

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Александра Аце Марковића

Одлуком 920-24 бр. од 14.5.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену дисертације кандидата Александра Аце Марковића под насловом

### **Математичко моделовање и сузбијање електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима**

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

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Александар Ацо Марковић уписао је 10.10.2019. године докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на модулу Енергетски претварачи и погони. Све испите предвиђене наставним планом и програмом положио је са просечном оценом 10, те је испунио све формалне услове за пријаву докторске дисертације.

Докторску дисертацију под радним насловом „Математичко моделовање и сузбијање електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима“ кандидат је пријавио 29.12.2023. године.

Комисија за студије трећег степена размотрила је предлог теме кандидата те је Наставно – научно већу предложила састав комисије за оцену подобности теме кандидата. Наставно – научно веће је на седници одржаној 16.01.2024. године именовало комисију за оцену научне заснованости теме у следећем саставу:

- Др Зоран Стојановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- Др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- Др Жарко Јанда, виши научни сарадник, Електротехнички институт Никола Тесла

- Др Братислав Иричанин, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- Др Младен Терзић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Кандидат је 13.02.2024. године успешно одбранио тему докторске дисертације.

На седници одржаној 12.03.2024. године, Наставно – научно веће Електротехничког факултета усвојило је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације. За ментора за израду дисертације изабран је академик др Слободан Вукосавић, редовни професор.

Дана 23.04.2024. године, кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена утврдила је испуњеност свих релевантних услова за подношење дисертације на преглед и оцену. На основу закључака Комисије за студије трећег степена, Наставно – научно веће Електротехничког факултета на седници одржаној 14.05.2024. године донело је одлуку о формирању комисије за преглед и оцену докторске дисертације под називом „Математичко моделовање и сузбијање електроинженерских таласа у великим електроенергетским системима“ у следећем саставу:

- Др Зоран Стојановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- Др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- Др Жарко Јанда, виши научни сарадник, Електротехнички институт Никола Тесла.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра Аце Марковића под насловом „Математичко моделовање и сузбијање електроинженерских таласа у великим електроенергетским системима“ припада научној области Електротехника и рачунарство, те ужој научној области Електроенергетски системи за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторске дисертације је академик Слободан Вукосавић, истакнути научник и аутор многобројних научних радова из области електроенергетских система. Академик Слободан Вукосавић је и председник Академијског одбора за електроенергетику Српске академије наука и уметности.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Александар Ацо Марковић рођен је 6. новембра 1991. године у Завидовићима у Босни и Херцеговини. Основну школу у Шамцу (Република Српска) завршио је 2006. године као ученик генерације и носилац Вукове дипломе. Гимназију у Шамцу завршио је 2010. године такође као ученик генерације у носилац Вукове дипломе. У основној и средњој школи учествовао је и освајао награде на бројним такмичењима из математике, физике као и на спортским такмичењима у фудбалу, одбојци и кошарци.

Основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци уписао је 2010. године на одсеку за Електроенергетске и индустријске системе. Током студија више пута је награђиван за најбољег студента у генерацији на одсеку за Електроенергетске и индустријске системе. Дипломски рад под насловом „Развој алгорита модуларности просторног вектора напона за примјену у електроинженерским погонима“ одбранио је 2014. године са оценом 10. На основним студијама остварио је просечну оцену 9,43.

Мастер студије уписао је 2014. године на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци. Остварио је просечну оцену 10 током мастер студија а истом оценом одбранио је 2016. године и мастер рад под насловом „Алгоритми за директну контролу момента шестофазне асиметричне асинхроне машине“.

Докторске студије уписао је 2019. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на модулу Енергетски претварачи и погони. До сада је положио све испите и друге обавезе предвиђене планом докторских студија са просечном оценом 10.

У периоду од 2015. до 2016. године радио је у предузећу „Институт за грађевинарство – ИГ“ Бања Лука на пословима пројектовања надземних водова и електричних инсталација у објектима. Од 2016. до 2017. радио је у ЈУ „Техничка школа“ Бања Лука као наставник стручно теоријске наставе. Од 2017. године запослен је у предузећу „Електропренос – Електропријенос БиХ“ а.д. Бања Лука на пословима испитивања енергетских и мерних трансформатора. Године 2018. биран је у звање асистента на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци на Катедри за аутоматику. Тренутно, у допунском радном, односу на Електротехничком факултету у Бањој Луци изводи вежбе на предметима Системи аутоматског управљања и Основи система аутоматског управљања. Године 2022. биран је у звање вишег асистента на Електротехничком факултету у Бањој Луци.

Аутор је четири научна рада. Фокус његовог рада је на савременом управљању у електроенергетским системима.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је у потпуности усклађена са Упутством о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду. Дисертација је написана на српском језику, ћириличним писмом, и садржи укупно 127 страна. Организована је у седам поглавља, броји 46 слика, као и листу од 125 референци. Наслови поглавља су следећи:

1. Увод
2. Математичко моделовање и верификација
3. Сузбијање електроинергијских таласа
4. Унифицирани контролер токова снага
5. Синтеза управљачког система
6. Резултати симулација и дискусија
7. Закључак.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу дефинисан је конкретан проблем којим се дисертација бави, као и циљеви које је потребно испунити. Дат је опширан осврт на релевантну литературу са критичким освртом. Поред тога, детаљно су наведени научни доприноси дисертације.

Друго поглавље се бави извођењем математичког модела електроинергијског таласа, новим приступом, заснованим на Ојлер – Лагранжовој диференцијалној једначини и Лагражијану система, формираном на основу укупне кинетичке и потенцијалне енергије у систему. Изведени математички модел детаљно је анализиран и упоређен са постојећим математичким моделима, на основу чега је закључено да је добијени модел у великој мери подударан са постојећим моделима. Верификација изведеног математичког модела обављена

је помоћу рачунарских симулација на одговарајућим дискретним тестним системима, а добијени резултати су у сагласности са теоријским очекивањима.

Фокус трећег поглавља је на истраживању могућности сузбијања ширења електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима. Подробнијом анализом изведеног математичког модела дошло се до корисних образаца за коефицијенте рефлексије и трансмисије таласа. На основу ових коефицијената изведен је закључак да је ширење електромеханичких таласа могуће сузбити модулацијом редних параметара надземног вода, као и модулацијом амплитуде напона на једном крају вода. Закључак је верификован рачунарском симулацијом на дискретном тестном систему.

Будући да се унифицирани контролер токова снага (енгл. *Unified Power Flow Controller – UPFC*) намеће као основни уређај за практичну имплементацију управљачког закона за сузбијање ширења електромеханичких таласа, четврто поглавље дисертације је посвећено управо овом уређају. Представљен је математички модел UPFC-а погодан за рачунарске симулације, а посебна пажња посвећена је анализи постојећих управљачких алгоритама UPFC-а за потребе смањења осцилација активне снаге уз осврт на могућност интеграције предложеног управљачког система у оквиру постојећих управљачких система како би се поједноставила евентуална практична имплементација предложеног управљања.

У оквиру петог поглавља извршена је синтеза управљачког система за потребе управљања UPFC-ом у сврху потискивања електромеханичких таласа. Како је основа управљачког алгоритма заснована на симултаном управљању редном отпорношћу и индуктивношћу вода, помоћу одговарајуће рачунарске симулације тестиран је рад UPFC-а у тзв. импедантном режиму рада. Резултати симулације су у складу са теоријским очекивањима. Потом је формиран управљачки систем редног и оточног дела UPFC-а на бази постојећег регулатора за смањење осцилација активне снаге (енгл. *Power Oscillation Damper – POD*).

Претходно развијен управљачки систем тестиран је у шестом поглављу на два типа рачунарских симулација. Најпре је на дискретном тестном систему, сачињеном од низа од 65 синхроних генератора, демонстрирано значајно смањење простирања таласа кроз систем у присуству UPFC-а управљаног на предложени начин. Додатно, изведен је закључак да се најзначајније смањење амплитуде таласа добија када се UPFC лоцира што ближе извору поремећаја. Потом је ефикасност предложеног управљачког метода тестирана на реалистичном тестном систему IEEE 59, који представља поједностављен електроенергетски систем Аустралије са 59 сабирница и 14 синхроних генератора. При најзахтевнијем радном режиму, блиском граници стабилности, са UPFC-ом значајно удаљеним од места настанка квара, резултати симулација показују значајно смањење амплитуде таласа, које на неким генераторима износи и преко 80%. У оквиру овог поглавља детаљно је описана и процедура подешавања регулатора за сузбијање електромеханичког таласа.

У седмом поглављу сумирани су резултати рада и формулисан је закључак дисертације. Поред тога дати су предлози и смернице за наставак истраживања на овом пољу.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација се бави проблематиком електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима. Електромеханички таласи представљају феномен осциловања угла оптерећења синхроних генератора након поремећаја у електроенергетском систему. Овакав приступ анализи електроенергетских система, те синтези одређених управљачких система као и подешавању електричних заштита је релативно нов. Према томе, дисертација је савремена и бави се проучавањем модерних трендова у електроенергетским системима који су непрестано изложени коренитим променама условљеним целокупним научно – техничким развојем друштва.

Предложено истраживање засновано је у намери да се остваре два основна циља. Први циљ је да се изложи нов приступ математичком моделовању електромеханичких таласа у односу на постојеће математичке моделе, при чему је такав приступ неопходан у новим, измењеним условима рада система. Идеја је да се до математичког модела дводимензионалног електромеханичког таласа дође употребом Ојлер – Лагранжове једначине са погодном изабраном Лагранжовом функцијом. Треба нагласити да се овакав приступ никада раније није користио у сврху извођења дводимензионалних таласа у електроенергетском систему, што упућује на неизоставну оригиналност у оквиру дисертације. Други циљ дисертације јесте да се пронађу адекватни механизми за сузбијање ширења електромеханичких таласа, као нежељене појаве, у великим електроенергетским системима. Ово подразумева да се, пре свега, пронађу адекватне управљачке величине помоћу којих би се на, релативно једноставан и практично остварив начин, дејство поремећаја на остатак система могло сузбити или потпуно елиминисати. Након тога, дефинисано је управљачко дејство уређаја који би био у стању да испуни тражене захтеве. Коначно, примењен је иновативан метод управљања унифицираним контролером токова снага у сврху сузбијања ширења електромеханичких таласа који је заснован на симултаном управљању редном отпорношћу и индуктивношћу надземног вода као и модулом напона на једном крају вода.

Значај дисертације огледа се у чињеници да се примењује нов приступ моделовању и синтези управљачких дејстава неопходних у новим, измењеним условима рада електроенергетског система, што за крајњи циљ има увођење корективних дејстава заснованих на актуаторима који користе енергетске претвараче како би се сузбиле нежељене осцилације у систему, а самим тим повећала маргина стабилности система, његова поузданост и одрживост. Све ово директно утиче на побољшање квалитета испоруке електричне енергије потрошачима. Додатно, предложени начин извођења таласне једначине је нов у области анализе и синтезе електроенергетских система. То за последицу има могућност сагледавања одговарајућих системских феномена из другачијег угла, као и могућност коришћења сазнања из других научних и техничких области које се баве таласним феноменима.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Увидом у списак кориштене литературе, која броји 125 библиографских референци, може се констатовати да су побројани готово сви научни радови из области којом се дисертација бави, укључујући и најновије референце. Стога, коришћена литература је релевантна и савремена, те укључује различите изворе попут престижних научних часописа, научних конференција, књига и докторских дисертација. Литература коришћена при изради дисертације упућује на то да је кандидат студиозно и темељно проучавао предметну област.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање у оквиру дисертације обављено је кроз већи број сукцесивних корака како би се од полазне хипотезе дошло до корисног и применљивог закључка. Најпре се, увидом у релевантну литературу дошло до закључка да је најзаступљенији математички модел електромеханичког таласа, који је данас у употреби, изузетно компликован за извођење, те уско везан само на област електроенергетских система. Стога се наметнуо закључак да је корисно доћи до уопштенијег модела електромеханичког таласа који би био једноставнији за извођење, а истовремено практично примењивији.

Затим се, на основу захтеване свеобухватности модела, дошло до закључка да је погодније користити Ојлер – Лагранжову једначину која као Лагранжову функцију користи разлику кинетичке и потенцијалне енергије, а које представљају уопштене физичке величине. То је резултовало извођењем математичког модела електромеханичког таласа приступом који раније није забележен. У наредном кораку, добијени резултат верификован је адекватном рачунарском симулацијом.

Анализом добијеног математичког модела, изведени су коефицијенти рефлексije и трансмисије таласа, као полазна основа за развој управљачког алгоритма за сузбијање електромеханичких таласа као нежељене појаве у систему. Неопходност развоја новог управљачког алгоритма за сузбијање ширења таласа потврђена је увидом у релевантну литературу, где је примећено да постојећи предлози за сузбијање ширења таласа, или су практично неоствариви, или су недовољно добри за реалну имплементацију.

Основни принцип за формирање управљачког алгоритма за потискивање таласа заснован је на могућности смањења коефицијента трансмисије таласа која се може постићи модулацијом редне импедансе вода и модула напона на једном крају вода.

Ова теоријска разматрања су у наредном кораку потврђена адекватним симулационим моделима, што је дало основ за синтезу управљачког система за управљање унифицираним контролером токова снага (UPFC) у сврху смањења амплитуде електромеханичког таласа у систему.

У наредном кораку је, студиозним приступом проучавању постојећих управљачких система за смањење осцилација активне снаге, извршена синтеза управљачког система редног и оточног дела UPFC-а помоћу кога може да се утиче на коефицијент трансмисије таласа, а самим тим и на смањење амплитуде таласа у систему. Нарочита пажња посвећена је могућности једноставне интеграције предложеног управљања у постојеће управљачке структуре UPFC-а како би се истакла практична применљивост предложеног решења у реалним условима.

Коначно, предложени алгоритам тестиран је на различитим типовима тестних система помоћу рачунарских симулација.

На основу свега изнесеног, може се констатовати да је дисертација доминантно заснована на индуктивном и дедуктивном методу, као и неизбежном математичком методу.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Увидом у дисертацију, може се констатовати да је кандидат нарочиту пажњу управо посветио практичној применљивости остварених резултата. Са аспекта математичког моделовања, развијен је свеобухватан приступ доласка до таласне једначине електромеханичког таласа са акцентом да је такав приступ примењив и практично употребљив и код других сродних система који се баве проучавањем таласних феномена. Поред тога, једноставност извођења математичког модела наводи се као једна од основних предности у односу на постојеће моделе.

Са друге стране, нарочито је изражена применљивост предложеног управљачког система за сузбијање ширења електромеханичких таласа, којој је у дисертацији посвећена значајна пажња. Наиме, у дисертацији је демонстрирано да се предложени управљачки механизам веома једноставно може имплементирати у склопу постојећих управљачких структура UPFC-а које су у практичној употреби, што је нарочито корисно са аспекта реалног тестирања или евентуалне употребе у пракси.

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

Комплексна, мултидисциплинарна, проблематика којом се дисертација бави, те начин на који се приступило решавању проблема, као и само презентовање резултата рада, недвосмислено упућују на научну зрелост, систематичност и самосталност кандидата. Такође, кандидат је демонстрирао да успешно влада савременим научним методама, техникама и сазнањима, те да је у стању да самостално идентификује технички проблем и да исти реши систематичним приступом заснованим на научном методу.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси докторске дисертације су:

- Изведен је математички модел дводимензионог електромеханичког таласа применом Ојлер – Лагранжове диференцијалне једначине, гдје се као Лагранжова функција користи разлика кинетичке и потенцијалне енергије у систему.
- Предложен је метод за уважавање просторно зависних губитака у систему, што представља надоградњу класичном методу уважавања временски зависних губитака заснованих на Рејлијевој функцији губитака.
- На бази добијеног математичког модела изведени су изрази за брзину простирања таласа, те коефицијенти рефлексије и трансмисије таласа.
- Анализом израза за трансмисију таласа, изведен је управљачки закон којим се минимизује ширење таласа кроз систем, те је идентификован погодан уређај за имплементацију оваквог закона управљања.
- Изведен је закључак да је унифицирани контролер токова снага (UPFC) најпогоднији уређај за спровођење предложеног управљачког закона.
- Први пут је UPFC употребљен у сврху симултаног управљања редним параметрима надземног вода (отпорности и индуктивности) што непосредно за циљ има смањење трансмисије електромеханичког таласа, а самим тим и смањење осцилација активних снага на водовима.
- Извршена је синтеза структуре и параметара управљачког система за контролу рада UPFC-а у претходно споменутом радном режиму.
- Дефинисан је практичан аспект интеграције предложеног управљачког система у постојеће управљачке алгоритме који се у највећој мери користе у пракси приликом управљања радом UPFC-а у стандардном режиму управљања токовима снага на надземним водовима.
- Извршена евалуација предложених управљачких алгоритама путем рачунарских симулација на моделу реалног електроенергетског система показује велики степен успешности предложеног управљачког система у смислу смањења осцилација угла оптерећења синхроних генератора при чему је амплитуда посматраних осцилација у одређеним случајевима смањена и преко 85% у односу на случај када се не примењује описани управљачки механизам.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Тренутно постоји неколико математичких модела електромеханичких таласа. Базни математички модел, који служи као референтни модел, је веома компликован за извођење будући да захтева развој компликованих функција у Тејлоров ред до четвртог степена, а поред тога је и нарочито неинтуитиван, што су му основни недостаци. Други модели изведени су на основу аналогије између електричних и механичких система или на основу аналогије са другим таласним једначинама. Овакви модели су компликованији чак и у односу на поменути референтни модел и имају више академски него практичан значај. Математички модел електромеханичког таласа изведен у дисертацији је свеобухватан будући да полази од универзалних физичких величина као што су кинетичка и потенцијална

енергија. Као такав, веома једноставно може да се примени и на друге системе, односно за разлику од референтног модела није уско везан за електромеханичке феномене, што представља додатну предност. Поступак извођења предложеног математичког модела је прилично једноставан и интуитиван, што омогућава његову ширу примену. Нарочит искорак по питању извођења таласне једначине употребом Ојлер – Лагранжове једначине, која је коришћена у дисертацији, огледа се у предложеном начину уважавања просторно зависних губитака снаге који је на иновативан начин успешно реализован у предложеном моделу.

Са аспекта сузбијања ширења електромеханичких таласа, сви постојећи методи имају значајне недостатке. Метод нулте рефлексije таласа је стриктно теоријски концепт, будући да је тренутно практично неостварив јер је заснован на коришћењу значајних капацитета за складиштење електричне енергије која тренутно практично нису доступна. Потом, разматрани концепт сузбијања ширења електромеханичких таласа променом параметара постојећих стабилизатора електроенергетског система је практично остварив али још недовољно испитан, а на тренутној фази испитивања уочена је појава новог осцилаторног мода, што је нарочито нежељено. Поред тога, недовољно је испитан утицај промене параметара стабилизатора електроенергетског система на њихову примарну функцију. Једини практично применљив и смислен начин за сузбијање ширења електромеханичких таласа, до сада, подразумева кориштење статичких напонских компензатора (енгл. *Static Voltage Compensator – SVC*) у сврху управљања модулом напона вода, како би се индиректно добило пригушење амплитуде електромеханичког таласа. Управљачки алгоритам предложен у дисертацији при готово идентичним условима у мрежи даје значајно боље резултате. На истом синхронном генератору у тестном IEEE 59 систему, смањење осцилација коришћењем предложеног управљачког система заснованог на UPFC-у износи око 76% док у случају коришћења претходно споменутог SVC-а то смањење износи свега 11,5%. Према томе, недвосмислено се може закључити да је предложени метод за сузбијање ширења електромеханичких таласа супериорнији у односу на постојеће методе, а уз то га је једноставно практично реализовати у оквиру постојећих управљачких структура UPFC-а.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Александар Ацо Марковић до сада је објавио следеће научне радове релевантне за докторску дисертацију:

##### Категорија M21:

1. A. A. Markovic, S. Vukosavic, “Novel Approach for Modeling and Attenuation of Power Waves in Large – Scale Power Systems”, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Volume 155, Part B, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109626>, ISSN: 0142-0615, IF=5.2

##### Категорија M24

1. A. A. Markovic, S. Vukosavic, “Control of Series Impedance of Power Lines Using Power Flow Controller”, Facta universitatis - series: Electronics and Energetics, Volume 35, Issue 3, Pages: 421-435, 2022, doi: <https://doi.org/10.2298/FUEE2203421M>, ISSN: 2217-5997

## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација кандидата Александра Аце Марковића под насловом „Математичко моделовање и сузбијање електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима“ у целиности је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме дисертације, те испуњава све формалне и суштинске захтеве прописане Законом о високом образовању, као и прописе Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.



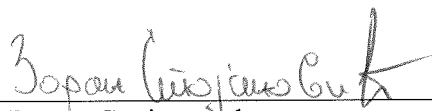
У оквиру дисертације развијен је нов поступак доласка до математичког модела електромеханичког таласа, који је заснован на Ојлер – Лагранжовој једначини и кинетичкој и потенцијалној енергији у систему. Добијени математички модел је у сагласности са постојећим математичким моделима, а његова веродостојност потврђена је и адекватним рачунарским симулацијама. Предложени поступак извођења таласне једначине електромеханичког таласа је оригиналан, а у односу на постојеће математичке моделе значајно једноставнији, практичнији и свеобухватнији. Поред тога, развијен је и управљачки систем за контролу рада унифицираног контролера токова снага у сврху сузбијања ширења електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима, који је произашао из детаљне анализе изведеног математичког модела. Предложени управљачки систем је иновативан будући да је заснован на симултаној модулацији редних параметара вода и модула напона на једном крају вода чији је крајњи циљ смањење амплитуде електромеханичког таласа у систему. Овакав управљачки систем, тестиран на реалистичном тестном систему, показује изванредне перформансе које су значајно боље у односу на постојеће управљачке алгоритме.

Предметна докторска дисертација представља одраз самосталног, вишегодишњег истраживања кандидата, током кога је објавио и два научна рада од којих један у реномираном научном часопису, што додатно потврђује савременост, аутентичност и комплексност теме која је предмет ове дисертације.

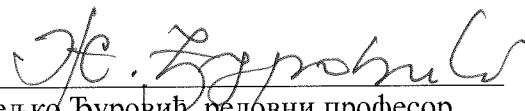
На основу свега наведеног, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Математичко моделовање и сузбијање електромеханичких таласа у великим електроенергетским системима“ кандидата Александра Аце Марковића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 19.6.2024.

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



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



др Жарко Јанда, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду - Институт „Никола Тесла“