направио прототип вишефазног спрегнутог калема. Пригушница је примењена за потребе четворофазног претварача спуштача напона. Експериментална испитивања спроведена су у Поглављу 6. у релевантним радним режимима, са дозвољеном валовитошћу струје до 70 А. Упоредени су добијени путем експеримената, развијеног модела, у софтверу Ansys Maxwell, и линеарним моделом. На крају рада, дат је преглед мастер рада као и даљи истраживачки правци.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Марка Лазаревића се бави проблематиком у области моделирања и пројектовања спрегнутих калемова код енергетских претварача велике густине снаге. У оквиру истраживања, кандидат је полазећи од дефинисаних хипотеза развио аналитички модел који уважава моделирање ивичних ефеката у околини ваздушног зазора и нелинеарну расподелу флукса у феритним материјалима. Дата је обједињена метода за прорачун релуктансе језгра са нелинеарним моделом ваздушног зазора у облику јединствене методологије за пројектовање вишефазних калемова код енергетских претварача велике густине снаге. Развијени аналитички модел је прво испитан, у циљу дефинисања статичког и динамичког понашања у програмском пакету LT Spice. Даље, су полазни модели проширени уважавајући раније наведене нелинеарне феномене. Аналитички релуктантни модел је даље искоришћен за потребе унапређења модела губитака. Полазећи од развијених аналитичких модела, пројектовање пригушнице је оптимизовано према критеријуму минимизације губитака снаге у софтверу Ansys Maxwell. У оквиру истраживања кандидат је прошао процес од дефинисања хипотеза, анализе литературе, формирања аналитичких и симулационих модела, пројектовања и производње прототипа до експерименталних испитивања и дискусије резултата. Основни резултати рада су:

- аналитички релуктантни модел који уважава моделирање ивичних ефеката у околини ваздушног зазора и нелинеарну расподелу флукса у феритним материјалима.
- аналитички модел губитака снаге који се заснива на унапређеном релуктантном моделу.
- методологија за пројектовање оптималних спрегнутих пригушница по критеријуму минимизације губитака
- методологија за пројектовање спрегнутих пригушница према критеријумима који описују динамичко понашање енергетског претварача,

5. Закључак и предлог

Кандидат Марко Лазаревић је у свом мастер раду истражио и развио унапређени аналитички релуктантни модел и методологију за пројектовање вишефазних спрегнутих пригушница. Развијени модел уважава ивичне ефекате у околини ваздушног зазора и нелинеарну расподелу флукса у феритним материјалима. Такође, модел се може употребити у циљу унапређења постојећих аналитичких модела за оцену губитака снаге. Развијени модел показује одличну тачност са мање од 5% одступања у односу на експериментално добијене резултате при јасно дефинисаним ограничењима у погледу димензије ваздушног зазора. Предложена побољшања могу значајно да унапреде и убрзају процес пројектовања и оптимизације магнетских кола у применама код енергетских претварача велике густине снаге. Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

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

др Александар Милић Доцент
сагласан, 13.10.2025.

др Богдан Брковић Доцент
сагласан, 14.10.2025.

Жарко Копривица Асистент
сагласан, 13.10.2025.