

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милоша Јечменице

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета на седници бр. 836 одржаној 12.2.2019. године (бр. одлуке 5052/10-3 од 25.2.2019. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Јечменице, мастер инжењера електротехнике и рачунарства под насловом

**„Методологија оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина уз уважавање фреквенцијске зависности параметара и магнетског засићења“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

### РЕФЕРАТ

#### 1. УВОД

##### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 27.12.2010. године кандидат Милош Јечменица је уписао докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду;
- 26.10.2017. године кандидат Милош Јечменица је пријавио тему за израду докторске дисертације;
- 31.10.2017. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање;
- 7.11.2017. године Наставно-научно веће на седници бр. 820 (бр. одлуке 5052/10-1 од 16.11.2017. године) именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Слободан Вукосавић, редовни професор (Електротехнички факултет); др Жарко Јанда, виши научни сарадник (Електротехнички Институт Никола Тесла); др Бранко Колунџија, редовни професор (Електротехнички факултет);
- 1.12.2017. године кандидат је полагао јавну усмену одбрану теме;
- 16.1.2018. године Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (бр. одлуке 5052/10-2 од 16.1.2018. године);
- 29.1.2018. године Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под називом: „Методологија оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина уз уважавање фреквенцијске зависности параметара и магнетског засићења“ (бр. одлуке 61206-277/2-18 од 29.1.2018. године);

- 31.1.2019. године кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену;
- 5.2.2019. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације и
- Наставно-научно веће Факултета на седници бр. 836 одржаној 12.2.2019. године (бр. одлуке 5052/10-3 од 25.2.2019. године) именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у следећем саставу:

Др Зоран Лазаревић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду

Др Слободан Вукосавић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду

Др Жарко Јанда, виши научни сарадник, Електротехнички Институт Никола Тесла

Др Драган Мишић, доцент, Електротехнички факултет у Београду

Др Младен Терзић, доцент, Електротехнички факултет у Београду

На основу одлуке Наставно-научног већа бр. 3058/2 од 28.12.2010. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2010/2011, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета, као и додатно продужење за годину дана на основу одлуке 24-06/06-2010/5052 од 6.2.2018. године.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду – Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

### 1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Милоша Јечменице припада научној области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област Енергетски претварачи и погони, подобласт Електричне машине. За ментора дисертације одређен је др Зоран Лазаревић, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду, због истакнутих доприноса у области Енергетских претварача и погона, а посебно у области Електричних машина.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Милош Јечменица рођен је 8.7.1984. године у Ужицу. Основну школу и гимназију је завршио у Ивањици. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2003. године. Дипломирао је 2008. године на смеру Енергетски претварачи и погони, Одсек за енергетику, са просечном оценом у току студија 8,64. Исте године уписује мастер студије на модулу Енергетски претварачи и погони, које завршава 2010. године, са просечном оценом 9,17. Докторске студије уписује 2010. године на Електротехничком факултету у Београду. Успешно је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом докторских студија са просечном оценом 10.

Од 15.11.2011. године запослен је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Катедри за енергетске претвараче и погоне, у звању асистента, и поново изабран у исто звање 1.3.2015. године. Ангажован је на рачунским и лабораторијским вежбама на основним и мастер студијама из неколико предмета: Асинхроне машине, Синхроне машине,

Испитивање електричних машина и Пројектовање фотонапонских система. Ангажован је на пројекту Министарства науке и технолошког развоја.

Пре ангажовања на Електротехничком факултету стекао је три године стажа и радног искуства радећи у струци где је учествовао и руководио израдом различитих пројеката из области индустријских енергетских инсталација ниског и средњег напона, аутоматике и електромоторних погона. Члан је Инжењерске коморе Србије. Има положен стручни испит из електротехнике, поседује лиценце одговорног пројектанта и одговорног извођача електроенергетских и телекомуникационих инсталација, као и лиценцу одговорног пројектанта из области електромоторних погона. Има положен стручни испит и лиценцу за област енергетске ефикасности зграда.

Током докторских студија објавио је два рада у истакнутим међународним часописима са SCI листе, више радова на међународним и домаћим конференцијама и један рад у домаћем часопису.

Активно се служи енглеским језиком.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Методологија оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина уз уважавање фреквенцијске зависности параметара и магнетског засићења“ представља оригинални научноистраживачки рад у области пројектовања електричних машина. Дисертација се на систематичан начин бави проблемима пројектовања статорског намотаја шестофазне машине кроз анализу свих важнијих појава које се јављају при њеном раду, а које могу утицати на сам процес пројектовања. Као главни допринос дисертације истиче се идентификација и верификација појаве међураванског унакрсног засићења код распрегнутог начина моделовања шестофазне машине, при чему је установљена потреба за њеним уважавањем у процесу пројектовања. Такође, испитан је утицај различитих топологија намотаја на вредност површинских губитака у кавезном ротору, при чему су дате препоруке за пројектовање статорских намотаја. Предложена је методологија оптималног пројектовања намотаја која је применљива на шестофазне асинхроне машине са кавезним ротором за номиналне услове напајања, што представља допринос пројектовању оваквих типова машина. Кроз резултате рада дате су и јасне смернице за даљи развој у предметној области.

Дисертација је написана на српском језику и има 140 страна, укључује 48 слика и 6 табела. Подељена је на девет поглавља: 1) Увод; 2) Аспекти пројектовања статорског намотаја шестофазне машине; 3) Моделовање шестофазне машине; 4) Аналитичко моделовање засићења шестофазне машине; 5) Анализа засићења 6ФАМ методом коначних елемената; 6) Експериментална анализа засићења 6ФАМ; 7) Утицај фреквенцијске зависности параметара на пројектовање статорског намотаја 6ФАМ; 8) Методологија оптималног пројектовања статорског намотаја 6ФАМ; 9) Закључак. Литература садржи 131 референцу кроз које је детаљно приказано тренутно стање у области шестофазних машина и одговарајућих проблема који се јављају при пројектовању њихових статорских намотаја.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

На основу расположиве литературе и података у првом поглављу су наведене области примене и главне предности вишефазних машина (број фаза већи од три) у односу на традиционално коришћене трофазне машине. Показано је да код вишефазних машина постоји читав низ изазова на које је потребно дати одговоре. На основу својих предности, шестофазне машине су најзаступљеније од свих вишефазних. Наиме, на основу расположиве литературе приказано је досадашње истраживање на пољу пројектовања статорског намотаја

првенствено шестофазне машине, чији је електромагнетски дизајн и оптимални одабир топологије намотаја главни предмет ове дисертације. Током овог прегледа скренута је пажња на уочене недостатке овог концепта и могућности за њихово побољшање.

Друго поглавље започиње прегледом типова и начином формирања намотаја шестофазне машине, где су описани параметри од значаја за формирање намотаја. Број жлебова и величина корака намотавања се могу довести у везу са перформансама читаве шестофазне мотор-претварачке групе, при чему су наведени постојећи проблеми при пројектовању намотаја. Затим је приказана уобичајена методологија пројектовања трофазних машина, као полазна за пројектовање вишефазних машина, са њеним недостацима. Од трофазне асиндроне машине са полазним подацима, наменски је формирана шестофазна машина са асиметричним намотајем на статору.

Под претпоставком о линеарности параметара, постојећи начини моделовања шестофазних машина представљени су у трећем поглављу. Услед нелинеарности појединих параметара модела, њихове вредности се мењају током рада машине у зависности од радног режима, што представља отежавајућу околност при моделовању. С тим у вези, истакнуте су предности модела са распрегнутим равнима векторског простора у односу на остале моделе који се користе при моделовању шестофазних машина. Овај модел је од интереса анализирати јер се његова примена у моделовању и управљачким алгоритмима заснива на претпоставци да су управљачки подсистеми распрегнути, чиме се поједностављује само моделовање и управљање. Због тога је било од значаја проверити да ли је и у којој мери претпоставка о распрегнутости равни валидна и при условима када је присутно засићење магнетског кола шестофазне машине.

Четврто поглавље даје детаљан аналитички преглед појаве засићења магнетског кола статора шестофазне машине. Закључује се да је модел машине компликованији када се уважи присуство засићења магнетског флуksа у односу на случај када је оно занемарено. Истакнути су постојећи начини моделовања који на прецизан начин објашњавају и уважавају појаву засићења магнетског кола трофазне машине, при чему је проблематика засићења трофазне машине умногоме истражена и покривена одговарајућом литературом. Проучавањем постојеће литературе из области засићења магнетског кола шестофазних машина, дошло се до закључка да за напредни модел управљања са распрегнутим векторским равнима не постоји детаљан приступ овој проблематици, тј. да није познато понашање овог модела приликом појаве засићења магнетског кола. С тим у вези, постављена је хипотеза о постојању распрегнутости између ортогоналних равни и при условима када је магнетско коло засићено. У сврху доказивања или оповргавања хипотезе, развијено је одговарајуће еквивалентно магнетско коло статора машине са могућношћу задавања произвољних вредности струја намотаја. Решавајући једначине развијеног кола за различите услове напајања, утицај нефундаменталне компоненте струје на засићење главног флуksа је проучен. Установљено је да нефундаментална компонента струје има утицаја на засићење на путу главног флуksа магнетског кола, што је у супротности са усвојеном хипотезом да важи распрегнутост различитих равни и при појави засићења. Ова појава је препозната као међураванско унакрсно засићење. Развојем модела помоћу ког је идентификована појава међураванског унакрсног засићења, створени су услови за утврђивање њеног присуства и њену квантификацију, што представља добар теоретски основ за даљу анализу.

Детаљнија анализа засићења шестофазне машине је настављена у петом поглављу, где је описано коришћење софтверског алата за прорачун електромагнетског поља методом коначних елемената. Описани су основни принципи функционисања ове методе са начином формирања 2Д геометрије, одабиром материјала и дефинисањем граничних услова на примеру асиметричне шестофазне машине. Описано је подешавање параметара симулације у циљу формирања што тачнијег решења. Приказани су најважнији резултати који указују на постојање ефекта међураванског унакрсног засићења, чиме су потврђени закључци из четвртог поглавља.

Спроведену аналитичку анализу и анализу методом коначних елемената било је потребно и експериментално верификовати. У шестом поглављу разматрана је могућност идентификације појаве међураванског унакрсног засићења на наменски направљеној асинхроној асиметричној шестофазној машини за 50 Hz. Описана је експериментална поставка која укључује саму шестофазну машину, претварач за њено напајање и систем за мерење. Дат је и детаљан опис изведених експеримената са добијеним резултатима. Главни резултати мерења упоређени су са резултатима аналитичких и FEM симулација и при томе је закључено да експериментални резултати квалитативно одговарају резултатима добијеним применом FEM-а и аналитичког модела. Истакнуто је да аналитичка и FEM анализа имају за циљ разумевање природе феномена међураванског унакрсног засићења, а не пружање тачних резултата, који би се савршено квантитативно поклапали са резултатима добијеним експериментом.

У оквиру истог поглавља установљено је да је нарочито пожељан модел који укључује међусобни утицај између ортогоналних равни при условима када је присутно засићење магнетског кола шестофазне машине. С тим у вези, предложене су нове једначине модела којима се уважава појава међураванског унакрсног засићења, а које подразумевају модификују постојећих једначине флуксева. Предложени модел представља илустрацију овог феномена са становишта моделовања и управљања.

Седмо поглавље обрађује утицај фреквенцијске зависности параметара на пројектовање статорског намотаја шестофазне машине. Промене параметара машине се могу довести у везу са карактеристикама статорског намотаја (број фаза и пари полова, број жлебова, тип и начин формирања намотаја и величина корака намотавања). Наведени су постојећи предлози за одабир топологије намотаја шестофазне машине са становишта остваривања већих полазних и превалних момената. Установљено је да у расположивој литератури нема радова који детаљно анализирају индукване површинске губитке у ротору услед виших хармоника магнетопобудне силе, а који су директно повезани за избором топологије статорског намотаја код шестофазних машина. У ту сврху је спроведена анализа површинских губитака у ротору комбинацијом аналитичког приступа и FEM анализе. Анализа је спроведена за неколико различитих топологија намотаја при чему је задржан исти број полова и навојака по фази као код полазне шестофазне машине, разматране у досадашњем излагању. Једини параметри намотаја чије су вредности вариране су укупан број жлебова статора и вредност навојног корака намотаја. На основу резултата спроведене анализе, закључено је да је, са становишта редуковања површинских губитака у ротору, често беспредметно скраћивати навојни корак намотаја статора шестофазне машине. Разлог за то је чињеница да је код вишефазних машина број жлебова по полу и фази мали (често 1), због чега су у спектру мпс намотаја доминантни жлебни хармоници, на које се не може утицати скраћењем навојног корака. При испитивању различитих топологија намотаја закључено је да је четворополни намотај са 36 жлебова лошији са становишта перформанси при увођењу скраћења навојног корака (смањује се навојни сачинилац за основни хармоник, а повећавају се површински губици).

На основу свих претходних истраживања и анализа, у осмом поглављу је приказана методологија оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина која се тиче избора броја жлебова и корака намотавања статорског намотаја. Методологија је представљена у форми блок дијаграма и конципирана је тако да омогућава директну примену оптимизационих метода.

На крају рада, у оквиру деветог поглавља, сажето су приказани сви важнији резултати истраживања у оквиру дисертације као и доприноси дисертације на пољу дефинисања методологије оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина. Изведени су најважнији закључци и на основу њих су дате смернице за даља истраживања у овој области.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Шестофазне електричне машине постају све више заступљене у бројним апликацијама попут оних у индустријској роботизици, обновљивим изворима и електричним возилима. Разлог за то је што се њиховом употребом остварује већа ефикасност, флексибилност и поузданост при раду. Обновљиви извори енергије користе електромеханичке претвараче који раде у широком распону учестаности напајања где је од значаја висок степен корисног дејства и мали износ губитака. Поред поузданости и ефикасности, електричне машине у друмским возилима, бродовима и летелицама морају имати велики специфични моменат да би се могле применити у условима ограниченог простора и тежине. Значајно увећање перформанси могуће је постићи израдом шестофазних електричних машина. Међутим, формирање ових машина је скопчано са бројним проблемима и намеће велики број захтева при њиховом пројектовању. Један од веома важних захтева је одабир оптималне топологије статорског намотаја.

Главни предмет расправе у оквиру дисертације је утврђивање и уважавање електромагнетских појава које се јављају у току рада шестофазне машине, а које се могу довести у везу са одабиром оптималне топологије статорског намотаја. У самој дисертацији разрађени су сви важнији аспекти и проблеми у пројектовању статорских намотаја ових типова машина. Оригиналност дисертације се огледа у идентификацији и предложеном приступу за уважавање појаве међураванског унакрсног засићења, анализом површинских губитака у ротору, као и у формирању методологије пројектовања статорских намотаја ових машина. Приказане методе и поступци су применљиви и код осталих вишефазних машина широког опсега снага.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат је детаљно истражио постојећу релевантну литературу из области дисертације и коректно навео 131 референцу, које су уско повезане са обрађеном темом. Литература обухвата широк опсег доступних публикација, од старијих до савремених. Кроз наведену литературу остварен је добар преглед стања предметне области и постављена је добра основа за рад на одабраној теми дисертације.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру теоретске анализе проучена је методологија пројектовања статорског намотаја шестофазне асинхроне машине заснована на примени аналитичких формула традиционално коришћених код трофазних машина. Установљено је да је, због сложености конструкције у односу на трофазне, потребно формирати нову методологију пројектовања статорских намотаја шестофазних машина. Извршен је преглед и дате су предности различитих начина моделовања ових машина.

На примеру модела са декомпонованим (распрегнутим) векторским простором формулисана је теоретска основа за уважавање засићења магнетског кола. Представљено је ново еквивалентно магнетско коло статора помоћу кога се може анализирати детаљније појава засићења. Аналитичким приступом је показано да претпоставка о распрегутости векторских потпростора при засићењу магнетског кола не важи, тј. потребно је уважити утицај нефундаменталне равни при појави засићења магнетског кола код ових машина. Ова појава је препозната као међураванско унакрсно засићење.

На основу података о испитиваној, асиметричној шестофазној машини, формиран је модел и извршена је анализа методом коначних елемената. При томе је потврђено присуство појаве међураванског унакрсног засићења при засићењу магнетског кола машине. Закључено

је да се ниво засићења, а самим тим и утицај овог ефекта, мења у времену услед промене помераја нефундаменталне компоненте магнетопобудне силе у односу на фундаменталну компоненту густине флукса.

Експерименталном верификацијом на наменски формираној машини уочено је да додавање нефундаменталне компоненте струје при засићеним условима повећава фундаменталну компоненту струје тј. струју магнетне, и обрнуто. Предложене су нове једначине којима се уважава присуство међураванског унакрсног засићења.

Анализиране су различите топологије статорских намотаја шестофазне машине са становишта површинских губитака у ротору, при чему је развијен FEM модел и пратећи програм за аналитички прорачун расподеле магнетопобудне силе и губитака у ротору услед виших просторних хармоника магнетопобудне силе. Дате су препоруке за одабир статорског намотаја шестофазне машине са становишта броја жлебова и корака намотавања.

Посебна пажња је посвећена имплементацији претходних истраживања и формирању нове методологије оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Развијени приступ методологије оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина довољно је општи да се може применити и на остале вишефазне машине. Развој аналитичког модела, који на детаљан начин описује појаву засићења на нивоу жлеба, допринео је бољем сагледавању проблематике рада и пројектовању магнетских кола ових машина, чиме је дат добар увод за његову верификацију методом коначних елемената и експериментално. Идентификована је појава и присуство међураванског унакрсног засићења код напредног начина моделовања ових машина, а коју је потребно уважити приликом пројектовања и управљања, што до сада није био случај. Такође, представљена је процедура за анализу топологије статорског намотаја са аспекта површинских губитака у ротору, која се може применити и на друге типове вишефазних машина.

Коначни резултати истраживања указују и на начине за побољшање пројектовања намотаја статора засићене шестофазне машине и могу се употребити за вишекритеријумску оптимизацију наведеног типа машине.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је досадашњим радом, кроз две публикације у часописима са *СЦИ* листе и великим бројем радова које је приказао на међународним и домаћим конференцијама, учешћем на пројектима, као и кроз активности на припреми и изради докторске дисертације, стекао самосталност у научноистраживачком раду. Резултати презентовани у дисертацији показују истраживачку зрелост кандидата и способност за свеобухватну и критичку анализу научне литературе на основу којих кандидат развија и предлаже иновативна и оригинална решења која доводе до бољих резултата у односу на до сада публикована решења.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси остварени у оквиру дисертације су:

1. Идентификован је ефекат међураванског унакрсног засићења код засићеног распрегнутог модела шестофазне електричне машине који је присутан и код осталих вишефазних електричних машина;

2. Развијено је софтверско решење за анализу засићења шестофазне машине применом методе коначних елемената при чему је верификован ефекат међураванског унакрсног засићења;
3. Експериментално је верификован ефекат међураванског унакрсног засићења шестофазне електричне машине;
4. Анализиране су различите топологије намотаја шестофазне електричне машине и развијен је оригинални софтверски поступак за анализу површинских губитака у ротору применом методе коначних елемената и
5. Предложена је нова методологија оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних електричних машина.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Рад детаљно описује поступак пројектовања статорског намотаја шестофазне машине са аспекта фреквенцијске зависности параметара и засићења магнетског кола. У раду је дат приказ свих релевантних улазних параметара намотаја и појава у машини потребних за пројектовање оваквих и сличних машина при чему су јасно назначена ограничења и усвојена занемарења.

Конкретно, рад детаљно обрађује појаву засићења магнетског кола при напредном начину моделовања шестофазне машине. Досадашња хипотеза о распрегнутости векторског простора при појави засићења се показала као нетачна, при чему је идентификована нова појава међураванског унакрсног засићења. Развијен је аналитички модел магнетског кола статора шестофазне машине уз уважавање засићења. Овај модел се може искористити за прелиминарни дизајн машине као и за сагледавање значајних појава у машини.

Применом FEM алата и експериментално, закључено је да се ниво засићености магнетског кола, а самим тим и присуство ефекта међураванског унакрсног засићења, мења у времену услед промене помераја нефундаменталне компоненте магнетопобудне силе у односу на фундаменталну густину флукса. Установљено је да распрегнутост равни важи при условима када није присутно засићење и да додавање нефундаменталне компоненте струје при засићеним условима утиче на струју магнетског кола. С тим у вези, представљени су изрази који указују на постојање међураванског унакрсног засићења и од значаја су при будућем развоју нових модела шестофазне машине.

Анализом применом FEM алата и аналитичког модела испитане су различите топологије статорских намотаја са аспекта редуковања површинских губитака у ротору при чему су дате смернице за одабир броја жлебова и корака намотавања статорског намотаја шестофазне машине. Показано је да је са становишта редуковања ових губитака код вишефазних машина често беспредметно скраћивати навојни корак намотаја.

На основу свега претходног, најзначајнији допринос доктората представља предложени поступак (методологија) оптималног пројектовања статорског намотаја у циљу максимизације степена искоришћења снаге машине за задату апликацију и услове рада. Предложена методологија и водеће идеје у анализи засићења и површинских губитака могу се успешно применити и на друге типове вишефазних машина.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

У току свог истраживачког рада, у ужој научној области теме докторске дисертације, кандидат Милош Јечменица објавио је следећи рад:

##### Категорија M22:

1. Јечменица, М., Brkovic, B., Levi, E., Lazarevic, Z.: Interplane cross-saturation in multiphase machines, - *IET Electric Power Applications*, 2019 (IF=2.211) (DOI: 10.1049/iet-epa.2018.5546, ISSN:1751-8679)



## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија са задовољством констатује да на основу претходног школовања и публикованих резултата **Милош Јечменица** испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Универзитета у Београду – Електротехничког факултета.

Докторска дисертација представља научни допринос у области електричних машина. У оквиру дисертације је детаљно приказан оригинални приступ формирања методологије оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина уз уважавање фреквенцијске зависности параметара и магнетског засићења. Кроз дисертацију су приказане изузетне вештине кандидата у коришћењу савремених истраживачких метода уз поштовање свих етичких норми. Кандидат је у дисертацији пратио светске стандарде у области анализе електричних машина као и савремене алате и методе који се у ту сврху користе.

Комисија посебно истиче да развијена методологија и анализиране појаве у докторској дисертацији поред научних доприноса могу имати и практичну примену у области пројектовања, моделовања и управљања шестофазних електричних машина.

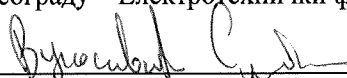
Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Електротехничког факултета, да се докторска дисертација под називом „**Методологија оптималног пројектовања статорског намотаја шестофазних машина уз уважавање фреквенцијске зависности параметара и магнетског засићења**“ кандидата **Милоша Јечменице** прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, и одобри усмена јавна одбрана.

У Београду,  
19.3.2019. год.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Зоран Лазаревић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Слободан Вукосавић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Жарко Јанда, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду – Електротехнички Институт Никола Тесла



др Драган Микић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Младен Терзић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет