

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: 05.09.2024. год., бр. 012-40/235-2024, Декан Факултета техничких наука у Новом Саду на основу одлуке Наставно-научног већа факултета		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. Васић Веран	редовни професор	Енергетска електроника, машине, погони и обновљиви извори електричне енергије 14.04.2011.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		Председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. Шљивац Дамир	редовни професор	Електроенергетика 25.09.2018.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет електротехнике, рачунарства и информацијских технологија, Свеучилиште „Јосипа Јурја Штросмајера“ у Осијеку		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. Јеличић Зоран	редовни професоре	Аутоматика и управљање системима 20.06.2013.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. Грбић Татјана	редовни професор	Теоријска и примењена математика 19.02.2019.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. Јухас Ласло (Juhász László)	редовни	Аутоматика и управљање

	професор	системима 01.09.2015.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
<i>Faculty of Electrical Engineering, Media Technology and Informatics, Deggendorf Institute of Technology</i>		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
6. Думнић Борис	редовни професор	Енергетска електроника, машине, погони и обновљиви извори електричне енергије 12.09.2023.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		Ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- Име, име једног родитеља, презиме:
Барбара, Павле, Вујков
- Датум рођења, општина, држава:
26. 09. 1994., Нови Сад, Република Србија
- Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:
Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, мастер инжењер електротехнике и рачунарства
- Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
2018. Енергетика, електроника и телекомуникације

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Напредно управљање системом за конверзију енергије морских таласа у електричну

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација написана је на 136 страна и садржи 9 поглавља, 9 табела, 81 слика, 0 графика и 82 навода из литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи следећа поглавља.

- Увод
- Теоријска разматрања примарног извора енергије
- Преглед постојећих система за конверзију енергије таласа
- Моделовање *SWEC* система
- Резултати тестирања у реалном окружењу
- Напредне технике управљања
- Закључак
- Преглед литературе
- Прилог

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Предмет научне расправе у овом раду је напредно управљање синхроним генератором у склопу система за претварање енергије морских таласа у електричну. Аспекти унапређења се огледају у реализацији нових стратегија управљања те повећању енергетске ефикасности целокупног

система.

Комисија сматра да је наслов дисертације јасно формулисан и да указује на предмет истраживања и садржај рада у оквиру дисертације.

Прво поглавље обухвата увод у проблематику истраживања, у коме је уједно постављена хипотеза. Комисија сматра да су проблем, предмет и циљ истраживања у дисертацији постављени концизно и јасно и да су успешно водили кандидата кроз рад на изабраној теми. Такође, дат је свеобухватан и користан приказ научне литературе у области. Наведене су постојеће методе управљања системом за конверзију енергије морских таласа у електричну и изнете су предности и недостацији појединих решења.

У другом поглављу приложена је детаљна анализа примарног извора енергије. Анализирани су регуларни и нерегуларни таласи и приказане су статистичке методе за њихово описивање, као и алгоритми за одређивање основних параметара таласа (висине и периоде), чији рад у реалном времену је потврђен коришћењем *dSpace* развојне истраживачке платформе. Поред тога, приложен је алгоритам за предвиђање периоде таласа. Даље су описани модели стандардних спектра и њихова примена у развијеном симулационом моделу. Комисија сматра да су теоријска разматрања представљена јасно и концизно, као и да су развијени алгоритми важни за практичну примену истраживања.

Треће поглавље обухвата преглед постојећих технологија, као и детаљан опис прототипа коришћеног у истраживању. Комисија сматра да је преглед технологија и осврт на ефикасност појединих система јасно представљен и да указује на потребу за интензивним истраживањем метода за повећање перформанси система. Поред тога, комисија сматра да је опис прототипа коришћеног за истраживање јасан и концизан.

Четврто поглавље обухвата математички модел разматраног система за конверзију енергије морских таласа у електричну. Одзиви симулационог модела приказани су на крају поглавља. Комисија сматра да је математички модел јасно представљен.

Пето поглавље садржи резултате тестирања система у реалном окружењу, њихову анализу и на крају поређење резултата са симулационом моделом. Комисија сматра да је спроведена верификација развијеног симулационог модела на одговарајући начин, као и да је оправдано даље коришћење модела у сврху имплементације различитих алгоритама управљања.

У шестом поглављу приказане су напредне технике управљања, укључујући технике у складу са значајном висином и средњом периодом таласа, развој оптималне криве управљања на основу тестирања у условима регуларних таласа, као и примена техника машинског учења управљање на основу тренутне висине таласа и предвиђање механичке снаге. Комисија сматра да су предложеним алгоритмима управљања потврђени резултати истраживања, као и да су резултати адекватно анализирани и потврђују постављену хипотезу.

У седмом поглављу су изнети најважнији закључци. Комисија констатује да су резултати адекватно протумачени.

На основу изложених ставова, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилма докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

[M23] Barbara Vujkov, Mile Dragić, Matej Žnidarec, Bane Popadić, Damir Šljivac, and Boris Dumnić, "Evaluation of Different Methodologies for Wave Energy Conversion Systems Integration into the Power Grid Using Power Hardware-in-Loop Emulation," *Energies*, vol. 17, no. 12, p. 2826, Jun. 2024, doi:

10.3390/en17122826

[M23] Saša Igić, Dragana Bošković, Barbara Vujkov, Nemanja Igić, Todor Janić, Dalibor Jeličić, Vladica Ristić, Boris Dumnić, Analysis of the Correlation between Combustion Products in Biomass Thermal Power Plant Using Association Rule Mining, *Energies* 2020, 13(21), Special Issue Thermal Analysis of Biomass Energy Production Process

[M33] Mladen Vučković, Boris Dumnić, Veran Vasić, Barbara Vujkov, Vladimir Popović, Inductance Identification of the Surface Permanent Magnet Synchronous Machines with sinusoidal voltage test signals, 2021 21st International Symposium on Power Electronics (Ee), Novi Sad, Serbia, 27-30 October 2021

[M33] Barbara Vujkov, Boris Dumnić, Bane Popadić, Tatjana Grbić, Dragan Milićević, Optimal energy management in public buildings using mixed-integer linear programming, 2020 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST), Osijek, Croatia, 14-16 October 2020

[M33] Vladimir Popović, Barbara Vujkov, Mladen Vučković, Veran Vasić, Darko Marčetić, Đura Oros, MAPT strategy for IPMSM with parameter sensitivity analysis, 2020 International Symposium on Industrial Electronics and Applications (INDEL), Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 04-06 November 2020

[M33] Barbara Vujkov, Vladimir Katić, Boris Dumnić, Dragan Milićević, Nikola Vukajlović, Testing of the low speed salient pole synchronous generator for renewable energy sources, 20th International Symposium on Power Electronics Ee2019, Novi Sad, Serbia, 23-26 October 2019

[M33] Kristina Vujkov, Boris Dumnić, Dejan Jerkan, Barbara Vujkov, Petar Jerkan, EMF calculations of the salient pole synchronous generator with variable speed using 2D finite element method, IEEE EUROCON 2019 - 18th International Conference on Smart Technologies, Novi Sad, Serbia, 1-4 July 2019

[M33] Barbara Vujkov, Boris Dumnić, Tatjana Grbić, Bane Popadić, Nikola Vukajlović, Slavica Medić, Spectral analysis of ocean waves for determination of fundamental energy parameters, IEEE EUROCON 2019 - 18th International Conference on Smart Technologies, Novi Sad, Serbia, 1-4 July 2019

[M33] Stevan Cvetičanin, Barbara Vujkov, Milica Banović, Fractional model and analytically determined response of DC motor with separate excitation, 2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 20-22 March 2019

[M33] Barbara Vujkov, Boris Dumnić, Bane Popadić, Dragan Milićević, Nikola Vukajlović, Vladimir Katić, Advanced research and development facility for digital control of power electronic based drives, 2018 International Symposium on Industrial Electronics (INDEL), Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 1-3 November 2018

[M33] Boris Dumnić, Nikola Vukajlović, Barbara Vujkov, Evgenije Adžić, Bane Popadić, Dragan Milićević, Vladimir Katić, Zoltan Čorba, Dejan Jerkan, Mile Dragić, Milan Hofman, Control of electrical generator used in sigma wave energy conversion system, XIX International Symposium Power Electronics Ee2017, Novi Sad, Serbia, 19-21 October, 2017

[M33] Barbara Vujkov, Boris Dumnić, Bane Popadić, Dragan Milićević, Vladimir Katić, Systems for conversion sea wave into electrical energy and research activities on Faculty of Technical Sciences, XIX Savetovanje Energetska elektronika Ee2017, Novi Sad, Serbia, 19-21 October 2017

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Структура докторске дисертације је добро организована и резултати истраживања су доследно представљени и јасно дефинисани. Избор литературе указује да су размотрени акутелни научни погледи на предмет истраживања. Комисија констатује да приказани резултати потврђују постављене хипотезе, те Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања докторске дисертације.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање. Навести нумеричке податке о резултатима провере оригиналности рада и дати текстуално образложење.

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?
Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?
Докторска дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?
Главни доприноси докторске дисертације обухватају развој напредних алгоритама за управљање системом за конверзију енергије морских таласа. Експериментално истраживање је спроведено на прототипу система за конверзију енергије морских таласа, под називом *SWEC (Sigma Wave Energy Converter)*, развијен од стране компаније *Sigma Energy*. Развоју напредних алгоритама управљања претходила је серија систематских корака који такође представљају оригиналан научни допринос. Прво је развијен алгоритам за одређивање параметара морских таласа спектралном и статистичком анализом, чији рад у реалном времену је потврђен коришћењем *dSpace* развојне истраживачке платформе. Развијен је и алгоритам за предвиђање таласа и доминантне фреквенције, као и модел *SWEC* система развијен у *Matlab/Simulink* софтверском окружењу, који је верификован поређењем са експерименталним резултатима добијених тестирањем прототипа на локацији Добра Вода, Црна Гора. Предложен је алгоритам управљања у односу на основне параметаре таласа (висина и периода) одређене спектралном анализом, затим управљање према оптималној криви управљања која је изведена симулацијом рада *SWEC* система при регуларним таласима, а базира се на развијеном алгоритму за предвиђање доминантне фреквенције таласа. Поред наведених, предложено је и управљање *SWEC* системом базирано на машинском учењу. Конкретно су развијени модели коришћењем алгоритма *K*-најближих суседа (енгл. *K-Nearest Neighbour – KNN*) и случајне шуме (енгл. *Random Forest - RF*). Сви предложени алгоритми верификовани су коришћењем развијеног симулационог модела и указују на значајно побољшање енергетске ефикасности система. Код управљања према оптималној криви управљања постигнут је максимални процентуални пораст ефикасности система од око 46%, док је у случају управљања базираног на машинском учењу постигнут максимални процентуални пораст од око 61%. Предложени алгоритми управљања не захтевају додатне механизме, једноставна су за имплементацију, и могу значајно допринети комерцијализацији система за конверзију енергије морских таласа.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?
Дисертација нема битне недостатке који утичу на резултат истраживања.

5. Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):

Провера докторске дисертације извршена је у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate* од стране Библиотеке Факултета техничких наука. Утврђен је проценат поклапања од 1%. Комисија констатује да је кандидат адекватно цитирао коришћену литературу и да оригиналност добијених научних резултата и дискусије није упитна.

X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже:
а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;
б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);
в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:

1. др Веран Васић, редовни професор
_____, председник

2. др Дамир Шљивац, редовни
професор
_____, члан

3. др Зоран Јеличић, редовни професор
_____, члан

4. др Татјана Грбић, редовни професор
_____, члан

5. др Ласло Јухас, редовни професор
_____, члан

6. др Борис Думнић, редовни
професор
_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.