



# 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 25.01.2022. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Уроша Милошевића под насловом „Пројектовање синхроног мотора са утиснутим сталним магнетима у ротору и анализа метода за његово управљање“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Урош Милошевић је рођен 07.09.1995. године у Зајечару. Завршио је основну школу "Љубица Радосављевић Нада" у Зајечару као вуковац. Уписао је Гимназију у Зајечару, природно-математички смер, коју је завршио као вуковац. Електротехнички факултет уписао је 2014. године. Дипломирао је на одсеку за Енергетику 2019. године са просечном оценом 8,57. Дипломски рад одбранио је у јулу 2019. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу Енергетска ефикасност, уписао је у октобру 2019. године. Положио је све испите са просечном оценом 9.

#### 2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Урош Милошевић (3293/2019) је као припрему за израду мастер рада „Пројектовање синхроног мотора са утиснутим сталним магнетима у ротору и анализа метода за његово управљање“ урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област електричних машина и електромоторних погона. У оквиру истраживања коришћено је следећих 10 референци:

- [1] J. R. Hendershot, T. J. E. Miller, *Design of Brushless Permanent-Magnet Machines*, Motor Design Books LLC, USA, 2010.
- [2] Juha Pyrhonen, Tapani Jokinen, Valeria Hrabovcova, *Design of Rotating Electrical Machines*, John Wiley & Sons Ltd, UK, 2014.
- [3] Nicola Bianchi, Thomas M. Jahns, *Design, Analysis, and Control of Interior PM Synchronous Machines*, Presented at the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, USA, 2004.
- [4] <https://www.femm.info/wiki/RotorMotion> - *Rotor Motion using an (Anti) Periodic Air Gap Boundary Condition*, David Meeker (приступљено 18.01.2022.)
- [5] David Meeker, *Finite Element Method Magnetics: OctaveFEMM – User’s Manual*, March, 2018.
- [6] Nicola Bianchi, *Electrical Machine Analysis Using Finite Elements*, CRC Press, USA, 2005.
- [7] R. Krishnan, *Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives*, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 2010.
- [8] [http://www.pogoni.etf.rs/EEF\\_Pogoni/09\\_EEF%20pogon%20sa%20PMSM\\_2021.pdf](http://www.pogoni.etf.rs/EEF_Pogoni/09_EEF%20pogon%20sa%20PMSM_2021.pdf) – предавање – Енергетски ефикасан електромоторни погон са синхроним мотором са

*перманентним магнетима* – Енергетски ефикасни електромоторни погони, Електротехнички факултет у Београду (приступљено 08.02.2022.)

[9] [http://www.pogoni.etf.rs/RP\\_BG/06\\_Vektorsko%20REP.Rev3.pdf](http://www.pogoni.etf.rs/RP_BG/06_Vektorsko%20REP.Rev3.pdf) – предавање – *Регулисани електромоторни погони са асинхроним машинама – векторско управљање* – Регулација електромоторних погона, Електротехнички факултет у Београду (приступљено 14.02.2022)

[10] Борислав Јефтенић, Веран Васић, Ђура Орос, *Регулисани електромоторни погони – решени проблеми са елементима теорије*, Академска мисао, Београд 2004.

### 3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 56 страна са укупно 43 слике, 5 табела и једним прилогом и са горе наведених 10 референци. Рад садржи 6 поглавља, списак коришћене литературе, списак слика, списак табела и прилог.

Прво поглавље представља увод у тему мастер рада са прегледом литературе. У другом поглављу је објашњен поступак пројектовања синхроног мотора са утиснутим магнетима у ротору према задатим ограничењима. У трећем поглављу извршена је верификација пројектованог мотора помоћу софтвера *FEMM 4.2* и *Matlab*. У четвртом поглављу наведене су могуће стратегије управљања синхроним мотором са сталним магнетима од којих су детаљније обрађене четири, и то: управљање при константном углу момента, управљање при јединичном фактору снаге, управљање при константној вредности флукса у зазору машине и управљање при оптималном односу момента и струје. Све четири стратегије имплементирани су у софтверу *Matlab Simulink* и приказани су резултати симулација, док је у петом поглављу извршена њихова упоредна анализа. На основу добијених резултата изведени су одговарајући закључци у последњем, шестом поглављу.

### 4. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад Уроша Милошевића се састоји од две тематске целине. У првој целини пажња је посвећена теоријској основи аналитичког прорачуна свих димензија синхроног мотора са утиснутим магнетима у ротору као и важних параметара овог мотора. При прорачуну су задовољени сви улазни параметри и ограничења пројектног задатка. Пројектовани мотор је затим моделован у софтверу *FEMM 4.2* у коме су извршене симулације чији су резултати приказани упоредо са резултима добијеним аналитичким прорачуном.

У другој целини рад се бави стратегијама управљања електромоторног погона са синхроним мотором са утиснутим сталним магнетима. Четири стратегије управљања су детаљно обрађене и успешно имплементирани у софтверу *Matlab Simulink*. При симулацијама су коришћени параметри претходно пројектованог мотора. На крају је извршена упоредна анализа перформанси погона у стационарном стању при различитим оптерећењима за имплементирана управљања и изведени су главни закључци.

Основни доприноси су: 1) формиран модел синхроног мотора са утиснутим магнетима у ротору, у софтверу *FEMM 4.2*; 2) развијен симулациони модел у софтверу *Matlab Simulink* за регулацију брзине погона са векторски управљаним синхроним мотором са сталним магнетима; 3) извршена упоредна анализа перформанси погона при различитим стратегијама управљања овим мотором.

### 5. Закључак и предлог

Кандидат Урош Милошевић је у свом мастер раду одговарајућу пажњу посветио теоријској основи на којој се базира пројектовање синхроних мотора са утиснутим сталним магнетима у ротору, као и методама за његово управљање у циљу постизања бољих перформанси. Развио је модел за верификацију пројектованог мотора, као и симулациони модел за регулацију брзине векторски управљаног синхроног мотора са утиснутим сталним магнетима у ротору. Успешно је реализовао изабране четири стратегије управљања погоном са овим мотором и извршио њихову упоредну анализу у погледу постигнутих радних карактеристика. На крају је изложио закључке као и могуће правце даљег истраживања.

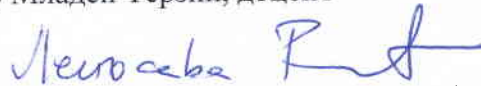
Кандидат Урош Милошевић је исказао висок степен самосталности, систематичности и креативности у решавању проблематике изложене у свом раду. На основу горе наведеног, Комисија за преглед и оцену мастер рада Уроша Милошевића предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да прихвати рад „Пројектовање синхроног мотора са утиснутим сталним магнетима у ротору и анализа метода за његово управљање“ дипл. инж. Уроша Милошевића као мастер рад и одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 01.04.2022. год.

Чланови комисије:



др Младен Терзић, доцент



др Лепосава Ристић, ванредни професор