



# 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 нас је на својој седници одржаној 06.07.2015. године именовала у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Александра Милића под насловом „Мултифазне електричне машине у погонским системима електричних возила са интегрисаним пуњачем батерија“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Александар Милић је рођен 13.08.1993. године у Смедереву. Прва четири разреда основне школе је завршио у школи „Партизански борац“ у Друговцу код Смедерева, док је последња четири разреда завршио у основној школи „Димитрије Давидовић“ у Смедереву. Гимназију у Смедереву уписује 2008. године и завршава је са одличним успехом. Електротехнички факултет уписује 2012. године. Дипломирао је 2016. године са просечном оценом 9,3. Дипломски рад одбранио је у септембру 2016. године са оценом 10. Маја 2015. године осваја прво место у појединачној и тимској конкуренцији у научној дисциплини *Електричне машине* на међународном такмичењу студената електротехнике – Електријада 2015. године у Бечићима, Црна Гора. У јануару 2016. године ангажован је на Катедри за енергетске претвараче и погоне као демонстратор. Мастер студије уписао је у октобру 2016. на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу енергетска ефикасност. Положио је све испите са просечном оценом 10. У јануару 2017. године примљен је на Катедру за енергетске претвараче и погоне где ради као сарадник у настави.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 149 страна, са укупно 60 слика, 20 табела и 77 референци. Рад садржи увод, 4 поглавља и закључак (укупно 6 поглавља), списак коришћене литературе преглед слика, преглед табела и код у прилогу.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Представљени су разлози за увођење електричних возила у комерцијалну употребу, главни проблеми са којима се сусрећу електрична возила и преглед преосталих поглавља.

У другом поглављу је дат преглед развоја електричних возила као и поређење електричних и традиционалних возила са СУС моторима. Потом је пружен преглед могућих извора енергије у склопу електричних возила, и поглед на електрични систем као целину у оквиру електричног аутомобила.

Треће поглавље се бави системима за пуњења батерије у склопу аутомобила. Описан је процес пуњења литијум-јонских батерија. Направљен је преглед примењивих стандарда који се односе на пуњење батерија у електричним аутомобилима као и преглед значајних величина и параметара које поменути стандарди прописују. Анализа је потом усмерена на пуњач у оквиру аутомобила уз приказ до сада познатих и примењених решења. Дат је преглед могућих топологија и објашњени су сви елементи обухваћени датим топологијама.

На крају овог поглавља, изнети су главни проблеми који постоје код традиционалних пуњача.

Треће поглавље се бави решавањем проблема изнетих у другом поглављу. Предлог решења је дат у облику интегрисаних топологија који у склопу пуњача користе и статорске намотаје трофазних вучних мотора. Приказан је преглед интегрисаних топологија са трофазним машинама у коме је обрађено укупно 9 топологија. За сваку од њих су дати принципи рада, одговарајуће заменске шеме, мане и предности, док је на крају прегледа дата кратка рекапитулација топологија и њихових индекса перформансе. У последњем одељку је указано на главне проблеме у реализацији и експлоатацији интегрисаних топологија, међу којима је и појава нежељеног обртног поља које се јавља у трофазним вучним машинама у случају где се статорски намотаји користе као елементи пуњача за брзо пуњење тракционих батерија.

Пето поглавље се бави решавањем наведених проблема применом мултифазних машина. Најпре су изнете предности мултифазних машина и погона у односу на трофазне, а потом је дат предлог решења који се ослања на мултифазне вучне моторе и претвараче. У даљем тексту је дата анализа просторне расподеле и временске промене магнетопобудних сила у зазору машине током процеса пуњења батерије. Описани су принципи на којима је заснован код који је начињен и коришћен за прорачун и верификацију просторне расподеле поља током процеса пуњења батерије и у току моторног рада. Пројектовани код је примењен на 5 топологија интегрисаних пуњача, међу којима су 4 топологије садржале мултифазне машине. У раду су приложени резултати уз одговарајуће дијаграме, коментаре и закључке.

Шесто поглавље је закључак у оквиру кога је описан значај описаног решења и могућа даља унапређења. Представљени су разлози за примену интегрисаних пуњача и њихове предности и мане. Затим је приказано решење које се ослања на мултифазне машине, а потом су приказане додатне могућности које пружају мултифазне машине у погонима електричних возила, као и предлози за даљи рад.

### **3. Анализа рада са кључним резултатима**

Мастер рад дипл. инж. Александра Милића се бави проблематиком брзих пуњача за електрична возила. Посебна пажња је посвећена интегрисаним пуњачима батерија са мултифазним машинама које пружају побољшање у погледу запремине, тежине и цене у односу на традиционалне топологије пуњача. Главна предност топологија са мултифазним машинама је коришћење истог вучног претварача за вучу и пуњење као и коришћење статорског намотаја вучног мотора на месту серијских индуктивности у режиму пуњења. У раду је предложено коришћење мултифазних машина на начин који у режиму пуњења не ствара нежељено обртно поље у зазору вучног мотора.

Пројектован је програм за верификацију наведених хипотеза и решења, и спроведена је анализа поља у зазору за 5 различитих интегрисаних топологија пуњача. Основни доприноси рада су: 1) развој кода за анализу просторне расподеле и временске промене магнетопобудних сила у мултифазним машинама који уважава начин извођења намотаја и различите топологије пуњача; 2) рачунарска евалуација предложених топологија у оквиру система за брзо пуњење батерије у склопу електричних возила; 3) извођење смерница за даљи рад на развоју интегрисаних система за пуњење.

### **4. Закључак и предлог**

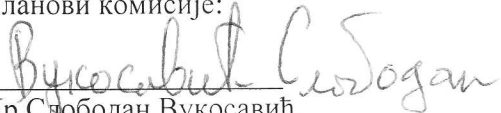
Кандидат Александар Милић је у свом мастер раду успешно решио проблем пројектовања интегрисаног пуњача батерија у електричном возилу који је заснован на мултифазним машинама и који омогућује брзо пуњење без стварања нежељеног обртног поља и губитака у вучном мотору. Предложено решење смањује запремину, тежину, цену пуњача.

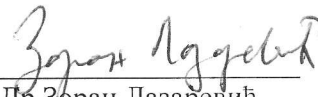
Кандидат је показао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

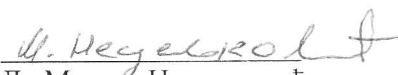
На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Александра Милића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 15. 09. 2017. године

Чланови комисије:

  
Др Слободан Вукосавић,  
редовни професор

  
Др Зоран Лазаревић,  
редовни професор

  
Др Милош Недељковић,  
доцент