

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Богдана Брковића** за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 5033/13-1 од 14. 5. 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Богдана Брковића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Моделовање вишефазних асинхроних машина уважавајући утицај засићења магнетског кола“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Богдан М. Брковић је рођен 9. 2. 1990. године у Чачку, где је завршио основну школу и гимназију, као носилац Вукове дипломе и ученик генерације. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2008. године. У току основних студија на Одсеку за енергетику, смер Електроенергетски системи, остварио је просечну оцену 9,86. Дипломирао је у јулу 2012. године. Ментор приликом израде дипломског рада био је проф. др Зоран Лазаревић. Награђен је од стране Електротехничког факултета као најбољи студент у својој генерацији на Одсеку за енергетику.

Мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, модул Енергетски претварачи и погони, уписао је 2012. године. У периоду од уписа до јуна 2013. године положио је све испите са просечном оценом 10,00. У септембру 2013. године завршио је мастер студије одбраном мастер тезе под називом „Неуравнотежено напајање трофазних асинхроних мотора и једнофазни асинхрони мотори“. Ментор приликом израде мастер рада био је проф. др Зоран Лазаревић.

Током основних и мастер студија био је стипендиста Града Чачка, Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Фонда за младе таленте Републике Србије.

Од децембра 2012. до фебруара 2013. године био је запослен на Катедри за енергетске претвараче и погоне Електротехничког факултета Универзитета у Београду, у звању сарадника у настави. Од фебруара 2013. године је запослен као асистент, такође на Катедри

за енергетске претвараче и погоне Електротехничког факултета Универзитета у Београду. У том периоду био је ангажован на извођењу рачунских и лабораторијских вежби из предмета: *Синхроне машине, Асинхроне машине, Енергетски трансформатори, Испитивање електричних машина, Енергетски претварачи 2, Електричне машине једносмерне струје, Загревање и заштита електричних машина, Пројекат из синхроних машина*. Поред тога, учествовао је у изради великог броја дипломских радова и студентских пројеката. Од 2013. године учествује у припреми студената за Електријаду из научне дисциплине Електричне машине.

Ангажован је на два пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Учествовао је у изради две стручне студије.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Од октобра 2013. године је студент докторских академских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на модулу Енергетски претварачи и погони.

Испунио је све обавезе и положио све испите предвиђене студијским програмом, из следећих предмета:

Предмет	ЕСПБ	Оцена
1. Прелазне појаве у електричним машинама	9	10
2. Релејна заштита постројења и мрежа	9	10
3. Општа теорија електричних машина	9	10
4. Оптимални и адаптивни стохастички системи	9	10
5. Одабрана поглавља из електромоторних погона	9	10
6. Надгледање стања електричних машина у погону	9	10
7. Математичко моделовање физичко-техничких процеса	9	10
8. Увод у научни рад	6	10
9. Фактор снаге и методе за поправку фактора снаге у присуству виших хармоника	9	10
10. Енергетски претварачи	9	10

Списак објављених радова

Током дипломских и постдипломских студија, Богдан Брковић је објавио 18 научних радова.

Аутор је три рада у међународним часописима са SCI листе, седам радова на научним скуповима од међународног значаја и осам радова на научним скуповима од националног значаја.

Радови у међународним часописима – M21

- **Brković, B., Ristic, L., Terzic, M., Stankovic, A., Lazarevic, Z.:** *Magnetizing Inductance Determination in a Six-phase Induction Machine*, IEEE Transactions on Energy Conversion, June 2019, Vol. 34, Issue 2, pp. 812-823, DOI: 10.1109/TEC.2018.2881763

- Albla, A., **Brković, B.**, Ječmenica, M., Lazarević, Z.: *Online temperature monitoring of a grid connected induction motor*, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, December 2017, vol. 93, pp. 276-282, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.06.007>

Радови у међународним часописима – M22

- Ječmenica, M., **Brković, B.**, Levi, E., Lazarevic, Z.: *Interplane cross-saturation in multiphase machines*, IET Electric Power Applications (to appear), DOI: 10.1049/iet-epa.2018.5546

Радови на међународним конференцијама – M33

- Ristić, L., **Brković, B.**, Majstorović, M., Milović, U., Taluo, T., Bebić, M.: *Electrical Drives with Active Rectifiers Connected to Distorted Utility Grid*, Proceedings of 5th International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications, EFEEA 2018, Rome, Italy, Sep. 2018, Paper number ID74 (Proceedings on CD), ISBN: 978-1-5386-5517-7, DOI: 10.1109/EFEEA.2018.8617093
- Terzic, M., **Brković, B.**: *Comparison between six-phase and three-phase high-speed drag-cup induction motor in terms of cup losses*, Proceedings of 5th International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications EFEEA 2018, Rome, Italy, Sep. 2018, Paper number ID78 (Proceedings on CD), ISBN: 978-1-5386-5517-7, DOI: 10.1109/EFEEA.2018.8617077
- **Brković, B.**, Ristic, L., Stankovic, A.: *Model Predictive Control of a Three Phase PWM Boost Rectifier under Extreme Unbalanced Conditions*, Proceedings of 4th International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications (EFEEA), Belgrade, Serbia, 14-16 September 2016, Paper number P68 (Proceedings on CD), ISBN 978-1-5090-0748-6, DOI: 10.1109/EFEEA.2016.7748799
- **Brković, B.**, Ristić, L., Stankovic, A.: *Constant Switching Frequency Control of a Three Phase PWM Boost Rectifier unde Extreme Unbalanced Conditions*, Proceedings of 4th International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications (EFEEA), Belgrade, Serbia, 14-16 September 2016, Paper number P67 (Proceedings on CD), ISBN 978-1-5090-0748-6, DOI: 10.1109/EFEEA.2016.7748800
- **Brković, B.**, Petrović, D., Vasić, R.: *Determination of Synchronous Generator Parameters Using the Field Current Waveform*, Proceedings of 18th International Symposium POWER ELECTRONICS Ee2015, Novi Sad, Serbia, October 28–30 2015, Paper No. T3-2, pp. 1-5, ISBN 978-86-7892-757-7
- **Brković, B.**, Kvašček, G., Bebić, M.: *Model Predictive Controller for Flying Shear Application*, Proceedings of 18th International Symposium POWER ELECTRONICS Ee2015, Novi Sad, Serbia, October 28–30, 2015, Paper No. T2-1, pp. 1-5, ISBN 978-86-7892-757-7
- Bjelić, M., **Brković, B.**, Stanojević, M., Mijić, M.: *Fault Detection in Induction Motors Using Microphone Arrays*, Proceedings of 2nd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Silver Lake, Serbia, June 8-11, 2015, pp. AKI1.2.1-6, ISBN: 978-86-80509-71-6

Радови на домаћим конференцијама – M63

- Јечменица, М., **Брковић, Б.**, Леви, Е., Лазаревић, З.: *Моделовање шестофазних електричних машина уз уважавање zasiћења магнетског кола*, 34. Саветовање CIGRE Србија, Врњачка Бања, 2-6. јун 2019, број рада: A1 11 (зборник на CD-у), ISBN 978-86-82317-77-7

- Stanišić, S., **Brković, B.**, Ječmenica, M., Lazarević, Z.: *Prošireni model šestofazne asinhronne mašine*, Zbornik radova XVIII međunarodnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2019, Jahorina, 20-22. mart 2019, str. 90-95, ISBN 978-99976-710-2-8
- **Brković, B.**, Bjelić, M., Mijić, M.: *Neki specifični aspekti audio smetnji iz EE mreže*, Zbornik radova 62. konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku ETRAN, Palić, 11-14. jun 2018, str. 102-107, ISBN 978-86-7466-752-1
- **Brković, B.**, Ječmenica, M., Lazarević, Z., Štatkić, S.: *Uticaj injektiranja jednosmernog signala za merenje temperature na zasićenje asinhronog motora*, Zbornik radova XVII međunarodnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2018, Jahorina, 21-23. mart 2018, str. 121-126
- Šinik, M., Ristić, L., Bebić, M., Štatkić, S., Jevtić, D., Rašić, N., **Brković, B.**: *Primena aktivnih ispravljača u elektromotornim pogonima visoke energetske efikasnosti*, Zbornik naučno-stručnog simpozijuma Energetska efikasnost ENEF 2017, Banja Luka, 3-4. novembar 2017, str. 69-76, ISBN 978-99955-46-27-4
- Ječmenica, M., **Brković, B.**, Lazarević, Z.: *Samopobudni asinhroni generator u radu na izolovanoj mreži*, Zbornik radova XIII međunarodnog naučno-stručnog simpozijuma INFOTEH-JAHORINA 2014, 19-21. mart 2014, str. 270-275, ISBN 978-99955-763-3-2
- **Brković, B.**, Lazarević, Z.: *Analiza prelazne pojave kod jednofaznog asinhronog motora sa elektronski kontrolisanim kondenzatorom*, Zbornik naučno-stručnog simpozijuma Energetska Efikasnost (ENEF), Banja Luka, novembar 2013, str. B2.16-21, ISBN 978-99955-46-18-2
- **Brković, B.**, Lazarević, Z., Jeroslav, Ž.: *Matematički model za analizu prelaznih pojava i ustaljenih stanja jednofazno napajanog trofaznog asinhronog motora*, Zbornik 57. konferencije ETRAN, Zlatibor, jun 2013, str. EE2.3. 1-6, ISBN 978-86-80509-68-6

У складу са Законом о високом образовању, односно Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће Електротехничког факултета је, на предлог Комисије за студије трећег степена, на седници Већа одржаној 14. 5. 2019. године, именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Богдана Брковића у саставу:

1. др Драган Мухић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Жарко Јанда, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Институт Никола Тесла
3. др Милан Илић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

За ментора је предложен др Зоран Лазаревић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Усмена одбрана теме је одржана на Електротехничком факултету у Београду 7. 6. 2019. године уз присуство свих чланова Комисије. Одбрана је укључила презентацију предмета, циља и значаја предложене теме, уз навођење полазних хипотеза, коришћених метода и очекиваних научних доприноса. После презентације, уследила су питања чланова Комисије на која је кандидат успешно одговорио, што је Комисија потврдила оценом „задовољно“.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Анализом наведених чињеница, Комисија је утврдила да кандидат Богдан Брковић поседује значајно искуство у области електричних машина, стечено кроз полагање испита на

докторским студијама и научно-истраживачки рад. Поред тога, ангажовање кандидата у настави од 2012. године до данас било је доминантно у вези са облашћу електричних машина. Узимајући у обзир посвећеност кандидата припреми докторске дисертације и научне резултате остварене до сада, став Комисије је да кандидат Богдан Брковић у потпуности испуњава услове за рад на предложеној теми под насловом „Моделовање вишефазних асинхроних машина уважавајући утицај засићења магнетског кола“.

2. Предмет и циљ истраживања

Током последње две деценије, улажу се велики напори у развој нових типова електричних машина. Услед тенденције да се повећа поузданост погона, уз истовремено смањење масе и димензија машине по јединици снаге (момента), концепт вишефазних машина (машине са више од три фазе) све више добија на значају. Решења са вишефазним машинама су погодна за различите примене у којима је поузданост од изузетног значаја: електрична и хибридна возила, бродски погони, обновљиви извори енергије [1]. Поред тога, значај повећања броја фаза се истиче и у погонима великих снага, где расподела снаге на већи број фаза омогућава примену полупроводничких компонената за мање номиналне вредности струја [2].

Предмет истраживања у дисертацији биће одређивање параметара који карактеришу засићење вишефазне асинхроне машине и развој одговарајућег модела. Очекивано повећање удела вишефазних електричних машина у савременим електроенергетским системима доводи до потребе за што прецизнијим моделовањем ових машина, како са аспекта управљања, тако и са аспекта предвиђања перформанси машине у различитим радним режимима. Досадашња истраживања резултовала су различитим моделима незасићених вишефазних машина. Основни и очигледан приступ јесте моделовање машине у фазном домену [3]. Са аспекта управљања посебно је интересантан распрегнути модел, који разлаже електричне величине мотора на међусобно ортогоналне векторске потпросторе (равни): фундаменталну (dq) раван, једну или више xu равни и нулту раван [2]. Поступак распрезања познат је као „декомпозиција векторског простора“ (енгл. *Vector Space Decomposition* – VSD). Недостатак VSD модела су потешкоће приликом повезивања са другим елементима система моделованим у фазном домену за потребе симулације. Овај недостатак је отклоњен код хибридног модела са „напоном иза реактансе“ (енгл. *Voltage-Behind-Reactance* – VBR) [4, 5].

Већина постојећих модела вишефазних машина развијена је под претпоставком да је магнетско коло машине линеарно. Међутим, засићење магнетског кола се често не може занемарити, због чега се јавља потреба за развојем модела који ће уважити засићење. Ово се пре свега односи на засићење на путу главног флуksа (флуksа магнећења). Током претходних неколико деценија, развијен је велики број модела трофазних машина који уважавају засићење на путу главног флуksа [6-10]. Ови модели могу послужити као база за укључивање ефекта засићења у постојеће линеарне моделе вишефазних машина. Међутим, релативно је мали број радова посвећених овој теми [4, 5, 11].

Кључни аспект у моделовању и управљању вишефазним машинама јесте тачно одређивање вредности параметара модела. Након што је модел формулисан и параметри дефинисани, потребно је одредити њихове вредности применом одговарајућих експерименталних процедура. Стандардне методе предвиђене за трофазне машине [12] генерално нису директно применљиве на вишефазне машине. Због тога су у литератури предложене алтернативне методе за одређивање параметара вишефазних машина [13-16]. Моделовање засићења захтева познавање карактеристике магнећења машине. Стандардни приступи, попут огледа празног хода [12], не омогућавају раздвајање индуктивности расипања статора и индуктивности магнећења. У [17] је предложена метода за одређивање индуктивности магнећења код трофазног асинхроног мотора при заустављеном ротору. Покушај примене ове методе на петофазну машину представљен је у [18]. У [19] је показано да код

вишефазних машина при засићењу магнетског кола постоји међусобни утицај између појединих величина за које се сматрало да су распрегнуте. Ове специфичности вишефазних машина такође треба узети у обзир при формирању модела и одређивању његових параметара.

Преглед постојеће литературе потврђује значај моделовања засићених вишефазних машина и сумира најзначајније резултате истраживачког рада у области моделовања и идентификације параметара. Показало се да је VSD модел вишефазне асинхроне машине веома значајан са аспекта управљања и симулације прелазних појава у машини. С обзиром на то, потребно је развити мерне методе за одређивање параметара овог модела, пре свега индуктивности на путу главног флукса (индуктивности магнетовања). Поред тога, потребно је додатно истражити међусобни утицај ортогоналних равни модела у присуству засићења и одредити одговарајуће параметре којима се овај утицај може описати. Ово је нарочито значајно у несиметричним радним режимима, за које је карактеристично присуство компоненти струја у x у равни. Одређивање параметара и синтеза динамичког VSD модела вишефазне асинхроне машине при засићењу магнетског кола биће главни правци рада у овој дисертацији.

РЕЛЕВАНТНИ БИБЛИОГРАФСКИ ИЗВОРИ:

- [1] E. Levi, F. Barrero, and M.J. Duran, *Multiphase machines and drives-revisited*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 63(1):429–432, 2016.
- [2] E. Levi, *Multiphase electric machines for variable-speed applications*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55(5):1893–1909, 2008.
- [3] E. Levi, *Multiphase ac machines*, In J. David Irwin, editor, The Industrial Electronics Handbook on Power Electronics and Motor Drives, chapter 3, pages 1–31. CRC Press, 2011.
- [4] A.S. Abdel-Khalik, S. Ahmed, A.A. Elserougi, and A.M. Massoud, *A voltage-behind reactance model of five-phase induction machines considering the effect of magnetic saturation*, IEEE Transactions on Energy Conversion, 28(3):576–592, 2013.
- [5] N. Amiri, S. Ebrahimi, M. Chapariha, J. Jatskevich, and H.W. Dommel, *Voltage behind-reactance model of six-phase synchronous machines considering stator mutual leakage inductance and main flux saturation*, Electric Power Systems Research, 138:155–164, 2016.
- [6] J.E. Brown, K.P. Kovacs, and P. Vas, *A method of including the effects of main flux path saturation in the generalized equations of a.c. machines*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-102(1):96–103, 1983.
- [7] P. Vas, J.E. Brown, and K.E. Hallenius, *Cross-saturation in smooth-air-gap electrical machines*, IEEE Transactions on Energy Conversion, EC-1(1):103–112, 1986.
- [8] J.R. Marti and K.W. Louie, *A phase-domain synchronous generator model including saturation effects*, IEEE Transactions on Power Systems, 12(1):222–229, 1997.
- [9] E. Levi and V.A. Levi, *Impact of dynamic cross-saturation on accuracy of saturated synchronous machine models*, IEEE Transactions on Energy Conversion, 15(2):224–230, 2000.
- [10] F. Therrien, M. Chapariha, and J. Jatskevich, *Constant-parameter voltagebehind-reactance induction machine model including main flux saturation*, IEEE Transactions on Energy Conversion, 30(1):90–102, 2015.
- [11] A.S. Abdel-khalik, S. Ahmed, and A. Massoud, *A five-phase induction machine model using multiple dq planes considering the effect of magnetic saturation*, In 2014 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2014, pages 287–293, 2014.

- [12] IEEE Std 112-2004, *Ieee standard test procedure for polyphase induction motors and generators*, 2004.
- [13] A.G. Yepes, J.A. Riveros, J. Doval-Gandoy, F. Barrero, O. Lopez, B. Bogado, M. Jones, and E. Levi, *Parameter identification of multiphase induction machines with distributed windings part 1: Sinusoidal excitation methods*, IEEE Transactions on Energy Conversion, 27(4):1056–1066, 2012.
- [14] J. A. Riveros, A. G. Yepes, F. Barrero, J. Doval-Gandoy, B. Bogado, O. Lopez, M. Jones, and E. Levi, *Parameter identification of multiphase induction machines with distributed windings; part 2: Time-domain techniques*, IEEE Transactions on Energy Conversion, 27(4):1067–1077, Dec 2012.
- [15] S. Kallio, J. Karttunen, P. Peltoniemi, P. Silventoinen, and O. Pyrhonen, *Determination of the inductance parameters for the decoupled d-q model of double star permanent magnet synchronous machines*, IET Electric Power Applications, 8(2):39–49, 2014.
- [16] H.S. Che, A.S. Abdel-Khalik, O. Dordevic, and E. Levi, *Parameter estimation of asymmetrical six-phase induction machines using modified standard tests*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 64(8):6075–6085, 2017.
- [17] A. V. Stankovic, E. L. Benedict, V. John, and T. A. Lipo, *A novel method for measuring induction machine magnetizing inductance*, IEEE Transactions on Industry Applications, 39(5):1257–1263, Sept 2003.
- [18] H. S. Che, M. Jones, E. Levi, J. A. Riveros, B. Bogado, and F. Barrero. *Experimental magnetizing inductance identification in five-phase induction machines*, In IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pages 5179–5184, Nov 2013.
- [19] M. Jecmenica, B. Brkovic, E. Levi, and Z. Lazarevic, *Interplane cross-saturation in multiphase machines*. IET Electric Power Applications, Early Access:1–11, 2019. doi: 10.1049/iet-epa.2018.5546.

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе од којих се полази у изради предложене дисертације су:

- *Спрега између ортогоналних равни VSD модела услед засићења магнетског кола вишефазне машине има директан утицај на флуксве намотаја у одговарајућим равнима.* Варијације релуктансе магнетског кола дуж обима машине при засићењу доводе до промене расподеле флукса у деловима магнетског кола у односу на линеарне магнетске услове. Услед такве расподеле, очекује се да ће x_u компонента мпс резултовати фундаменталном компонентом флукса и тиме утицати на флукс у фундаменталној (dq) равни. Аналогно томе, очекује се да ће dq компонента мпс резултовати вишим хармоницима флукса и тиме утицати на флукс у x_u равни. Ова претпоставка је базирана на резултатима представљеним у [19], где је показано да распрегнутост dq и x_u равни не важи у случају када је магнетско коло засићено.
- *Спрега између ортогоналних равни може се укључити у модел вишефазне машине модификацијом једначина за флуксве намотаја, при чему индуктивност магнетског кола зависи само од компоненти струја у dq равни.* На основу претходних истраживања [19], утврђено је да спрега између ортогоналних равни нема значајног утицај на флукс у међугвожђу, па самим тим ни на индуктивност магнетског кола машине. С обзиром на то, оправдано је претпоставити да је за укључивање овог ефекта у модел машине довољно модификовати једначине флуксева додавањем компонената које су

нелинеарне функције струја у dq и xu равни, при чему се сматра да индуктивност магнећења зависи само од струје магнећења у dq равни.

- *Индуктивност магнећења вишефазне машине може се одредити применом једноставне методе базиране на инјектирању једносмерне струје у намотаје машине при укоченом ротору.* Предложени приступ је мотивисан методом развијеном за трофазне асинхроне машине [17] и базира се на интеграцији таласног облика индукованог напона чиме се добија вредност флукса у намотајима чији су крајеви отворени. Индуктивност магнећења се одређује на основу односа прорачунатог флукса и инјектиране струје. Захваљујући већем броју намотаја (већем од три), предложени приступ не захтева да звездиште машине буде доступно, што би га учинило примењивим на било коју вишефазну машину. Очекује се да ће овај метод омогућити одређивање индуктивности магнећења уз значајно умањење утицаја губитака у гвожђу и индуктивности расипања статора, за разлику од стандардног огледа празног хода.
- *Развијени електромеханички модел вишефазне машине са вредностима параметара одређеним применом нових метода даје тачне резултате у различитим режимима рада у којима је изражено засићење магнетског кола, укључујући и несиметричне режиме.* Очекује се да ће модел базиран на вредностима параметара измереним применом развијених метода дати резултате који су веома блиски експерименталним резултатима чак и у режимима у којима је магнетско коло јако засићено. Очекује се и да ће укључење спреге између величина у dq и xu равни у модел дати резултате блиске експерименталним у несиметричним радним режимима, које карактерише присуство компонената струја у xu равни.

4. Научне методе истраживања

У предложеној дисертацији биће примењене следеће методе истраживања:

- Примена аналитичког прорачуна за развој методе за мерење индуктивности магнећења и анализу тачности методе.
- Примена методе коначних елемената за анализу спреге између ортогоналних равни и за верификацију предложене методе за одређивање индуктивности магнећења.
- Експериментална верификација резултата анализе спреге између ортогоналних равни добијених применом методе коначних елемената.
- Примена стандардних и развијених мерних метода за одређивање параметара модела на наменски формираној лабораторијској поставци са вишефазним асинхроним мотором и одговарајућим енергетским претвараčem.
- Рачунарска симулација карактеристичних режима рада вишефазне машине на бази развијеног модела и експериментална верификација резултата симулације.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће ова дисертација довести до следећих научних доприноса:

- Утврђивање зависности електричних величина и параметара модела од спреге између ортогоналних равни вишефазне асинхроне машине при засићењу магнетског кола.
- Развој методе за одређивање параметара којима се уважава спрега између ортогоналних равни.

- Развој методе за идентификацију индуктивности магнећења вишефазне асинхроне машине при различитим нивоима засићења.
- Развој електромеханичког модела вишефазне асинхроне машине уз уважавање ефекта засићења на путу главног флукса и ефекта спреге између ортогоналних равни у присуству засићења.

6. План истраживања и структура рада

Планирано је да се истраживање у оквиру предложене дисертације изведе у следећим фазама:

- У првој фази биће извршен дизајн вишефазног намотаја и реализација прототипа вишефазне асинхроне машине и формирање експерименталне поставке.
- У другој фази биће анализаран утицај међусобне спреге између ортогоналних равни при различитим нивоима засићења на флуксеве машине применом методе коначних елемената.
- У трећој фази биће извршена експериментална провера резултата добијених у другој фази и предложена метода за одређивање параметара који описују спрегу између ортогоналних равни.
- У четвртој фази биће развијен поступак за одређивање индуктивности магнећења вишефазне асинхроне машине и његова верификација применом методе коначних елемената и експерименталним путем.
- У петој фази биће синтетисан модел вишефазне машине на бази резултата из претходне три фазе. На формираној експерименталној поставци биће извршена додатна мерења преосталих параметара модела фаза применом постојећих мерних метода.
- У шестој фази биће извршена рачунарска симулација на бази развијеног модела у радним режимима у којима је изражено засићење магнетског кола. Добијени резултати биће експериментално верификовани.

На основу истраживања спроведеног према датом плану, биће формулисани и приказани главни научни доприноси, са посебним нагласком на њиховом значају и практичној примени. Развој модела који уважава засићење магнетског кола вишефазне асинхроне машине и утврђивање вредности параметара модела омогућава веродостојну анализу прелазних и устаљених радних режима и представља основу за пројектовање управљачких алгоритама у погонима високих перформанси.

7. Закључак и предлог

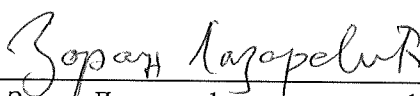
На основу приложене документације и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Богдана Брковића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија је закључила да кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације. Анализом предложене теме под називом „Моделовање вишефазних асинхроних машина уважавајући утицај засићења магнетског кола“ Комисија је дошла до закључка да је тема актуелна и научно заснована. Имајући у виду наведене циљеве, очекиване резултате и научне доприносе, Комисија је сагласна да предложена тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. Комисија

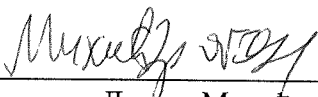
констатује да предложена тема припада ужој научној области Енергетски претварачи и погони и да је Електротехнички факултет у Београду матичан за ову научну област, те се за ментора при изради докторске дисертације предлаже др Зоран Лазаревић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Уз извештај се прилаже списак радова проф. др Зорана Лазаревића који га квалификују за ментора.

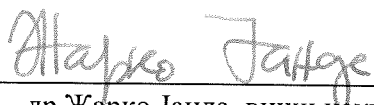
На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Богдану Брковићу одобри израду докторске дисертације под називом „Моделовање вишефазних асинхроних машина уважавајући утицај zasiћења магнетског кола“.

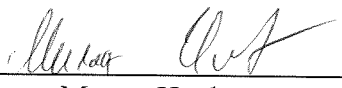
У Београду, 20. 6. 2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


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


др Драган Микић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


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


др Милан Илић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет