

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/46

(Број захтева)

12. 4. 2024.

(Датум)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ Александра (Славиша) Поповић

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму : Хемијско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирола-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума

Технолошко инжењерство

из научне области:

Универзитет је дана 12. 6. 2023. својим актом под бр. 61206-2027/2-23 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирола-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума

Име и презиме ментора: др Бранимир Гргур, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршког факултета

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 26. 12 . 2023.

одлуком факултета под бр. 35/312, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Јелена Бајат	редовни професор	Електрохемија	ТМФ
2.	Др Милица Гвозденовић	редовни професор	Електрохемија	ТМФ
3.	Др Ана Јанковић	виши научни сарадник	Инжењерство материјала	ИЦ ТМФ
4.	Др Бранимир Југовић	научни саветник	Електрохемија	Институт техничких наука, САНУ, Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности **24. 1. 2024.**

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана **14. 3. 2024.**

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **14. 3. 2024.**

одлуком факултета под бр. 35/47, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Јелена Бајат	редовни професор	Електрохемија	ТМФ
2.	Др Милица Гвозденовић	редовни професор	Електрохемија	ТМФ
3.	Др Ана Јанковић	научни саветник	Инжењерство материјала	ИЦ ТМФ
4.	Др Бранимир Југовић	научни саветник	Електрохемија	Институт техничких наука, САНУ, Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Студент је уписан на докторске студије школске 2021/2022. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
др Петар Ускоковић, редовни професор

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

ДIⅣа

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 14.3.2024. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Јелена Бајат, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Милица Гвозденовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Ана Јанковић, научни саветник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета и др Бранимир Југовић, научни саветник Института техничких наука, САНУ, Београд о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипиурола-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума**“ коју је поднела **Александра Поповић**, мастер инжењер технологије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Александре Поповић, под називом „**Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипиурола-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума**“ Одлуком број: 61206-2027/2-23 од 12.6.2023. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Aleksandra S. Popović**, Branimir N. Grgur, Carbon felt-polypyrrole-silver chloride composite as a rechargeable positive electrode for the seawater magnesium cell, Synthetic Metals, 295 (2023) 117359. IF(2022) = 4.4, ISSN 0379-6779, <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2023.117359>

2. **Aleksandra S. Popović**, Milica M. Gvozdenović, Ana Janković, Branimir Z. Jugović, Branimir N. Grgur, Polypyrrole on graphite: An exemplary model system for comprehensive electrochemical analysis of energy storage materials, Synthetic Metals, 297 (2023) 117386. IF(2022) = 4.4, ISSN 0379-6779, <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2023.117386>

Категорија M22:

1. **Aleksandra S. Popović**, Dragana Jugović, Branimir N. Grgur, Electrochemical formation and behavior of silver and lead chlorides as potential cathodes for quasi-rechargeable magnesium seawater cell, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 34(14) (2023) 1155. IF(2022) = 2.8, ISSN 0957-4522, <https://doi.org/10.1007/s10854-023-10558-9>

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору,
Служби за наставно-студентске послове и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

ДV

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 14. 3. 2024. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Александре Поповић**, мастер инжењера технологије, са темом под називом „Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума“, у саставу:

1. Др Јелена Бајат, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Милица Гвозденовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Ана Јанковић, научни саветник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета,
4. Др Бранимир Југовић, научни саветник Института техничких наука, САНУ, Београд.

Одлуку доставити: Одлуку доставити: члановима Комисије, Универзитету у Београду, Служби за наставно-студентске послове и Архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији **Александре С. Поповић, мастер инж. технологије**

Одлуком бр. **35/312** од **26.12.2023.** године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата **Александра С. Поповић, мастер инжењера технологије**, под насловом: **“Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила–сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума”**.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

29.10.2021. **Александра С. Поповић, мастер инжењер технологије**, уписала је докторске студије на Катедри за Физичку хемију и електрохемију Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду.

21.02.2023. **Александра С. Поповић**, је Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду предложила тему за израду докторске дисертације под називом **“Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила–сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума”**.

09.03.2023. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, одлуком бр. **35/60**, именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације у саставу др Бранимир Гргур, редовни професор, Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Милица Гвозденовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Бранимир Југовић, научни саветник, Института техничких наука, САНУ, Београд, др Ана Јанковић, виши научни сарадник, Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду

11.05.2023. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, одлуком бр. **35/92**, усвојен је извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације. За ментора је именован др Бранимир Гргур, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

12.06.2023. Одлуком бр. **61206-2027/2-23**, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме кандидата Александре С. Поповић под називом: “Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипиурола–сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума”.

26.12.2023. Одлуком бр. **35/312**, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену докторске дисертације Александре С. Поповић, мастер инжењера технологије, под насловом: “Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипиурола–сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума” у саставу др Јелена Бајат, редовни професор, Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Милица Гвозденовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Ана Јанковић, научни саветник, Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Бранимир Југовић, научни саветник, Института техничких наука, САНУ, Београд.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО, ужа научна област Хемијско инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментор ове докторске дисертације је др Бранимир Гргур, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, чија је компетенција за вођење докторске дисертације потврђена на основу искуства, ментор 11. одбрањених докторских дисертација и објављених публикација из области којој дисертација припада.

1.3. Биографски подаци о аутору

Александра С. Поповић, мастер инж. технологије рођена је 09.07.1997. године у Сурдулици. Основну школу „Бранко Радичевић“ завршила је у Владичином Хану као носилац Вукове дипломе. Природно-математички смер гимназије „Јован Скерлић“ у Владичином Хану завршила је 2016. године, такође као носилац Вукове дипломе и са бројним наградама са општинских и међуопштинских такмичења, и за тај успех је добијала Видовданске награде града Владичиног Хана 2012-16.

Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду уписала је 2016. године као првопласирана на пријемном испиту. Основне студије на студијском програму Хемијско инжењерство, изборно подручје – Електрохемијско инжењерство, завршила је у јулу 2020. године, са просечном оценом 9,98. Завршни рад наслова „Примена електрокоагулације у третману отпадних вода“ одбранила је на Катедри за физичку хемију и електрохемију, под менторством проф. др Бранимира Гргура са оценом 10. Током основних академских студија добила је: Пет награда „Панта Тутунџић“ које додељује Технолошко-металуршки факултет за остварени успех (за школску 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 2019/2020 и за коначан успех на основним студијама); Признање Српског хемијског друштва за изузетан успех током студија; Награду Гордана Јокић Кашиковић и Драгиша Кашиковић, за најбоље студенте ТМФ, ЕТФ и Машинског факултета; Прва је добитница награде „Недељко Крстајић“ за најбоље дипломираног студента смера Електрохемијско инжењерство, Награду Студент генерације Универзитета у Београду 2020, као најбољи студент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Мастер студије је завршила такође на Технолошко-металуршком факултету, студијски програм Хемијско инжењерство, јуна 2021. године, са просечном оценом 10,0 током којих је добила Стипендију „Доситеја“ за мастер студије. Мастер рад, под насловом „Фотокаталитичка деградација азо боје Реактив Блек 5“, одбранила је на Катедри за инжењерство заштите животне средине, са оценом 10, под менторством др Владимира

Павићевића, ванредног професора. Докторске студије уписала је 29.10.2021. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Хемијско инжењерство, под менторством проф. др Бранимира Гргур-а, и положила све испите са просечном оценом 10. Завршни испит под насловом „Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума“ 30.01.2023. Члан је Српског хемијског друштва и Друштва за истраживање материјала Србије.

Говори и пише енглески језик.

1.3.1 Стечено научно-истраживачко искуство

Током мастер студија Александра С. Поповић, је била ангажована као демонстратор на предмету Одрживи развој, под руководством проф. Дарка Радосављевића. Након завршетка мастер студија током 2021 год. волонтирала је на Институту за нуклеарне науке „Винча“, у лабораторији за Атомску физику. У зимском семестру школске 2021/2022 године ангажована је од стране Технолошко-металуршког факултета за извођење вежби на катедри за Физичку хемију и електрохемију из предмета Физичка хемија II, док је у летњем семестру 2021/22 године ангажована од стране Технолошко-металуршког факултета за извођење вежби на катедри за Физичку хемију и електрохемију из предмета: Физичка хемија I, Корозија и Електрохемија. У звање истраживач приправник изабрана је 18.11.2021. године, а 15.09.2022 изабрана је за асистента Технолошко-металуршког факултета на катедри за Физичку хемију и електрохемију, ужа научна област-Електрохемија. Од зимског семестра 2022/23 године као асистент изводи вежбе на катедри из предмета: Физичка хемија I, Физичка хемија II, Корозија и Електрохемија. Од уписивања докторских студија ангажован је на пројектним задацима у оквиру институционалног финансирања истраживања од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација на пројекту „Електрохемијска синтеза и карактеризација наноструктурираних функционалних материјала за примену у новим технологијама“. У периоду од 03.07. до 03.10.2023 боравила је у Националном Институту за Хемију, Љубљана, Словенија, у Лабораторији за Електрокатализу, преко програма ERASMUS+ KA1 – Мобилност студената, наставног и ненаставног особља.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Александра С. Поповић, мастер инж. технологије под називом „Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила-сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума“ написана је на 148 страна, у оквиру којих се налази 88 слика, 2 табела и 178 литературних навода. Докторска дисертација садржи шест целина: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултате и дискусију, Закључак и Литературу. Теоријски део подељен је у шест подпоглавља, Експериментални део је подељен у два подпоглавља, до су Резултати и дискусија подељени у седам подпоглавља. На почетку дисертације дат је Резиме на српском и енглеском језику. Уз текст дисертације приложена је и биографија аутора као и додаци прописани правилима Универзитета о подношењу докторских теза на одобравање. По форми и садржају, написана дисертација задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **Уводу** дисертације је дат приказ проблематике која је обрађена у дисертацији. Указано је на недостатак релевантних истраживања на тему пуњивих катода за примену у ћелијама са

легурама на бази магнезијума и морском водом као електролитом. На крају овог поглавља описан је предмет истраживања ове докторске дисертације.

Теоријски део подељен је у шест подпоглавља. У првом подпоглављу разматрани су термодинамички и кинетички аспекти одигравања електрохемијских реакција у електрохемијским изворима енергије (ЕХИЕ) и основне карактеристике ЕХИЕ. У другом подпоглављу разматрани су до сада примењивани примарни електрохемијски системи на бази магнезијума. У трећем подпоглављу детаљно је описано коришћење и модификација угљеничне тканине за израду електрода ЕХИЕ, у четвртм су разматрани електропроводни коњуговани полимери у изради електрода за ЕХИЕ са посебним акцентом на полипирол, а у петом електрохемијско понашање сребро-хлорида. У шестом поглављу, Предмет и циљ дисертације, детаљно су описане полазне хипотезе и структура експерименталног рад при изради дисертације.

Експериментални део је подељен у два додпоглавља. У првом су детаљно описане технике и методе електрохемијског испитивања легуре магнезијума AZ63 (EN-MAMgAl6Zn3) као анодног материјала ћелије, електрохемијска синтезе полипирила (PPy) на графитној подлози (Gr) – као модел система коришћена ради одређивања електрохемијских карактеристика полипирила, електрохемијска синтеза AgCl на металној подлози као модел система, електрохемијска синтеза полипирила на угљеничној тканини и синтеза композита са сребро-хлоридом, унапређење електрохемијског понашања електроде функционизацијом угљеничне тканине (F-CF) комерцијалним раствором натријум-хипохлорита и синтеза електроде F-CF/PPy и F-CF/PPy-AgCl, као и детаљан приказ конструкције реалне ћелије. У другом подпоглављу су детаљно описане неелектрохемијске технике коришћене у раду у циљу карактеризације материјала: Рендгенска дифрактометрија праха (енг.: X-Ray Powder Diffraction, XRD), Инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (енг.: Fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR), Скенирајућа електронска микроскопија са емисијом електрона помоћу јаких поља (енг.: field emission scanning electron microscopy, FE-SEM), Фотоелектронска спектроскопија X зрака (енг.: X-ray photoelectron spectroscopy, XPS) и одређивање угла квашења.

Резултати и дискусија су подељени у седам подпоглавља. Ова подпоглавља обухватају: 1) Електрохемијско испитивање легуре магнезијума AZ63; 2) Електрохемијску синтезу и понашање PPy на графитној подлози, (PPy/Gr), као и карактеризацију FTIR-ом PPy; 3) Испитивање галваностатске синтезе и електрохемијских карактеристика танкослојне AgCl|Ag електроде на сребру и XRD карактеризацију; 4) Синтеза и карактеризација електрода од нефункционизоване угљеничне тканине модификоване полипирилом, CF/PPy и сребро-хлоридом, CF/PPy-AgCl и ћелије са анодом од легуре магнезијума AZ63; 5) префункционизација (активација) CF комерцијалним раствором натријум-хипохлорита и утицај на електрохемијско понашање електроде, F-CF/PPy, и карактеризација неелектрохемијским техникама, SEM и XPS; 6) Конструкција и електричне карактеристике реалне ћелије AZ63|NaCl|F-CF/PPy-AgCl, и 7) Разматрање потенцијалне практична примене испитиваног система.

У поглављу **Закључак** приказани су најважнији закључци изведени на основу експерименталних резултата изложених у претходним поглављима.

У делу **Литература** наведене су све референце цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Примарни системи на бази легура магнезијума, због високог теоријског специфичног капацитета од 2.2 Ah g^{-1} , се већ дуго користе у различитим применама од прве примене за погон електричних торпеда, 1945, па до извора за напајања спасилачких уређаја, сигнална

светла, система за напајање уређаја за праћење квалитета морских вода и климатских промена, у морима и океанима. За сада су постојале две врсте примарних елемената. Једна са катодом на бази сребро, бакар и олово хлорида, које могу испоручити значајну енергију са малом снагом у релативно кратком времену и системи са катодом на којој се одиграва редукција раствореног кисеоника из морске воде, које су окарактерисане дужим радом али са ограниченим садржајем снаге и нешто вишим садржајем енергије али уз релативно мале струје пражњења. Већина данас објављених радова се базира на изучавању корозионе постојаности негативне електроде, легуре магнезијума, док је развој позитивне електроде на маргинама истраживања.

У овој дисертацији је по први пут показано да се хибридни примарно-секундарним системима са пуњивом катодом помоћу релативно мале фотоћелије, на бази композита полипирила и сребро-хлорида, може остварити бифункционалност рада, висока специфична снага при брзим режимима пражњења потребна за емитовање различитих радио емисионих уређаја, као на пример за пренос података прикупљених различитим сензорима, слање GPS-SOS сигнала код опреме за спасавање, и висока специфична енергија, с обзиром да при благим режимима пражњења, оваква композитна електрода има способност и редукције раствореног кисеоника у морској води, што омогућава дуготрајан рад потребан за напајање и прикупљање података са различитих сензора, напајање сигналног осветљења и сл.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током рада на докторској дисертацији Кандидат је извршио детаљан преглед научне и стручне литературе из области електрохемијских извора енергије у вези са тематиком која се обрађује у дисертацији. Већина коришћене литературе су радови објављени у водећим међународним научним часописима. У докторској дисертацији цитирано је 178 литературних навода, од чега је највећи број навода објављен у претходних 3 до 10 година. Ово потврђује актуелност изучавање проблематике у свету. Литература углавном обухвата објављене радове везане за: примарне електрохемијске извор на бази легура магнезијума са различитим катодним материјалима, механизма електрохемијске синтезе полипирила, функционализацији угљеничних тканина углавном различитим економско неисплативим и еколошко неприхватљивим методама.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За синтезу и електрохемијска испитивања полипирила на графиту и сребро-хлорида на сребру коришћене су класичне електрохемијске технике: галваностатска, галванодинамичка,, циклична волтаметрија, модификована техника Мот-Шотки (енг: Mott-Schottky) где је импеданса и капацитивност електроде одређивана у зависности од потенцијала. Карактерисање класичним електрохемијским техникама су урађење у циљу одређивања потенцијала пуњења и пражњења, специфичног капацитета, специфичне енергије и снаге према негативној електроди од магнезијума. Такође, у циљу одређивања стурктура синтетисаних материјала, полипирил је окарактерисан техникама Инфрацрвеном спектрофотометријом Фуријерове трансформације, FTIR и скенирајуће електронске микроскопије, SEM, док је сребро хлорид окарактерисан Рендгенском дифрактометријом XRD-ом и SEM-ом. У другом делу дисертације на нефункционализованој угљеничној тканини електрохемијски је исталожен полипирил и одређене су електрохемијске и електричне карактеристике класичним електрохемијским техникама. На таквој електроди је нанет слој сребро-хлорида јефтином и брзом модификованом методом сукцесивне слојевите јонске адсорпције и реакције из раствора сребро-нитрата као прекурсора и хлороводоничне киселине као реакционог медијума. Овако синтетисане електроде су биле окарактерисане методама

цикличне волтаметрије и галваностатског пуњења и пражњења, у циљу одређивања специфичног капацитета, енергије и снаге према магнезијумској електроди. Такође, испитан је утицај префункционализације (активације) угљеничне тканине једноставним потапањем угљеничне тканине у комерцијални 6% раствор натријум-хипохлорита, а функцијализација је била испитана електрохемијским и неелектрохемијским методама, Рендгенском фотоелектронском спектрометријом X-зрацима, XPS-ом, SEM-ом и одређивањем угла квашења, при чему је одређен значајан пораст различитих кисеоничних група на површини угљеничне тканине и значајно побољшање електрохемијских карактеристика, како функциолизоване угљеничне тканине, тако и електрохемијски синтетисаног полипирила. Применом класичних електрохемијских техника испитана је реална ћелија са позитивном пуњивом електродом на бази функциолизоване угљеничне тканине–полипирила–сребро-хлорида и легуре магнезијума AZ63.

3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају искорак ка превазилажењу недостатака примене примарних извора електричне енергије у системима на бази анода од легура магнезијума. У дисертацији је поступно развијена реална хибридна ћелија на бази негативне електроде примарног типа, док је позитивна електрода на бази композита активираних угљеничних тканина, полипирила и сребро-хлорида, пуњива, акумулаторског, типа.

Добијене су вредности специфичне енергије ћелије од 120 до 32 Wh kg⁻¹, док је вредност специфичне снаге у опсегу 52 до 450 W kg⁻¹, у зависности од специфичне струје. Једна од могућих примена истраживаног система, предложеног у дисертацији, могла би бити за чамце за спасавање у морима и океанима. Наиме, представљени систем би могао да се користи у хитним ситуацијама када ћелија може да се користи у ограниченом времену, од неколико дана до неколико недеља као извор напајања за повремено емитовање GPS-SOS сигнала за праћење путем радио предајника ниске потрошње снаге, 1-6 W. Током ноћи, због развоја LED (*light emitting diode*) са ниском потрошњом струје, 1-2 mA, више LED диода може испоручити константно или трепћуће сигнално светло током дугог временског периода. Ћелија се може пунити током дана са малом фотонапонском ћелијом. Једна од предности такве ћелије је ниска цена и занемарљива брзина самопражњења током складиштења, што није случај са класичним системима акумулатора.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У свом досадашњем истраживачком раду кандидат Александре С. Поповић, мастер инжењер технологије, показала је стручност и самосталност у претраживању и коришћењу научне литературе, планирању и реализацији експеримената, обради и анализи добијених података, дискусији резултата и припреми публикација. Комисија је на основу досадашњег залагања и постигнутих резултата, као и на основу поднете докторске дисертације, утврдила да кандидат поседује све квалитете неопходне за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси резултата истраживања остварених у оквиру ове докторске дисертације, а у области електрохемијских извора електричне енергије, огледају се у следећем:

- Одређени су механизми формирања и електричне карактеристика полипирила и сребро-хлорида на дефинисаним супстратима, као модел системима.
- Испитана је електрохемијска синтеза и одређене електричне карактеристике композитног катодног материјала на бази угљеничне тканине и полипирила.
- Испитано је формирање композитног катодног материјала на бази угљеничне тканине, полипирила и сребро-хлорида применом једноставне и брзе модификоване методе сукцесивне јонске слојевите адсорпције и реакције (СИЛАР) и одређене електричне карактеристике система.
- Модификација сребро-хлоридом повећана је проводљивости композитне електроде у целој области потенцијала у односу на чист полипирол.
- По први пут је извршена функционализација (активација) угљеничне тканине, јефтиним, еколошки прихватљивим оксидансом, раствором натријум-хипохлорита, погодним и за примену на електродама великих површина.
- По први пут је демонстрирана могућност примене виšekратно пуњиве катоде и магнезијумске аноде ћелије која би као електролит користила морску воду.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати проистекли из ове докторске дисертације пружају значајне информације о могућности коришћења композита на бази угљеничне тканине–полипирила и сребро хлорида, као бифункционалне пуњиве позитивне електроде хибридних секундарних извора електричне енергије које као електролит користе морску воду. Испитивањима појединих компоненти као модел система, и испитивањем композита, где су примењене иновативне, јефтине и еколошки прихватљиве методе. Депоноване сребро-хлорида применом једноставне и брзе модификоване методе сукцесивне јонске слојевите адсорпције и реакције (СИЛАР), замењена је сложена процедура израде сребро-хлоридне електроде топљењем и ваљањем сребро-хлорида која је до сада коришћена. Функционализације угљеничне тканине потапањем у комерцијални раствор натријум-хипохлорита на собној температури избегнуте су еколошки неприхватљиве методе функционализације у растворима концентрованих киселина на повишеној температури током дужег времена, или енергетски неповољних метода анодне оксидације, третирања плазмом или комбинација са озонизацијом. Применом наведене методе, капацитивност активаног угљеничног материјала је повећана за 20 пута. За испитани реални систем, добијене вредности средњег напона пражњења ћелије од ~ 1.4 V, специфичног капацитета ћелије од 80 до ~ 40 Ah g⁻¹ специфичне енергије ћелије од 120 до 32 Wh kg⁻¹, док је вредност специфичне снаге у опсегу 52 до 450 W kg⁻¹, у зависности од специфичне струје, 40 до 400 mA g⁻¹. Такође је уочено да при ниским вредностима специфичне струје пражњења, позитивна електрода поседује особину редукције раствореног кисеоника у води, и при напону пражњења од 1 V, може испоручити велику специфичну енергију током дугог временског периода.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Александра С. Поповић је резултате свог истраживања током израде ове дисертације потврдио објављивањем радова у часописима међународног значаја и саопштењима на научним скуповима међународног и националног значаја. Из ове докторске дисертације проистекли су следећи резултати: два рада објављена врхунском међународном часопису (M21) један рад у истакнутом часопису међународног значаја (M22), једно предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу (M32), два саопштења са скупа међународног значаја штампана у изводу (M34), и четири саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64).

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Aleksandra S. Popović, Branimir N. Grgur, Carbon felt-polypyrrole-silver chloride composite as a rechargeable positive electrode for the seawater magnesium cell, Synthetic Metals, 295 (2023) 117359. IF(2022) = 4.4, ISSN 0379-6779, <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2023.117359>
2. Aleksandra S. Popović, Milica M. Gvozdenović, Ana Janković, Branimir Z. Jugović, Branimir N. Grgur, Polypyrrole on graphite: An exemplary model system for comprehensive electrochemical analysis of energy storage materials, Synthetic Metals, 297 (2023) 117386. IF(2022) = 4.4, ISSN 0379-6779, <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2023.117386>

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. Aleksandra S. Popović, Dragana Jugović, Branimir N. Grgur, Electrochemical formation and behavior of silver and lead chlorides as potential cathodes for quasi-rechargeable magnesium seawater cell, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 34(14) (2023) 1155. IF(2022) = 2.8, ISSN 0957-4522, <https://doi.org/10.1007/s10854-023-10558-9>

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу (M32)

1. Aleksandra S. Popović, Branimir N. Grgur, Polypyrrole-Silver Chloride Composite as Energy Storage Materials, Contemporary batteries and supercapacitors: COIN2022, Book of Abstracts, editor Milica Vujković, 1-2.06.2022, Belgrade, p. 18, ISBN 978-86-82139-86-7

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Aleksandra Popović, Branimir Grgur, Optimizing electrochemical analysis for the accurate characterization of electrode materials in energy storage applications: a comprehensive guide to electrochemically analyzing materials, 5th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, Book of Abstracts - MME SEE 2023, Trebinje, BiH, p. 62 ISBN 978-86-87183-33-9
2. Aleksandra S. Popović, Branimir N. Grgur, Electrochemical Formation and Behavior of Silver and Lead Chlorides as Potential Cathodes for Rechargeable Magnesium Seawater Battery, Contemporary batteries and supercapacitors: COIN2022, Book of Abstracts, editor Milica Vujković, 1-2.06.2022, Belgrade, p 23, ISBN 978-86-82139-86-7

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

1. Aleksandra S. Popović, Branimir N. Grgur, Environmentally friendly cell with a rechargeable CF/AgCl-PPy cathode, Twenty-first Young Researchers' Conference Materials Science and Engineering, Programme and the Book of Abstracts, November 29 – December 1, 2023, Belgrade, Serbia, p. 76. ISBN 978-86-80321-38-7
2. Aleksandra S. Popović, Branimir N. Grgur, Carbon felt/PPy-functionalized/AgCl composite as cathode material for rechargeable Mg cell, Twentieth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Programme and the Book of Abstracts, November 30 – December 2, 2022, Belgrade, Serbia, 10-6, p 70. ISBN 978-86-80321-37-0
3. Александра С. Поповић, Бранимир Н. Гргур, Композит полипирол/сребро-хлорид као катодни материјал за пуњиве магнетијумске батерије, 58. Саветовање Српског хемијског друштва, Београд, 9. и 10. јун 2022., ЕХ-05, п 74, ИСБН: 978-86-7132-079-5
4. Aleksandra S. Popović, Branimir N. Grgur, Carbon felt-polypyrrole-silver chloride composite as a positive material for rechargeable magnesium batteries; YOURS 2022, Young Researchers Conference 2022, 25. Maj, Beograd <https://www.jaes-series.com/yours2022.html>

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног Комисија сматра да докторска дисертација кандидата **Александре С. Поповић**, мастер инжењера технологије, под насловом **„Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила–сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума”** представља значајан и оригиналан научни допринос у датој области, што је и потврђено објављивањем радова у часописима међународног значаја. Предмет и циљеви који су постављени су јасно наведени и у потпуности остварени. Комисија је мишљења да ова докторска дисертација испуњава све захтеване критеријуме као и да је кандидат током израде дисертације показао научно-истраживачку способност у свим фазама израде дисертације.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих и приказаних резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, да прихвати овај Реферат, пружи на увид јавности поднету докторску дисертацију под називом **„Синтеза нових композитних материјала на бази угљеничне тканине-полипирила–сребро-хлорида као пуњивих катода за системе на бази магнезијума “** кандидата **Александре С. Поповић**, мастер инжењера технологије, у законом предвиђеном року, као и да Реферат упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 15.01.2024 године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Јелена Бајат, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Милица Гвозденовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Ана Јанковић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Иновационог центара
Технолошко-металуршког факултета

Др Бранимир Југовић, научни саветник
Института техничких наука, САНУ, Београд