

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Милана Балтића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5028/11-1 од 19.10.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милана Балтића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Оптимизација управљања и системска интеграција паралелних спрега прекидачких конвертора“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милан Балтић је рођен 2. фебруара 1984. године у Краљеву. Завршио је основну школу „Ђура Јакшић“ у Конареву. Електротехничку школу у Краљеву, смер електротехничар аутоматике, завршио је са одличним успехом, 2003. године. Носилац је признања за учешће на регионалним и републичким такмичењима из електротехнике и електронике. На Електротехничком факултету у Београду, одсек Сигнали и системи, је 24. октобра 2007. године дипломирао са радом „Пројектовање генератора резидуала у алгоритмима за детекцију отказа“ и стекао звање дипломираног инжењера електротехнике. Током студија остварио је просечну оцену 8,07. На Електротехничком факултету у Београду је 30. јуна 2011. завршио мастер академске студије другог степена на студијском програму Електротехника и рачунарство, модул Електроника са просечном оценом 9,17. и завршним радом "Дигитално управљање струјно програмираних boost конвертора".

У периоду 2008.-2010. је био ангажован као сарадник на Катедри за рачунарску технику Техничког факултета у Чачку на предметима: Сигнали и системи, Дигитална обрада сигнала, Дигитални системи управљања, Софтверски алати и Управљачки рачунарски системи. Од 2010. је запослен у Електропривреди Србије на пословима инжењера за планирање и анализу погона (2011-2015) и водећег стручног сарадника за МиЗ и аутоматизацију ДЕЕС (2015-2018) у Дирекцији за управљање у Дистрибутивном Диспечерском Центру у Краљеву.

Милан Балтић је уписао докторске академске студије 2012. године на Електротехничком факултету у Београду и до сада положио све испите на модулу Управљање системима и обрада сигнала са просечном оценом 9,9. Истраживање и изборни предмети кандидата су усмерени на примену дигиталне обраде сигнала и уопште дигиталних система у области енергетске електронике и управљања уређајима енергетске електронике. У

току докторских студија М. Балтић је са циљем унапређења вештина успешно завршио два MOOC (*Massive Open Online Courses*) курса, као и један курс института EECI (*European Embedded Control Institute*).

Област научног истраживања кандидата обухвата управљање уређајима енергетске електронике, дигитално управљање претварачима и погонима, дигиталне системе управљања, дигиталну обраду сигнала, дигиталне процесоре сигнала, наменске системе и сродне области. Кандидат је објавио 9 радова у научним часописима и на научним скуповима, од којих је 6 везано за тему докторске дисертације.

1.2. Сечено научно истраживачко искуство

Кандидат Милан Балтић је школске 2011/2012. године уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на изборном подручју Управљање системима и обрада сигнала. Током докторских студија положио је све планом предвиђене испите и испунио обавезе и то:

Рд. бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Праћење покретних циљева	10	9
2	Технике обраде и препознавања говорног сигнала	9	9
3	Линеарни робусни системи	10	9
4	Нелинеарни мултиваријабилни системи	10	9
5	Одабрана поглавља из енергетске електронике	10	9
6	Фазно синхронисане петље	10	9
7	Сложени мулти-агент системи	10	9
8	Увод у научни рад	10	6
9	Оптимални и адаптивни стохастички системи	10	9
10	Класификација и естимација сигнала	10	9
Назив обавезе			
1	Студијски истраживачки рад I		15
2	Студијски истраживачки рад II		15
3	Научно стручни рад		3

Публиковани радови кандидата, у складу са нормативима Министарства просвете и науке Србије, наведени у следећим групама:

Категорија M23

- [M23.1] **Milan Baltić**, Radojka Krneta, Aleksandar Rakić, Interdisciplinary project bridges the gap in electrical engineers' knowledge of modern control applications, *International Journal of Electrical Engineering Education*, Vol. 51, NO. 3, pp. 203-216, Jul. 2014 (doi: 10.7227/IJEEE.51.3.3, ISSN: 0020-7209, IF: 0.118)

Категорија M33

- [M33.1] **M. Lj. Baltić**, A. Ž. Rakić, M. Ponjavić, "Variable Sample Rate Acquisition Platform (in Serbian)," in Proc. TELFOR 2013 Conf., Belgrade, Serbia, Nov. 26-28, 2013, pp. 439-442, doi:10.1109/TELFOR.2013.6716262

Категорија M34

- [M34.1] A. Peulic, N. Filipovic, **M. Baltić**, Smart ZigBee wireless sensors medical therapy scheduler for the older people, Proc. PROSENSE Seminar Presentations, Ljubljana, Dec 18-21, 2008.

Категорија М63

- [M63.1] A. Peulić, M. Baltić, Off-Board Freezing Gait Detection in Parkinson's Disease, 53. Konferencija ETRAN, Vrnjačka Banja, Jun. 15-19, 2009.
- [M63.2] M. Baltić, A. Peulić, GPRS system za akviziciju podataka baziran na low power mikrokontroleru familije MSP430, 53. Konferencija ETRAN, Vrnjačka Banja, Jun. 15-19, 2009.
- [M63.3] Milan Baltić, Radojka Krneta, Diskretno modelovanje strujno programiranog boost konvertora u prostoru stanja, 56. konferencija ETRAN, Zlatibor, Jun. 11-14, 2012, AU5.4-1-4.
- [M63.4] Milan Baltić, Radojka Krneta, Milan Ponjavić, FPGA kao platforma za digitalno upravljanje prekidačkim konvertorima, 57. konferencija ETRAN, Zlatibor, Jun. 3-6, 2013, ISBN 978-86-80509-68-6
- [M63.5] Milan Baltić, Milan Ponjavić, Dinamički model boost konvertora namenjen proceduralnim programskim jezicima, Konferencija Infoteh, Jahorina, Mar. 18-20, 2015. ISBN 978-99955-763-6-3.
- [M63.6] M. Baltić, A. Rakić, M. Ponjavić, Realizacija digitalnog regulatora prekidačkog konvertora, 16. konferencija Infoteh-Jahorina, Jahorina, Republic of Srpska - Bosnia and Herzegovina, Mar. 22-24, 2017, Vol. 16, Ref. SUP.5, pp. 675-680.

Кандидат је коаутор уџбеника:

- Radojka Krneta, Žarko Čučej, Milan Baltić, Napredne tehnike za obradu signala, ISBN 978-86-7776-097-7, Tehnički fakultet Čačak, 2010.

Кандидат је 14.11.2018. године на Електротехничком факултету у Београду јавно усмено бранио предложену тему докторске дисертације пред комисијом у саставу:

1. др Жељко Ђуровић, ред. проф., Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Саша Милић, виши научни сарадник, Електротехнички институт Никола Тесла,
3. др Милан Поњавић, ванр. проф., Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
4. др Лазар Бербаков, научни сарадник, Институт Михајло Пупин,

где је комисија закључила да је кандидат добио оцену **задовољно** и да испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу свих претходно приказаних резултата кандидата, комисија констатује да је Милан Балтић:

- положио све планом предвиђене испите и извршио све обавезе, чиме је сакупио 120 ЕСП бодова,
- јавно 14.11.2018. год. одбранио тему докторске дисертације, пред комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду,
- публиковао 9 радова у научним часописима и научним конференцијама, од чега 6 припада области истраживања предложене теме, чиме је приказао квалификације за научни рад и афинитет према теми.

Стога Комисија сматра да Милан Балтић задовољава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Прекидачки конвертори представљају широко прихваћено решење за поуздано, ефикасно и редундантно напајање електричном енергијом у телекомуникационим системима, индустријској електроници, аутомобилској индустрији, рачунарским системима и другим областима. Захтев за повећаним струјним капацитетом прекидачких (DC/DC) конвертора најчешће се испуњава паралелним спрезањем већег броја конверторских модула мање снаге, као флексибилним и модуларним решењем. У паралелним конфигурацијама, од интереса је управљати спрегом на такав начин да се оствари подједнако (струјно) оптерећење конверторских модула. За паралелну спрегу конверторских модула, моделовање и пројектовање система управљања су предмет интензивних истраживања са бројним објављеним резултатима, од чега ужи иницијални избор представљају [2.1] – [2.10]. Стратегије управљања струјама оптерећења појединачних модула могу се поделити на стратегије са и без струјне повратне спреге, тј. са или без размене и коришћења информација о подели оптерећења између конверторских модула. Методе програмирања излазне импедансе, где нема директне размене информација између прекидачких модула, најчешће не дају задовољавајуће динамичке резултате у условима великих поремећаја, те строгих захтева за време смирења и неосетљивост на грешке моделовања. Методе активне расподеле излазне струје остварују знатно боље карактеристике, али на рачун сложености стратегије управљања и додатних електричних веза између конверторских модула. Заједничко за све наведене стратегије је да су, у највећем броју случајева, имплементиране тако да сваки конверторски модул задржава засебну управљачку целину за управљање сопственом енергетским склопом (прекидачима). У мањем обиму доступна су и решења паралелних спрега конвертора, где једно управљачко коло управља радом више конверторских модула у паралели, тј. систем садржи само једну управљачку целину и више потпуних енергетских целина. У литератури се овај начин управљања среће под називом *External Control Mode*, *Supervisory Control* или *System Oriented Control*.

Захтев за управљањем излазним напоном и струјама појединачних модула, са строгим ограничењима рада у реалном времену, наметнуо је коришћење дигиталних наменских платформи, на којима су имплементирани одговарајући алгоритми управљања. Савремене наменске платформе поседују микроконтролере са великом процесорском моћи, великим меморијским капацитетима, више расположивих процесорских језгара и могућностима за разноврсне комуникационе интеграције. Са друге стране, у контексту савременог тренда остваривања паметне мреже (*Smart Grid*), од интереса је информације о потрошњи, снази и отказима појединачних модула, као и о условима рада целине – спреге, проследити вишим хијерархијским нивоима за надзор и управљање производњом, преносом и дистрибуцијом енергије.

Циљ истраживања представља побољшање перформанси и повећање ефикасности паралелне спреге конвертора применом побољшаних динамичких модела објекта управљања, хијерархијских структура система управљања, метода за распрезање мултиваријабилних система, управљачко-аквизиционе интеграције система управљања коришћењем вишејезгарних микроконтролере и *Internet of Things* (IoT) технологија.

Предложено истраживање има значај како у домену побољшања перформанси и повећања ефикасности постојеће модуларне конверторске инфраструктуре без промене (електричних) веза између модула, тако и креирања флексибилне информационо-управљачке надоградње за ефикасну интеграцију спреге конвертора, као опсервабилног и управљивог ентитета, у оквиру паметне мреже.

- [2.1] D. S. Garabandic and T. B. Petrovic, "Modeling parallel operating PWM DC/DC power supplies," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 42, no. 5, pp. 545-551, Oct. 1995.

- [2.2] Y. Panov, J. Rajagopalan and F. C. Lee, "Analysis and design of N paralleled DC-DC converters with master-slave current-sharing control," *Proceedings of APEC 97 - Applied Power Electronics Conference*, Atlanta, GA, USA, 1997, pp. 436-442 vol.1.
- [2.3] M. M. Shebani, T. Iqbal and J. E. Quaicoe, "Synchronous switching for parallel-connected DC-DC boost converters," *2017 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)*, Saskatoon, SK, 2017, pp. 1-6.
- [2.4] J. Jugo and I. Arredondo, "Analysis and control design of MIMO systems based on symmetry properties," *Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control*, Seville, Spain, 2005, pp. 6887-6892.
- [2.5] T. F. Wu, K. Siri and C. Q. Lee, "Reliability improvement in parallel connected converter systems," *Proceedings IECON '91: 1991 International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, Kobe, Japan, 1991, pp. 429-434 vol.1.
- [2.6] A. Ž. Rakić, T. B. Petrović, "Multivariable modeling and decentralized robust linear controllers for current-sharing dc/dc converters", *Electronics* (Banja Luka, ISSN: 1450-5843), Vol. 13, No. 1, pp. 63-69, Jun. 2009
- [2.7] Y. Ohta, K. Higuchi and T. Kajikawa, "Robust digital control for boost DC-DC converter," *The 8th Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association of Thailand - Conference 2011*, Khon Kaen, 2011, pp. 525-528.
- [2.8] G. Garcera, M. Pascual and E. Figueres, "Robust average current-mode control of multimodule parallel DC-DC PWM converter systems with improved dynamic response," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 48, no. 5, pp. 995-1005, Oct. 2001.
- [2.9] V. Tanyingyong, R. Olsson, M. Hidell, P. Sjödin and B. Pehrson, "Design and implementation of an IoT-controlled DC-DC converter," *2013 Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT)*, Palermo, 2013, pp. 1-4.
- [2.10] T. Kohama, Y. Sogawa and S. Tsuji, "Optimized on-off control to improve efficiency of paralleled converter system," *2014 IEEE 36th International Telecommunications Energy Conference (INTELEC)*, Vancouver, BC, 2014, pp. 1-7.

3. Полазне хипотезе

У истраживању се полази од хипотезе да је могуће анализирати, пројектовати и реализовати системе управљања високих перформанси применом признатих научно-технолошких процедура. У складу са наведеним циљем истраживања, потребно је проверити појединачне претпоставке:

- могу се развити динамички модели паралелне спреге конверторских модула, довољне комплексности за пројектовање напредних система управљања и симулациону верификацију резултата;
- могу се развити хијерархијски структурирани системи управљања, базирани на методама за распрезање мултиваријабилних система, који задовољавају високе перформансе и повећање ефикасности спрега конверторских модула;
- управљачко-аквизициона интеграција система управљања коришћењем вишејезгарних микроконтролера и IoT технологија може побољшати перформансе и ефикасност спрега конверторских модула.

4. Научне методе истраживања

За потребе истраживања, извршило би се систематизовано прикупљање и анализа постојећих научних резултата из области моделовања и управљања паралелном спрегом конвертора. Синтеза адекватних динамичких модела спреге конвертора и решења управљачких алгоритама, биће спроведени у оквирима теорије система управљања. Верификација остварених резултата биће спроведена симулационо и експериментално.

Симулациона верификација подразумевала би креирање адекватних симулационих модела, тестних сценарија и доследну анализу добијених резултата у складу са критеријумима, који се стандардно користе за системе управљања. Експериментална верификација обухватала би имплементацију система управљања на прототипској наменској платформи, креирање експеримената и доследну анализу остварених перформанси.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси ове докторске дисертације су:

- систематизација, преглед и анализа карактеристика постојећих решења управљања паралелном спрегом конвертора,
- унапређење постојећих или формирање оригиналних динамичких модела паралелне спреге конвертора и софтверских пакета за симулацију и валидацију модела,
- побољшања перформанси паралелних спрега конвертора, заснована на унапређењу стратегија управљања, оптимизацији броја конвертора у раду, обезбеђивању робусности и коришћењу нових технологија за системске интеграције.

Очекивани допринос у смислу унапређења инжењерске праксе огледао би се у могућности примене резултата истраживања у пројектовању и експлоатацији паралелних спрега прекидачких конвертора и других модуларних техничких система.

6. План истраживања и структура рада

У првој фази истраживања, детаљно би се размотрила литература у вези опште поставке и постојећих решења проблема управљања системом паралелно спрегнутих прекидачких конвертора.

Моделовање паралелне спреге прекидачких конвертора, приступом који обезбеђује укључивање и паразитних ефеката у динамички модел, представљало би другу фазу истраживања. Посебна пажња обратила би се уважавању динамичких аспеката појединачних модула у оквиру интегралног модела паралелне спреге, али и међусобном утицају модула. Размотрила би се и ефикасност спреге конвертора у зависности од броја коришћених модула, тренутног оптерећења и паразитних ефеката.

Трећа фаза истраживања обухватала би анализу побољшања у оквиру система управљања паралелном спрегом конверторских модула. Идентификовале би се мањкавости постојећих решења, могући правци унапређења, као и постојећа решења, која представљају погодну основу за унапређења. Прелиминарни скуп праваца побољшања обухвата:

- унапређење перформанси управљања применом хијерархијске структуре законитости управљања и метода за распрезање мултиваријабилних система,
- управљачко-аквизициону интеграцију система управљања спрегом конвертора у шири оквир коришћењем IoT технологија.

Четврта фаза обухватала би симулације рада спреге конвертора у различитим погонским условима и са унапређеним решењима управљања, као и анализу добијених карактеристика прелазних процеса и устаљеног стања.

Побољшања управљања паралелном спрегом конвертора била би верификована експериментално у петој фази истраживања, на прототипској софтверско-хардверској платформи, па би се добијени резултати упоредили са рачунарским симулацијама и дискутовала њихова слагања и одступања. Сумирали би се остварене резултати, размотрила и побољшања и ограничења, као и смернице за будућа истраживања.

Структура дисертације, по предложеној теми, пратила би претходно наведени план истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу свега претходно наведеног, Комисија сматра да кандидат Милан Балтић задовољава све услове да спроведе истраживање и реализује предвиђене циљеве на предложеној теми „Оптимизација управљања и системска интеграција паралелних спрега прекидачких конвертора“.

Предвиђени садржаји истраживања су актуелни, а очекивани научни доприноси значајни у домену пројектовања, анализе и експлоатације разматране класе прекидачког напајања. Предложена тема припада ужој научној области управљања системима (аутоматика), за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

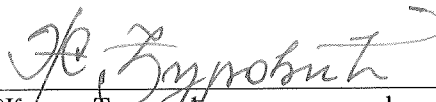
Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Милану Балтићу одобри израду докторске дисертације под насловом „Оптимизација управљања и системска интеграција паралелних спрега прекидачких конвертора“. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Александар Ракић, ванредни професор на Електротехничком факултету у Београду.

У Београду,
26.11.2018. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Александар Ракић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Жељко Туровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Саша Милић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Електротехнички институт
Никола Тесла



др Милан Поњавић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Лазар Бербаков, научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт Михајло Пупин