

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Петра Лаушевића**, мастер инж. електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације **„Синтеза, карактеризација и моделовање флексибилних суперкондензатора“**

Одлуком бр. **5050/12-1** од **26. 04. 2018.** године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Петра Лаушевића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Синтеза, анализа и моделовање флексибилних суперкондензатора“

Комисија је сагласна са променом радног наслова дисертације „Синтеза, анализа и моделовање флексибилних суперкондензатора“ у „Синтеза, карактеризација и моделовање флексибилних суперкондензатора“. Наслов дисертације на енглеском језику: „Design, characterization, and modeling of flexible supercapacitors“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Петар Лаушевић рођен је 11. 07. 1984. године у Београду где је завршио основну школу и Математичку гимназију. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2003. године. Дипломирао је 2009. године на модулу Електроника. Тема дипломског рада била му је „Квантно управљање сериским резонантним конвертором“. Исте године уписује мастер студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Електроника. Мастер рад под називом „Појачавачи снаге у класи Д“ одбранио је 2012. године. Ментор за дипломски и мастер рад био му је др Предраг Пејовић, редовни професор. На Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписује 2012. године докторске студије на модулу Електроника. Положио је све испите предвиђене планом и програмом за докторске студије.

Од маја 2013. запошљава се у Институту за нуклеарне науке „Винча“ у звању истраживач приправник. У звање истраживач сарадник изабран је 2014. године. Ангажован је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја републике Србије: “Водонична енергија – развој нових материјала: електролитичко добијање водоника, водоничне горивне ћелије“ пројект бр. 172045. Од почетка рада у Институту био је ангажован и на међународном пројекту “*Efficient Use of Resources in Energy Converting Applicatoons*”, FP7

Collaboration program, JTI FCH-JU, Grant no. 303024, 2012-2015. Од 2016. године активно учествује на пројекту *COST Action*, „*Electrochemical processing methodologies and corrosion protection for device and systems miniaturization (e-MINDS)*“, *MP1407*. У оквиру *e-MINDS COST* акције боравио је две недеље у *GSI Helmholtz* центру у Дармштаду у Немачкој, где је радио на оптимизацији параметара електрода флексибилних суперкондензатора добијених коришћењем технологије јонских трагова.

Поред рада на научним пројектима учествовао је и на више пројеката едукације и промоције науке. Члан је програмског савета НЕЛТ едукативног програм: „Интердисциплинарна сарадња као потенцијал развоја младих професионалаца на пољу уметности, науке и нових технологија“. Био је један од три актера у мултимедијалној презентацији у оквиру српског павиљона на Сетској изложби *EXPO2017* у Астани, Казахстан под називом „*Future Energy*“. Од 2013. године, координатор је радионице под називом „Нови водови складиштења енергије – Суперкондензатори“ у оквиру пројекта „Винчине научионице“

Током 2017. године, за два рада из области предложене теме докторске дисертације, представљене на међународним научним скуповима, добио је награде. Награду за најбоље усмено излагање на *16th Young Researchers' Conference Materials Science and Engineering*, Београд, 2017 и награду за најбољу постер презентацију на *YUCOMAT 2017*, Херцег Нови, Црна Гора.

Од 2014. до 2016. године био је члан *IEEE Power Electronics Society*. Од 2017. члан је Секције за електрохемију Српског хемијског друштва.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Петар Лаушевић је уписао докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2012. године. Кандидат је положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9,8:

1. Одабрана поглавља из енергетске електронике, оцена 10
Наставник: Предраг Пејовић
2. Савремени мерни системи, оцена 10
Наставник: Вујо Дрндаревић
3. Примена микрорачунара, оцена 10
Наставник: Милан Прокин
4. Одабрана поглавља из дигиталне обраде сигнала, оцена 10
Наставник: Миодраг Поповић
5. Наменске сензорске мреже, оцена 10
Наставник: Иван Поповић
6. Интеграција обновљивих извора у дистрибутивни систем, оцена 8
Наставник: Жељко Ђуришић
7. Енергетски ефикасне телекомуникационе мреже, оцена 10
Наставник: Милан Бјелица
8. Функционална анализа и примене, оцена 10
Наставник: Ненад Цакић

9. Специјалне функције, оцена 10
Наставник: Ненад Цакић

10. Енглески језик, оцена 10
Наставник: Милош Ђурић

Током докторских студија и рада у Институту за нуклеарне науке „Винча“ био је ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја републике Србије: “Водонична енергија – развој нових материјала: електролитичко добијање водоника, водоничне горивне ћелије“ пројект бр. 172045. У оквиру овог пројекта започета су, и трају, истраживањ из области теме доктората. Поред рада на суперкондензаторима кандидат је такође био ангажован у области испитивања енергетске ефикасности различитих електродних материјала који се користе у индустријским електролизерима за добијање водоника, као и тестирању водоничних горивних ћелија (*fuel cell*).

Био је ангажован и на међународном FP7 пројекту “*Efficient Use of Resources in Energy Converting Applicatoons*”. Резултат овог великог европског пројекта био је развој система за напајање домаћинства струјом и топлотом водом од 5 kW, такозвани μ CHP (*combined heat and power*) система на бази горивних ћелија. Допринос кандидата Петра Лаушевића на овом пројекту био је кроз рад на развоју модела деградације напона горивне ћелије и предикцији века трајања.

Ментор докторске дисертације је др Предраг Пејовић, редовни професор. Кандидат је код ментора положио испит на докторским студијама под називом Одабрана поглавља из енергетске електронике (9 ЕСПБ поена). У оквиру овог испита на првој години докторских студија започето је истраживањ из области суперкондензатора. Један од резултата овог испита био је обиман семинарски рад настао из детаљног прегледа литературе на тему примене суперкондензатора у енергетској електроници.

Дана 04.05.2018. године одржана је јавна усмена одбрана испита о подобности теме и кандидата (докторски испит) на којој су били присутни чланови Комисије: др Вујо Дрндаревић редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, др Владимир Николић виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке „Винча“ и др Јован Микуловић ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет. Кандидат Петар Лаушевић је на докторском испиту добио оцену „задовољно“.

У наставку је списак објављених радова који показују афинитет кандидата за рад на предложеној теми.

Радови који су директно везани за тему докторске дисертације:

Истакнути међународни часопис, M22

1. Laušević P., Pejović P., Žugić D., Kochnev Y., Apel P., Laušević Z.: *Improving thin film flexible supercapacitor electrode properties using ion-track technology*, - Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Vol 29, Issue 9, 2018, pp 7489–7500. impakt faktor za 2016: 2.019, ISSN: 1573-482X

Саопштење са међународних скупова штампани у целини, M33

1. Laušević P., Marčeta-Kaninski M., Nikolić V., Predrag P.: *Modeling of electrochemical double-layer capacitors*, - Proceedings of the 1st Workshop on Materials Science for Energy Related Application, Belgrade 2014., pp. 3 – 6.

2. Tasić G., **Laušević P.**, Perović I., Miulović S., Nikolić V., Marčeta-Kaninski M.: *Independent power and energy sources for military applications*, - Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, Belgrade 2014., pp. 749 – 751.
3. **Laušević P.**, Marčeta-Kaninski M., Nikolić V., Šaponjić Đ.: *A life time model for PEM fuel cells based on voltage degradation*, - Proceedings of the 1st Workshop on Materials Science for Energy Related Application, Belgrade 2014., pp. 44 – 47.

Саопштење са међународних скупова штампани у изводу, **M34**

1. **Laušević P.**, Marčeta Kaninski M., Nikolić V., Apel P., Toimil-Molares M., Laušević Z.: *Influence of electrode thickness on the electrochemical properties of activated ion-track carbon supercapacitors*, - Proceedings of the 19th Annual Conference, YUCOMAT, Herceg Novi, Montenegro 2017., pp. 83.
2. **Laušević P.**, Pejović P., Nikolić V., Laušević Z., Toimil-Molares M.: *Activated ion-track carbon flexible supercapacitor electrodes with different channel densities*, - Proceedings of the 16th Young Researchers' Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade 2017, pp. 35.
3. Laušević Z., Žugić D., **Laušević P.**, Kochnev Y., Apel P.: *Monolithic track etched carbon thin films for supercapacitors*, - Proceedings of the Carbon 2016 Conference, State College, USA 2016. pp. 54.
4. **Laušević P.**, Marčeta-Kaninski M., Nikolić V., Laušević Z., Pejović P.: *Impedance study and modeling of kapton derived thin film supercapacitors*, - Proceedings of the Carbon 2016 Conference, State College, USA 2016., pp. 54.
5. **Laušević P.**, Pejović P., Žugić D., Kochnev Y., Apel P., Laušević Z.: *Activated track etched carbon for supercapacitor electrodes*, - Proceedings of the 18th Annual Conference, YUCOMAT, Herceg Novi, Montenegro 2016., pp. 35.
6. **Laušević P.**, Marčeta-Kaninski M., Nikolić V., Laušević Z., Pejović P.: *Influence of temperature and electrolyte concentration on the performance of flexible supercapacitors*, - Proceedings of the 15th Young Researchers' Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade 2016., pp. 61.
7. **Laušević P.**, Marčeta-Kaninski M., Nikolić V., Laušević Z., Bjelica M., Pejović P.: *Novel thin film supercapacitors*, - Proceedings of the 18th International Symposium on Power Electronics, Novi Sad 2015., pp. 52.
8. **Laušević P.**, Marčeta-Kaninski M., Nikolić V., Perović I., Šaponjić Đ., Adžić M., Pejović P.: *A Voltage Degradation Model For PEM Fuel Cells*, - Proceedings of the 17th International Symposium on Power Electronics, Novi Sad 2013., pp. 42.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Приликом писања овог Извештаја, Комисија је размотрила све претходно наведене чињенице и резултате досадашњег научног рада кандидата Петра Лаушевића. Са посебном пажњом су размотрена искуства која је кандидат стекао у свом истраживачком раду и ангажману на разним националним и иностраним научним пројектима. Узимајући у обзир све наведене компоненте које чине истраживачки профил кандидата за докторску дисертацију, Комисија је стекла увид у његову способност за научноистраживачки рад који је препознат и валоризован од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је позитиван и након детаљног образложења теме предложиће да она буде усвојена, а кандидату пружити могућност да настави са изградом докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Складиштење енергије постаје један од главних изазова савременог друштва. У протекле две деценије присуствујемо импресивном прогресу у развоју различитих уређаја за складиштење енергије за апликације у распону од широког спектра преносивих уређаја до разних електричних возила. Због све веће зависности људи од бројних бежичних уређаја, минитуризације електронике, интеграције бежичних сензора и уређаја у наше домове, на и у нас саме, уређаји за складиштење електричне енергије добијају све значајну улогу у свакодневном животу. Због великих димензија уређаја за складиштење енергије, у односу на димензије електронских система, проблеми око складиштења енергије представљају уско грло код развоја нових електричних уређаја.

Суперкондензатори (*supercapacitors*) познати и под називом електрохемијски кондензатори (*electrochemical capacitors*) у последње време су привукли пуно пажње као технологија за складиштење енергије која обећава. Заузимају место између класичних кондензатора и батерија: имају много веће густине енергије (Wh/kg) од класичних кондензатора а знатно већу густину снаге (W/kg) од батерија. Густина снаге представља брзину којом се енергија складишти (пуњење) и предаје потрошачу (пражњење). Суперкондензатори трпе знатно већи број циклуса пуњења/пражњења без опадања капацитивности и пораста унутрашње отпорности, тј. имају много дужи век трајања од батерија.

Суперкондензатори имају широку примену у скоро свим гранама индустрије: користе се као помоћна напајања за *beckup* или ванредно гашење уређаја мале потрошње као што су RAM и SRAM у микрорачунарским системима. Значајна је њихова примена у спрези са батеријама, где преузимајући на себе брзе промене и пикове струје продужавају век трајања батерија [1].

Очекује се да ће будућност донети нове концепте складиштења енергије који ће пратити захтеве за енергијом нових уређаја флексибилне и носиве електронике (*wearable electronics*). Неки од примера и праваца развоја флексибилне електронике су: електрична кожа (*e-skin*) у роботизи, биосензори, мреже телесних сензора (*body sensor networks*), медицинска инструментација за праћење виталних функција и дневних активности. Примене као што су паметна одећа, флексибилни дисплеји, савитљиви мобилни телефони и *RFID* тагови. Будућа флексибилна и носива електроника ће из корена променити дијагностику, навигацију и комуникацију.

Предмет истраживања ове дисертације је рад на развоју флексибилних видова складиштења енергије. Флексибилни суперкондензатори морају бити у стању да трпе велике механичке деформације, статичка савијања и хиљаде циклуса динамичких савијања а да уједно задрже своје електричне и механичке карактеристике.

Приступ овако сложеном проблему мора бити интердисциплинаран, тако да ће се истраживања у оквиру тезе одвијати у три целине међусобно повезане заједничким циљем. Прва ће обухватити развој новог материјала за електроде флексибилних суперкондензатора као и њихову карактеризацију са циљем повезивања структурних и морфолошких особина електрода са њиховим електричним и електрохемијским особинама. На основу експерименталних резултата, у другом делу дисертације, радиће се на развоју електричног импедансног модела флексибилног суперкондензатора. Значај овог модела огледаће се у томе да повеже електрохемијске особине материјала са електричним особинама флексибилних суперкондензатора. Радиће се на развоју упрошћеног еквивалентног кола, које може на добар начин представити карактеристично понашање суперкондензатора при различитим условима рада. Наравно, развијени модел мора показати висок степен поклапања са експерименталним резултатима. Будући да су истраживања на пољу флексибилних видова складиштења енергије тек на помолу, још увек не постоје комерцијални уређаји за њихово

тестирање. Трећи део дисертације односиће се на развој уређаја за карактеризацију флексибилних суперкондензатора при динамичком савијању у три тачке.

Развој на пољу флексибилних суперкондензатора је још у фази лабораториских истраживања и прототипова а постаје један од главних изазова који се стављају пред академске институције и индустрију [2]. Напредак на пољу флексибилних суперкондензатора захтева интердисциплинаран приступ који мора повезати истраживања на развоју нових материјала, добро познавање електрохемијских процеса и њиховог утицаја на електричне карактеристике ових специфичних уређаја за складиштење енергије и управо ово је главни циљ истраживања ове докторске дисертације.

Током претходних година узбудљива нова истраживања су покренута за проналажење нових и ефикаснијих нано структурираних материјала за складиштење енергије. Посебна пажња посвећена је угљеничним материјалима међу којима су активирани угљеник, угљеничне нанотубе, угљенична влакна и графен [3]. Поред рада на развоју нових материјала неопходно је дубље ући у основе механизма и динамике процеса складиштења енергије.

У оквиру ове тезе радиће се на развоју новог флексибилног самоносивог угљеничног танког филма за електроде суперкондензатора са великом волуметријском (F/cm^3) и површинском (F/cm^2) капацитивношћу. Класични материјали за електроде суперкондензатора најчешће су у форми праха који се мора мешати са непроводним везивима и разним пуниоцима, који драстично утичу на смањење капацитивности. Материјал развијен у оквиру овог истраживања ће бити самоносиви танак филм од активiranог угљеника који нема ових проблема. Повећање капацитивности постићиће се увођењем канала у угљенични танак филм коришћењем технологије јонских трагова (*ion-track technology*). У првом кораку синтезе електродног материјала латентни трагови ће се утиснути у полазни полимер бомбардовањем тешким јонима. У следећем кораку цилиндрични канали биће формирани селективним хемијским ецовањем (нагризањем) дуж ових трагова. Накнадном карбонизацијом и активацијом у CO_2 атмосфери, добиће се флексибилне електроде суперкондензатора. Коришћењем технологије јонских трагова, поред постизања високе капацитивности и брзина пуњења и пражњења је знатно побољшана.

Радна температура суперкондензатора игра важну улогу у деградацији перформанси и процени века трајања ових уређаја. Већина публикација карактерише нове електродне материјале на собној температури, а у овом истраживању карактеризација ће бити рађена у широком температурном опсегу. На температурне перформансе суперкондензатора, највише утичу термална стабилност и јонска проводљивост електролита [4]. У овом истраживању користиће се водени електролити који имају бројне предности за примене у флексибилној електроници као што су висока јонска проводљивост, нижа цена, нису запаљиви и прихватљивији су по критеријумима заштите животне средине у поређењу са органским електролитима.

Рад суперкондензатора, заснован на електрохемијским принципима, обично боље разумеју научници из области електрохемије али је неопходно да буде схваћен и од инжењера електротехнике. Електрични системи су врло комплексни тако да је развој на бази симулација неопходан за њихово пројектовање. Од великог значаја за електротехнику су модели који могу да прате утицај амбијенталне температуре а кључни су како би добили тачне резултате симулација. За примене у колима енергетске електронике потребни су нам поуздани модели који прецизно представљају карактеристике суперкондензатора на основу којих се могу развијати стратегије управљања потрошњом. Велики број модела, различите комплексности, представљен је у литератури [5], [6]. Еквивалентна електрична кола суперкондензатора састављена су од основних електричних компоненти: отпорника, кондензатора и калемова. Већина електричних модела из литературе превише упрошћава и не узима у обзир електрохемијске карактеристике суперкондензатора као ни утицај температуре, утицај порозне структуре електроде и велику фреквенцијску зависност

капацитивности. Потребни су нам модели за детаљан опис како стационарног стања, тако и транзијентног одзива, како би се модел лако инкорпорирао у неки од симулационих алата. Моделовање електричне компоненте са једним паром прикључака, користећи више елемената електричног кола, може бити доста произвољно тако да су нам додатне претпоставке увек потребне како би еквивалентно коло верно моделовало физичке и хемијске процесе и коректно предвиђало електричне особине. Чисто емпиријски модели који не узимају у обзир електрохемијске процесе унутар суперкондензатора не могу се користити у предикцији животног века уређаја.

Прецизно моделовање од кључног је значаја за све електричне компоненте, а флексибилни суперкондензатори захтевају електричне моделе који се ослањају на темељно познавање њихове унутрашње структуре и карактеристика, како би ефекти од значаја за праксу били успешно моделовани. Главна предност модела који ће бити развијен у оквиру овог доктората је могућност да доведе у директну везу порозну структуру електроде са фреквенцијским или временским одзивом суперкондензатора. Предложени модел ће бити заснован на физичкој структури електроде, а не само на покушају да се експериментални резултати повежу у емпиријски модел избором комбинације пасивних елемената.

2.1. Релевантна литература из области истраживања

- [1] B. Conway, *Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications*. Springer US, 1999.
- [2] J. MacKenzie and C. Ho, "Perspectives on Energy Storage for Flexible Electronic Systems," *Proc. IEEE*, vol. 103, no. 4, pp. 535–553, Apr. 2015.
- [3] Q. Wang, J. Yan, and Z. Fan, "Carbon materials for high volumetric performance supercapacitors: design, progress, challenges and opportunities," *Energy Environ. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 729–762, Mar. 2016.
- [4] J. Kang, S. Atashin, S. Jayaram, and J. Wen, "Frequency and temperature dependent electrochemical characteristics of carbon-based electrodes made of commercialized activated carbon, graphene and single-walled carbon nanotube," *Carbon*, vol. 111, pp. 338–349, Jan. 2017.
- [5] L. Zubieta and R. Bonert, "Characterization of double-layer capacitors for power electronics applications," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 36, no. 1, pp. 199–205, 2000.
- [6] S. Buller, M. Thele, and R. De Doncker, "Impedance-Based Simulation Models of Supercapacitors and Li-Ion Batteries for Power Electronic Applications," vol. 41, no. 3, pp. 742–747, 2005.

3. Полазне хипотезе

- Истраживања везана за развој флексибилних суперкондензатора, затхевашу потпуно нови интердисциплинарни приступ. Због тога је неопходно интегрисати истраживања на пољу развоја нових електроодних материјала, мерења електрохемијских особина и развијања еквивалентних електричних модела суперкондензатора.
- Потребан је флексибилан електроодни материјал који омогућава прецизно мењање већег броја параметара као што су специфична површина материјала, величина пора и тип пора, а који директно утичу на електричне особине суперкондензатора.

- Код суперкондензатора јако је изражена зависност капацитивности од фреквенције, ова зависност може се објаснити порозном структуром електроде која отежава транспорт јона због различитих растојања које јони морају да пређу унутар пора. Потребно је развити модел који узима у обзир порозну структуру електроде.
- Електрични модел флексибилних кондензатора мора узети у обзир температурску зависност капацитивности и осталих електричних параметара модела.
- Пошто су истраживања у пољу флексибилних уређаја за складиштење енергије доста нова, јавља се проблем непостојања уређаја за карактеризацију при динамичком савијању.

4. Научне методе истраживања

- *Синтеза материјала* који ће се развијати у оквиру ове тезе заснована је на карбонизацији полиимидног филма. Макро поре у виду цилиндричних канала формираће се у полазном полимеру коришћењем „ion-track“ технологије. Микропорозна структура електроде формира се у процесу активације у атмосфери CO₂ на високим температурама. Овим поступком синтезе могућа је фина контрола порозности.
- *Карактеризација суперкондензатора у временском домену* вршиће се методама цикличне волтаметрије као и пуњења/пражњења константном струјом. Циклична волтаметрија ће се користити за одређивање капацитивности и напонског опсега суперкондензатора. Метода пуњења и пражњења константном струјом користиће се за испитивања стабилности капацитивности при великом броју циклуса пуњења/пражњења.
- *За карактеризацију у фреквенцијском домену* користиће се метода електрохемијске импедансне спектроскопије (electrochemical impedance spectroscopy).
- *Карактеризација при динамичком савијању и на различитим температурама* биће извршена на уређају развијеном у оквиру ове тезе.
- *Развој електричног модела* импедансе суперкондензатора и корелисање параметара модела са морфолошким карактеристикама синтетисаног материјала вршиће се на основу експериментално добијених резултата.

5. Очекивани научни допринос

- Оптимизација процеса синтезе електрода флексибилних суперкондензатора са циљем постизања максималне волуметријске (F/m³) и површинске (F/m²) капацитивности.
- У оквиру ове тезе биће развијен уређај за карактеризацију флексибилних суперкондензатора при динамичком савијању у широком опсегу температура.
- У оквиру ове тезе биће представљен електрични модел импедансе флексибилних суперкондензатора. Модел ће узимати у обзир утицај специфичне површине електроде, расподеле пора, унутрашње отпорности и температуре на капацитивност.

6. План истраживања и структура рада

Интердисциплинарна истраживања у оквиру ове дисертације чине три једнако важна сегмента:

- Синтеза танких филмова за електроде флексибилних суперкондензатора и карактеризација предложеног новог материјала.

- Развој уређаја за карактеризацију флексибилних суперкондензатора при континуалном динамичком савијању, који ће бити повезан са комерцијалним уређајем за тестирање електрохемијских особина.
- Развој модела на основу експерименталних резултата електрохемијске импедансне спектроскопије.

7. Закључак и предлог

При писању Извештаја, Комисија је размотрила релевантне чињенице које се односе на подобност теме и кандидата. Имајући у виду резултате досадасњег рада кандидата Петра Лаушевића, Комисија је стекла неоспорни утисак да је кандидат способан за научноистраживачки рад. Комисија је сагласна са променом радног наслова дисертације „Синтеза, анализа и моделовање флексибилних суперкондензатора“ у „Синтеза, карактеризација и моделовање флексибилних суперкондензатора“. Комисија је у потпуности сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију, у контекст савремених и актуелних научних истраживања. Комисија констатује да ова тема припада ужој научној области Енергетска електроника, и да је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан за ову научну област и при томе за ментора докторске дисертације предлаже др Предрага Пејовића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду. У контексту овог предлога, уз Извештај је приложен списак радова др Предрага Пејовића, редовног професора, који га квалификују за ментора ове дисертације.

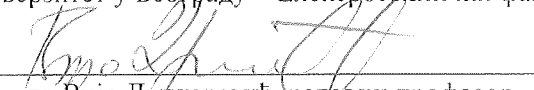
У закључку овог Извештаја, а имајући у виду претходно наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Синтеза, карактеризација и моделовање флексибилних суперкондензатора“ и да кандидату Петру Лаушевићу омогући приступ њеној изради.

У Београду, 10.05.2018.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



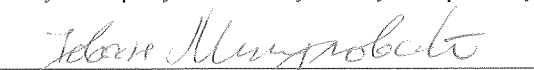
др Предраг Пејовић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Вујо Дридаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владимир Николић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке „Винча“



др Јован Микуловић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет