

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Александре Лекић мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5001/13-3 од 25. априла 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Александре Лекић под насловом

### **Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима**

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

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Александра Лекић се уписала на докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 30.10.2013. године. Испите на докторским студијама је положила са просечном оценом 10.

Александра Лекић је 6.10.2016. год. пријавила тему за израду докторске дисертације под називом „Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима“. Комисије за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на својој седници одржаној 11.10.2016. године разматрала пријаву теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације упутила Наставно-научном већу на усвајање. Наставно-научно веће је на седници бр. 804 одржаној 1.11.2016. године (Одлука бр. 5001/13-1 од 9.11.2016. год.) именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Милан Прокин, редовни професор Електротехничког факултета, др Драгутин Костић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду, др Александар Ракић, доцент Електротехничког факултета и др Жељко Ђуровић, редовни професор Електротехничког факултета. За ментора дисертације предложен је др Вујо Дрндаревић, редовни професор Електротехничког факултета.

Дана 15.11.2016. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Милан Прокин, редовни професор, др Драгутин Костић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду, др Александар

Ракић, доцент и др Жељко Ђуровић, редовни професор. Оцена Комисије је да је кандидаткиња Александра Лекић на том испиту успешно одбранила предложену тему докторске дисертације.

Комисија за студије трећег степена је на седници одржаној 06.12.2016. године усвојила Записник са јавне усмене одбране теме докторске дисертације. На истој седници Комисија за студије трећег степена је разматрала Извештај комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидаткиње Александре Лекић под насловом „Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима“ и сагласила се да се овај извештај упути Наставно-научном већу на усвајање.

На седници Наставно-научног већа бр. 808 одржаној 13.12.2016. године (Одлука бр. 5001/13-2 од 13.12.2017. год. ) усвојен је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидаткиње Александре Лекић.

На седници одржаној 30.01.2017. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Александре Лекић под насловом „Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима“ (Одлука бр. 61206-204/2-17 од 30.01.2017. год.).

Кандидаткиња Александра Лекић је 30.03.2017. године предала урађену докторску дисертацију на преглед и оцену.

Комисија за студије трећег степена на седници одржаној 4.04.2017. године је утврдила да кандидаткиња испуњава потребне услове за подношење докторске дисертације на преглед и оцену и Наставно-научном већу Електротехничког факултета упутила предлог Комисије за преглед и оцену докторске дисертације. Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на својој седници бр. 812 одржаној 11.04.2017. године (Одлука бр. 5001/13-3 од 25.04.2017. год.) именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Вујо Дрндаревић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, др Милан Прокин, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, др Драгутин Костић, редовни професор, Универзитет у Београду - Саобраћајног факултета, др Душан Стипановић, Associate Professor, University of Illinois, Coordinated Science Lab и др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима“ припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, а ужа научна област је Електроника, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора дисертације је одређен др Вујо Дрндаревић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет. Ментор испуњава законске услове за ментора докторске дисертације и бави се научним радом из уже научне области Електроника, која је предмет дисертације кандидата.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Александра Лекић је рођена 21.09.1989. године у Београду. Завршила је основну школу „Посавски партизани“ и Гимназију у Обреновцу као вуковац и ђак генерације. Основне академске студије је завршила 20.06.2012. године на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, на одсеку Електроника, са просечном оценом 10 и дипломским радом на тему „Спектар струје калема трофазног диодног моста са ESI колом“. На Дан Универзитета 13.09.2013. године је проглашена за студента генерације школске 2011/2012. године на

Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Школске 2012/2013. године уписала се на мастер академске студије на Електротехничком факултету, модул Електроника. Мастер академске студије је завршила 10.07.2013. године са просечном оценом 10 и оценом 10 за мастер рад „Симулација прекидачких конвертора на нивоу средњих вредности напона и струја у колу“. На докторске академске студије на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, изборно подручје Електроника, се уписала школске 2013/2014. године. Током докторских студија добитник је награде из фонда професора Мирка Милића за најбољи студентски рад из области Теорија електричних кола у 2016. години.

Од децембра 2012. године Александра Лекић је запослена као сарадник у настави на Катедри за Електронику, Електротехничког факултета Универзитета у Београду. У марту 2014. године је унапређена у звање асистента на одређено време од три године са пуним радним временом. У исто звање је реизабрана 14.02.2017. године. За време досадашњег радног ангажмана учествовала је у извођењу рачунских и лабораторијских вежби из следећих предмета: Увод у електронику (ОО1УЕ, 13Е041УЕ), Елементи електронике (13Е042ЕЕ), Сигнали и системи (ОЕ2СИС, 13Е042СИС), Практикум из софтверских алата у електроници (13Е042ПСА), Аналогна електроника (ОЕ3АЕ), Енергетска електроника (ОЕ3ЕЕ), Рачунарска електроника (13Е043РЕ), Линеарна електроника (13Е043ЛЕ), Техничка документација (13Е044ТД), РФ електроника (13Е044РФ, 13М041РФ) и Дигитални процесори сигнала (13М041ДПС).

Кандидаткиња Александра Лекић од 2014. год. учествује на пројекту „Повећање енергетске ефикасности ХЕ и ТЕ ЕПС-а развојем технологије и уређаја енергетске електронике за регулацију и аутоматизацију“, ев. број пројекта ТР33020, који финансира Министарства просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије. Аутор је или коаутор 2 рада у међународним часописима са SCI листе, једног рада у међународном научном часопису, 2 рада у домаћем часопису, 4 рада на међународним конференцијама и 3 рада на домаћим конференцијама.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом "Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима" садржи насловну страну и кратак резиме рада на српском и на енглеском језику, садржај, седам поглавља, списак коришћене литературе, кратку биографију кандидата, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штапане и електронске верзије докторске дисертације и изјаву о коришћењу докторске дисертације.

Наслови поглавља су:

1. Увод,
2. Анализа рада DC-DC конвертора,
3. *Sliding mode* контрола DC-DC конвертора,
4. Хистерезисна контрола DC-DC конвертора,
5. Контрола DC-DC конвертора коришћењем *piecewise linear* функција Љапунова,
6. Реализација и експериментална верификација контроле DC-DC конвертора,
7. Закључак.

Дисертација садржи 143 стране, 53 слике, једну табелу и 79 референци.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном поглављу, је описана примена DC-DC конвертора и дат је приказан постојећих топологија ових кола. У складу са развојем топологије кола DC-DC конвертора повећава се и потреба за што бољим управљањем. Због тога су у овом поглављу описане најчешће коришћене врсте управљања DC-DC конверторима. Поред стандардних метода управљања DC-DC конвертора наведена су и новија решења посматраних кола чије управљање се заснива на примени *sliding mode* и хистерезисне односно хибридне контроле. У овом поглављу, поред уводних разматрања, дат је преглед релевантних радова у доступној литератури, опис примењене методологије и структура докторске дисертације. Поред тога, размотрен је и предмет и циљ истраживања као и значај обрађене теме.

У другом поглављу се уводе основе и поступци који ће бити коришћени у анализи рада DC-DC конвертора. Како су DC-DC конвертори прекидачка кола, за свако од могућих стања прекидача је представљен опис DC-DC конвертора коришћењем модела у простору стања. У овом поглављу представљен је концепт *linear ripple* апроксимације и начин њене примене за одређивање малог сигнала или рипла који се суперпонира усредњеним вредностима великог сигнала. Сви режими рада DC-DC конвертора су анализирани на примеру Ћук конвертора, који представља један од најкомплекснијих DC-DC конвертора. За овај конвертор је дат и матрични запис модела у простору стања. Увођењем концепта дискретизације променљивих стања, напона на кондензаторима и струја калемова, анализирана је стабилност Ћук конвертора који ради како у континуалним тако и у дисконтинуалним режимима рада. На крају другог поглавља изнети су основи концепта стабилности по Љапунову и конструкције функције Љапунова која се користи у стабилном прекидачком управљању.

Трећа глава описује поступак пројектовања *sliding mode* контроле DC-DC конвертора и анализе стабилности пројектованог система. На основу резултата обављених анализа и симулација пројектован је контролер погодан за примену код Ћук конвертора. Показано је да се након примене *sliding mode* контроле систем DC-DC конвертора може представити као збир линеаризованог система у околини еквилибријума и нелинеарног остатка. Поред тога, показано је да је ограничење сектора нелинеарног остатка добијеног након линеаризације прекидачког система у директној вези са применом *linear ripple* апроксимације, при чему ограничење сектора нелинеарног остатка представља уједно и границу за примену *linear ripple* апроксимације у анализи рада DC-DC конвертора. Потребно је напоменути да се добијени резултати и изведени закључци могу применити и на неке друге DC-DC конверторе.

Четврто поглавље се бави анализом DC-DC конвертора као хибридног система чији се континуални део састоји од променљивих стања, напона кондензатора и струја калемова, а дискретни обухвата прекидаче и њихов управљачки сигнал. Развијена је нова хистерезисна контрола помоћу које се прекидачем управља на основу минимума извода квадратне функције Љапунова. Показано је да уколико постоји функција Љапунова, онда се системом може стабилно управљати. Хистерезисна контрола је развијена за специјални случај Ћук конвертора који је у сваком од режима рада описан гранично стабилним матрицама стања, што је дало нови значајан научни допринос. На неколико примера илустрован је поступак пројектовања и евалуиране су перформансе пројектоване хистерезисне контроле. За хистерезисно контролисани Ћук конвертор је анализиран рад система у континуалном, али и у свим дисконтинуалним режимима рада. Показано је да је систем стабилан и у континуалном и у свим дисконтинуалним режимима. Анализирана је динамика система након уласка у један од два дисконтинуална режима и одређене су вредности параметра хистерезиса који доводе до тога да се рад Ћук конвертора одвија само у дисконтинуалним режимима.

У петом поглављу је анализира могућност примене вишеструких функција Љапунова за управљање DC-DC конверторима, што представља један од праваца у новијим истраживањима у управљању прекидачким системима. Након описа конструкције *piecewise linear* функције Љапунова, развијен је посебан облик вишеструких *piecewise linear* функција Љапунова за управљање Ћук конвертором. Формулисана је теорема на основу које се могу проценити параметри за конструкцију стабилне политопе овакве вишеструке функције Љапунова. Показано је да се коришћењем већег броја *piecewise linear* функција Љапунова помоћу којих систем мења стање постиже бржа конвергенција система ка устаљеном стању, па самим тим и боље динамичке карактеристике система.

Како би се представиле практичне могућности имплементације DC-DC конвертора, са фокусом на реализацију контроле конвертора базиране на резултатима анализа и симулација до којих се дошло у овој дисертацији и коришћењем савремене микропроцесорске технологије, реализован је *buck* DC-DC конвертор. За овај конвертор имплементирана је *sliding mode* контрола. Опис поступка анализе и пројектовања конвертора, детаљи алгоритма управљања и резултати тестирања имплементираних решења дати су у шестом поглављу. Мерања на реализованом конвертору су показала да се експериментално добијени резултати у великој мери подударају са резултатима добијеним анализом и симулацијом овог типа конвертора.

У седмом поглављу су сумирани резултати остварени у овој дисертацији и истакнут је значај остварених резултата у реализацији стабилног управљања DC-DC конвертора. Предложени системи стабилног управљања тестирани су на примеру Ћук конвертора, који представља један од најсложенијих DC-DC конвертора, али се успешно могу применити и на друге конверторе и прекидачка кола, што представља један од предложених праваца за даља истраживања.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Како се DC-DC конвертори користе за ефикасну конверзију једносмерног напона/струје у једносмерни напон/струју, непходно је њихово стално усавршавање што се постиже увођењем нових топологија конвертора, као и побољшавањем постојећих метода управљања. DC-DC конвертори су прекидачка кола која на основу стања прекидача прекидају (прекључују) између више линеарних подсистема, који чине једну нелинеарну целину или систем.

Имајући у виду нелинеарну природу DC-DC конвертора, у овој дисертацији су анализирани и развијани нелинеарни методи управљања овим колима. Посебна пажња посвећена је *sliding mode* контроли, хистерезисној контроли и контроли применом *piecewise linear* функција Љапунова, које припадају групи нелинеарног управљања прекидачких кола, те су примењиве и на управљање DC-DC конвертора. У овој дисертацији су наведене врсте управљања модификоване и генерализоване, тако да могу да се примене на комплексне DC-DC конверторе који приликом рада прекључују само између гранично стабилних подсистема. Уопштавањем концепта управљања прекидачких кола, што представља оригиналан и савремен приступ, омогућена је примена предложених решења на Ћук конвертор, који је један од најкомплекснијих DC-DC конвертора.

У дисертацији је развијена комплетна методологија за пројектовање хистерезисне контроле Ћук конвертора. Хистерезисна контрола се заснива на закону прекидања према минимуму извода квадратне функције Љапунова, која је у случају Ћук конвертора веома специфична. Показано је да услед граничне стабилности Ћук конвертора одговарајућа функција Љапунова има семидефинитни извод. Овај резултат је нов и оригиналан и он је применљив на

широку класу прекидачких система која прекључују само између гранично стабилних подсистема.

Због одличних карактеристика, велике заступљности на тржишту, ниске цене и једноставности за употребу дигитални процесори сигнала и микроконтролери се све чешће користе за реализацију дигиталног управљања. Самим тим се познати алгоритми управљања прилагођавају како би се могли дигитално реализовати. У овој дисертацији је *sliding mode* контрола DC-DC конвертора пројектована и имплементирана коришћењем савременог микроконтролера и одговарајућих помоћних кола. Реализован је лабораторијски модел *buck* DC-DC конвертора који је управљан микроконтролером и извршена евалуација карактеристика реализованог кола. Утврђено је да се резултати мерења слажу са резултатима анализе и симулације посматраног конвертора.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидаткиња је детаљно претражила релевантну литературу и упознала се са обављеним истраживањима и публикованим резултатима других аутора у области којом се бави ова докторска дисертација. У докторској дисертацији је прецизно наведено 79 библиографских референци на радове који су у вези са темом дисертације. Литература садржи релевантне радове са најновијом резултатима у области дисертације, укључујући и објављене радове кандидаткиње. Искази у свим поглављима дисертације су добро поткрепљени цитатима одговарајућих радова.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састојала се у следећем:

- проучавање доступне литературе из области дисертације, ради сагледавања актуелног стања науке и технике у ужој посматраној области,
- систематизација система анализе и система управљања прекидачких електронских кола и DC-DC конвертора,
- теоријско разматрање и анализа нелинераних метода управљања DC-DC конвертора и развој нових метода *sliding mode*, хистерезисне контроле и контроле применом *piecewise linear* функција Љапунова за стабилно управљање,
- симулација предложених метода стабилног управљања конвертора коришћењем савремених програмских алата MATLAB, Python и неколико програмских пакета интегрисаних у MATLAB; примена конвексног програмирања за одређивање квадратне функције Љапунова реализована уз помоћ CVX алата у оквиру програма MATLAB; симулације рада DC-DC конвертора коришћењем програма PLECS за симулацију кола енергетске електронике,
- експериментални рад: пројектовање и реализација *buck* конвертора, израда алгоритма и микроконтролерског програма *sliding mode* контроле реализованог конвертора, експериментална верификација резултата и компарација са теоријски добијеним резултатима и резултатима симулације.

Примењена методологија у потпуности одговара проблему који је решаван и стандардима научно-истраживачког рада и у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Истраживања и развој нових метода стабилног управљања DC-DC конвертора, која су спроведена у овој дисертацији, дала су резултате који показују да се предложене нове методе могу користити у пројектовању савремених прекидачких кола овог типа.

У овој дисертацији су детаљно анализирани три методе нелинеарног управљања DC-DC конвертора које су унапређене тако да могу да се примењују и на системе који променом стања прекидача прекључују само између гранично стабилних подсистема. Примењивост добијених резултата успешно је тестирана на примеру Ћук DC-DC конвертор који прекључује између четири подсистема који су гранично стабилни. Међутим, како се све анализирани врсте управљања могу применити на било које прекидачко коло, то се и добијени резултати могу применити на било који систем који приликом рада прекључује између гранично стабилних подсистема.

Током истраживања која су спроведена у оквиру ове дисертације развијен је и један специјалан облик управљања DC-DC конверта, назван хистерезисна контрола, тако што је закон прекидања прекидача одређен подсистемом које даје минималну вредност извода функције Љапунова. Овај облик стабилног управљања примењен је на Ћук конвертор, за који је развијена комплетна методологија одређивања параметара потребних да би се добио жељени одзив кола. Резултати пројектовања хистерезисне контроле су применљиви и на све остале DC-DC конверторе као и на сродна прекидачка кола.

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

Кандидаткиња Александра Лекић је приликом израде ове докторске дисертације показала систематичност у раду, способност за препознавање отворених питања и актуелних тема у науци, као и зрелост и самосталност при анализи и решавању проблема. Свеобухватан приступ, који се састојао из теоријског истраживања, развоја нових метода управљања, симулација и експерименталне верификације једне врсте управљања DC-DC конвертора, потврђује да је кандидаткиња свестран и компетентан истраживач, потпуно оспособљен за самостални научни рад. Резултате научног рада настале током израде ове докторске дисертације кандидаткиња је објавила у два научна рада публикована у часописима са импакт фактором и у два рада који су публиковани у домаћем часопису.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси које је кандидаткиња Александра Лекић остварила кроз истраживања описана у овој дисертацији су следећи:

- Развој новог алгоритма за одређивање функције Љапунова код DC-DC конвертора који ради у континуалном режиму у коме су сви подсистеми гранично стабилни.
- Развој ефикасног алгоритма за пројектовање хистерезисне контроле DC-DC конвертора.
- Анализа режима рада и процена стабилности рада хистерезисно контролисаног DC-DC конвертора која је верификована на примеру Ћук конвертора као једног од најкомплекснијих DC-DC конвертора који у континуалном режиму рада прекључује између гранично стабилних подсистема.

- Примена *sliding mode* контроле на комплексне DC-DC конверторе и процена зависности ограничења опсега нелинеарности конвертора након примене *sliding mode* контроле од величине хистерезиса контролера.
- Генерализација нелинеарне контроле применом *piecewise linear* функција Љапунова која се може применити на DC-DC конвертор који приликом рада прекључује између гранично стабилних подсистема.
- Развој и реализација *buck* DC-DC конвертора са *sliding mode* контролом реализованом коришћењем микроконтролера и експериментална верификација карактеристика реализованог кола.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Свеобухватан приступ унапређењу система стабилног управљања DC-DC конвертора, који је спроведен у овој дисертацији, дао је више научних резултата, који се могу сврстати у област прекидачких електронских кола и у област кола енергетске електронике.

Развијено је оригинално управљање DC-DC конвертора, а сама методологија одређивања параметара регулатора је систематизована у виду тачно дефинисаних корака.

Анализиране су и унапређене три врсте управљања DC-DC конвертора, тако да могу да се примене на специјалну класу прекидачких кола која прекључују између гранично стабилних подсистема. Једна од анализираних контрола, *sliding mode* контрола, је и практично реализована у виду дигиталног регулатора на бази микроконтролера и примењена код *buck* DC-DC конвертора.

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и циљеве истраживања Комисија констатује да је кандидаткиња успешно одговорила на постављене изазове и да остварени резултати оправдавају почетна очекивања.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Из најуже области непосредно везане за тему докторске дисертације, кандидаткиња је објавила следеће радове у међународним и домаћим часописима:

##### Рад у међународном часопису – M21

- A. Lekić, D. Stipanović, “Hysteresis Switching Control of the Ćuk Converter,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems I—Regular Papers*, vol. 63, no. 11, pp. 2048-2061, 2016. ISSN 1549-8328, IF = 2.393, doi: 10.1109/TCSI.2016.2600199

##### Рад у међународном часопису – M22

- A. Lekić, D. Stipanović, “Hysteresis Switching Control of the Ćuk Converter Operating in Discontinuous Conduction Modes,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems II—Express Briefs*, to appear. ISSN 1549-7747, IF = 1.136, doi: 10.1109/TCSII.2016.2631510

##### Рад у домаћем научном часопису – M51

- A. Lekić, D. Stipanović, “LMI Approach for Sliding Mode Control and Analysis of DC-DC Converters”, *TEHNIKA*, vol. 71, no. 5, pp. 715-723, 2016. ISSN 0040-2176



## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

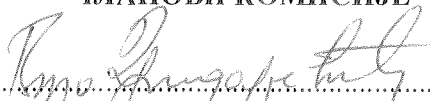
У својој докторској дисертацији под насловом „Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима“ кандидаткиња Александра Лекић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, је извршила детаљну анализа проблема управљања DC-DC конвертора и затим предложила нове алгоритме и оригиналне методе стабилног управљања сложених DC-DC конвертора и других сродних прекидачких електронских кола. Текст дисертације је написан јасно и разумљиво и добро је организован кроз поглавља и одељке. Циљеви дисертације су јасно формулисани, а резултати истраживања систематски изложени и упоређени са постојећим научним резултатима, тако да се научни доприноси могу недвосмислено утврдити.

Из области докторске дисертације кандидаткиња је, као први аутор, објавила два рада у истакнутим међународним часописима са импакт фактором и два рада у домаћим часописима. Тиме је показала способност за самосталан научни рад и потврдила оригиналан, савремен и значајан научни допринос.

Комисија констатује да дисертација садржи оригиналне научне доприносе, испуњава све законске, формалне и суштинске услове као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се докторска дисертација под насловом „Стабилно прекидачко управљање DC-DC конверторима“ кандидаткиње Александре Лекић прихвати, а кандидаткињи одобри усмена одбрана.

У Београду, 28.04.2017. год.

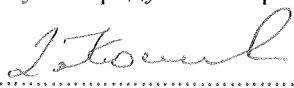
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

  
.....


Др Вујо Дрндаревић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

  
.....

Др Милан Прокин, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

  
.....

др Драгутин Костић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

  
.....

Др Душан Стипановић, Associate Professor  
University of Illinois – Coordinated Science Lab

  
.....

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