

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију:</p> <p>16. 07. 2015. Научно наставно веће Факултета техничких наука. Број решења: 012-72/93-08.</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Др Злата Цветковић, редовни професор, теоријска електротехника, 12. 12. 2012., Електронски факултет, Ниш</li> <li>2. Др Вера Бајовић, ванредни професор, теоријска електротехника, 19. 05. 2011., ФТН, Нови Сад</li> <li>3. Др Никола Ђурић, ванредни професор, теоријска електротехника, 22. 04. 2015., ФТН, Нови Сад</li> <li>4. Др Татјана Грбић, ванредни професор, математика, 19. 02. 2014, ФТН, Нови Сад</li> <li>5. Др Неда Пекарић-Нађ, редовни професор, теоријска електротехника, 13. 07. 2001, ФТН, Нови Сад</li> <li>6. Др Мирослав Прша, ванредни професор ФТН у пензији</li> </ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме: Каролина, Карољ, Касаш-Лажетић</li> <li>2. Датум рођења, општина, држава: 9. јануар 1964, Нови Сад, Република Србија</li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: -</li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: -</li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:  ФТН, Нови Сад "<i>Одређивање расподеле растојања линеарних бинарних заштитних блок кодова применом линеарног програмирања</i>", Електротехничко и рачунарско инжењерство, 09. 06. 2000.</li> <li>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Електротехничко и рачунарско инжењерство</li> </ol>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<i>Моделовање импедансе Земље као повратног проводника</i>

#### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графика и сл.

Докторска дисертација је изложена у 7 поглавља и има следећу структуру:

1. Увод
2. Стање у области истраживања
3. Предложени метод
4. Одређивање импедансе Земље методом коначних елемената
5. Добијени резултати
6. Дискусија резултата и
7. Закључак

Дисертација је изложена на 164 стране, А4 формата.

Дисертација садржи 16 табела, 62 слике, 133 литерарних навода и 7 прилога.

Иза прве странице стоји кључна документацијска информација на српском и енглеском језику, после које следи захвалница, садржај, списак слика, списак табела и листа скраћеница. Након тога следе горе поменути поглавља, после којих се, на крају рада, налази списак литературе и прилози.

#### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Наслов** докторске дисертације је јасно формулисан, и сажето дефинише тематику и садржај дисертације.

**Увод**, који представља прво поглавље дисертације, почиње кратким историјским прегледом развоја производње, преноса и дистрибуције електричне енергије. Да би се боље сагледао мотив избора теме дисертације, на овом месту су уведени кључни појмови, као што су струјна расподела и фреквенцијски зависна импеданса земље. У овом делу тезе, описана је **мотивација** кандидата за проучавање изабране области, и укратко су описани **проблеми** који се јављају у електротехничкој инжењерској пракси, везани за прецизно и ефикасно одређивање понашања електродистрибутивних и преносних система са значајним присуством виших хармоника.

У складу са предоченим проблемом истраживања, јасно је дефинисан **предмет** истраживања.

На овом месту је постављен основни **циљ** истраживања, а затим су дати и **додатни циљеви** дисертације. Сви они су формулисани прецизно и јасно, тако да пруже одговоре на кључна питања везана за проблем и предмет истраживања.

**Радне хипотезе** су логичне, тачно и концизно дефинисане. На основу њих може да се предвиди ток прорачуна и да се предвиде очекивања везана за парцијалне и коначне резултате рада.

Овај део тезе се завршава описом **концепције** рада и приказом **методологије** истраживања.

На крају овог поглавља приказана је **структура дисертације**.

*Комисија сматра да су циљеви истраживања и хипотезе у дисертацији постављени концизно и јасно и да су успешно водили кандидата кроз рад на изабраној теми.*

**Друго поглавље** почиње описом поделе техничке литературе која се бави прорачуном параметара нискофреквенцијских преносних система.

Прво су цитирани најзначајнији радови који се баве начинима побољшања фундаменталног Карсоновог израза за израчунавање утицаја земље на укупну импедансу надземних електроенергетских водова.

Затим су наведени и укратко продискутовани радови који за дефинисање повратне струје кроз земљу користе теорију ликова и величину названу комплексна дубина продирања.

Радови који описују поступке базиране на методу коначних елемената чине трећу велику групу радова, од којих су најзначајнији такође укратко описани у овом поглављу.

Након тога су споменути радови везани за утицај вишеслојног земљишта, радови који разматрају проблеме везане за одређивање импедансе земље у присуству каблова укопаних у тло,

као и истраживања везана за аспекте које треба узети у обзир при прорачуну на вишим фреквенцијама.

На крају поглавља су детаљније продискутовани Карсонов образац и његов упрошћен модел, као и метод који користи принцип дефинисања повратне струје кроз земљу помоћу комплексне дубине продирања.

*Комисија сматра да друго поглавље даје свеобухватан и користан приказ стања научне литературе у овој области и тиме омогућује читаоцу дисертације да од почетка има увид у сличности и разлике између до сада објављених техника прорачуна и оне која је предмет ове дисертације и која је изложена у наредном поглављу.*

**Треће поглавље** је централни део рада, у којем је дат детаљан опис новог метода за одређивање фреквенцијски зависне импедансе земље у електроенергетским системима. Нов метод је описан темељно, прецизно и прегледно, тако да ток идеје може лако да се испрати до краја излагања. Математички апарат је јасно изложен и одражава инжењерску суштину изложеног метода. Описани поступак је погодан за анализу система са различитим улазним параметрима, од којих су најзначајнији висина надземног вода, фреквенција и специфична отпорност тла. Истраживање је спроведено за хомогено и двослојно земљиште, за више вредности специфичне отпорности тла и расподелу слојева земље карактеристичну за регион.

*Комисија сматра да је изабран метод детаљно и прецизно изложен и да је адекватан за прорачуне. Описана процедура омогућује добијање корисних релација у функцији жељених улазних параметара и обезбеђује прорачун параметара Земље у складу са циљевима дисертације.*

**У четвртном поглављу** је дат опис метода који је касније коришћен за верификацију резултата, а базиран је на методу коначних елемената. Коришћен је комерцијални програмски пакет Comsol Multiphysics 3.5a.

*Комисија сматра да је метод за верификацију резултата, заједно са изабраним програмским пакетом, добар за овакву врсту поређења резултата.*

**Пето поглавље** садржи добијене резултате и њихову анализу. Резултати прорачуна су прегледно, прецизно и систематично приказани. Већина резултата је дата упоредо, преко графичких приказа и одговарајућих табела са бројним вредностима које се налазе у одговарајућим прилозима. Сви графици су детаљно коментарисани, уз јасна тумачења физичких дешавања који доводе до представљених зависности. Кандидат аргументовано и систематично дискутује сваку зависност, уз јасна тумачења сопствених резултата и извођење логичних закључака. У анализи и дискусији добијених резултата нису утврђене нелогичности. Кандидат јасно и са разумевањем коментарише добијене резултате, дајући довољан број релевантних чињеница које анализу чине уверљивом.

*Комисија сматра да представљени резултати систематски и прецизно покривају све релевантне делове извршене анализе, из којих се јасно виде предности примене новог метода приказаног у овом раду. Дискусија је исцрпна и значајно доприноси квалитету ове дисертације.*

**У шестом поглављу** је још једном сагледан ток развоја посматраног метода и дати су најбитнији коментари везани за поједине кораке, коришћене поступке и процедуре.

*Комисија сматра да коментари дати у овом поглављу заокружују оправданост израде тезе и добијених резултата.*

**У закључку** рада су сублимирани резултати добијени у дисертацији. Закључци су изнети веома прегледно и хронолошки, изложени на основу добијених резултата, потврђујући радне хипотезе истраживања.

*Комисија сматра да су закључци донети логично, да представљају одговор на постављене хипотезе, и да су базирани на изложеним резултатима, потврђујући значај развијеног метода прорачуна.*

**Литература** је приказана прегледно и цитирана на одговарајућем месту у дисертацији, на адекватан начин. Избор литературе обухвата релевантне радове који су значајни за обрађену проблематику. Литература садржи 133 библиографских јединица, релевантних за испитивану тематику.

*Комисија сматра да је литература пажљиво бирана, тачно цитирана и да одговара тематици ове дисертације.*

На самом крају докторске дисертације су дати **прилози**, који су издвојени из рада да не би додатно оптерећивали поглавља, али су значајни за лакше праћење и разумевање описаног метода и резултата прорачуна.

*Комисија сматра да избор прилога веома добро допуњује праћење тока излагања дисертације.*

*На основу изложеног Комисија **позитивно оцењује** све делове докторске дисертације.*

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

1. **Karolina Kaszás-Lažetić**, Dejana Herceg, Nikola Djurić and Miroslav Prša, "Determining Low-Frequency Earth Return Impedance: A Consistent Electromagnetic Approach", Acta Polytechnica Hungarica, 2015. (in press) (M23)
2. **Kasaš-Lažetić K.**, Prša M., Stojadinović M. i Mučalica N., "Verifikacija metode za određivanje strujne raspodele u zemlji," Zbornik radova sa naučnog skupa Infoteh-Jahorina 2013, Jahorina, BiH, pp. 71–75 (M 63)
3. Micu D. D., Czumbil L., Prsa M. and **Kasaš-Lažetić K.**, "Interstud electromagnetic interference software - An accurate evaluation of current distribution in soil and in underground pipelines," in Proc. 2012 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Rome 2012, pp. 1–5 (M33)
4. **Kasaš-Lažetić K.**, Prša M., Bajović V., Đurić N.: "Verification of the Earth Return Impedance", in Proc. The 5<sup>th</sup> PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET 2011), Phuket, Thailand, 2011, Proceedings CD ICET2011-237 (M33)
5. **Kasaš-Lažetić K.**, Prša M., Mučalica N.: "Strujna raspodela i poduzna otpornost dvoslojnog zemljišta", Međunarodni naučno-stručni simpozijum Infoteh-Jahorina 2010, Jahorina, Vol 9. Ref D-8 pp. 390-394 (M63)
6. Prsa M. and **Kasaš-Lažetić K.**, "Magnetic field due to a current distribution within the earth," in Proc. 2008 Conf. on Electricity Distribution of Serbia, CIREĐ, pp. 71–75 (M 63)
7. Prša M. and **Kasaš-Lažetić K.**, "An Accurate Determination of Current Distribution within the earth," Intern. Conf. on Applied Electromagnetics PES 2007, Paper No. 07–9, pp. 1–4 (M 33)

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Кандидат је, на основу целокупног рада и добијених резултата, донео коначне закључке свог истраживања, који у потпуности дају одговоре на постављене хипотезе.

1. После детаљног проучавања досадашњих сазнања у истраживаној области, уочено је да поједностављени изрази, најчешће коришћени у инжењерској пракси, дају добре резултате на основним, индустријским учестаностима, али не и на вишим учестаностима, односно, у присуству виших хармоника. С друге стране, сложеније методе, базиране на целодоменским нумеричким методима, захтевају знатне рачунарске перформансе, како у погледу брзине, тако и у

погледу меморије.

2. У раду је показано да фреквенцијски зависна импеданса земље као повратног проводника, при произвољној учестаности може веома тачно да се одреди помоћу флукса комплексног Поинтинговог вектора кроз површ земље.

3. Предложени метод је у потпуности оправдао свој развој, испуњавајући свој циљ; не захтева посебне рачунарске перформансе, а довољно је тачан и у прорачунима у којима фигурише значајан проценат виших хармоника (до 2.500 Hz, односно, до педесетог хармоника основне учестаности).

4. Неки успутни кораци при прорачуну импедансе земље, као што је одређивање струјне расподеле у хомогеним и вишеслојним земљиштима, представљају такође допринос у датој области. Струјна расподела у земљи је посебно важна при конструкцији и оптимизацији рада електроенергетских, трансмисионих и дистрибутивних система и њихових уземљења. Важна је и због утицаја на друге системе закопане у земљи, као што су проводне цеви за транспорт течних или гасовитих материјала, телекомуникациони каблови, електроенергетски каблови и слично.

5. Из истих разлога, због појаве електромагнетске индукције, индукованих електричних поља и индукованих струја, важно је и познавање (временски променљивог) магнетског поља проузрокованог струјама у надземним водовима и струјама у земљи. Осим тога, расподела магнетских поља је значајна и са еколошког становишта заштите животне средине од нежељених електромагнетских поља.

6. На крају, прецизно одређена импеданса земље омогућава и моделовање свих елемената електроенергетских система, не само на основној, индустријској учестаности, већ и у присуству значајног процента виших хармоника.

7. Сви резултати ових истраживања су проверени одговарајућим поступцима

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Резултати прорачуна су приказани прегледно и систематично, помоћу табела и графика који олакшавају њихово тумачење. Сви графици су испраћени адекватним текстуалним описом резултата прорачуна и одговарајућим коментарима, тако да чине целину која веома добро описује сваки добијени резултат.

Интерпретација резултата је концизна. Дискусије, коментари и закључци дати у раду логично произилазе из добијених резултата за све претпостављене вредности параметара, који описују реална стања посматране структуре.

Приказ резултата истраживања, у целој дисертацији, заједно са пратећим тумачењима, се процењује као веома квалитетан.

Све горе наведено указује да је кандидат темељно упознат са тематиком дисертације и стања у истраживању дате научне области.

*Стога, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.*

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

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

*Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.*

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Дисертација садржи све битне елементе за разумевање проблема, усвајање предложеног модела и прихватање резултата, везаних за моделовање и прорачун импедансе земље као повратног проводника.

Дисертација је написана концизно и разумљиво, а визуелно је веома прегледна. Закључује се да је резултат самосталног рада и истраживања кандидата.

*Комисија сматра да дисертација садржи све битне елементе .*

### 3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

У дисертацији кандидата мр Каролине Касаш-Лажетић описан је оригиналан приступ прорачуна струјне расподеле унутар земље, као и њене фреквенцијски зависне импедансе, када се земља посматра као повратни проводник електроенергетског система, преко флукса комплексног Поинтинговог вектора кроз површ земље.

Предложени метод се ослања на теорију електромагнетских поља и веома је тачан и поуздан за анализу стања у земљи, укључујући и посматрање утицаја површинског ефекта и ефекта близине на расподелу струје у земљи, а тиме и на одређивање подужне импедансе земље. Ово даје значајну предност описаном методу у односу на већину у пракси коришћених поједностављених израза за импедансу земље.

Анализирани случајеви се односе на струје ниских учестаности, које генерису квазистатичка електромагнетска поља.

У дисертацији је показано да најчешће коришћени поједностављени изрази дају задовољавајуће резултате на индустријским учестаностима, али не и код прорачуна у присуству виших хармоника.

Прорачун фреквенцијски зависне импедансе земље као повратног проводника, при учестаностима које се јављају у електроенергетским системима (основна учестаност уз присуство виших хармоника), базиран је на одређивању флукса комплексног Поинтинговог вектора кроз површ земље и представља оригиналан приступ прорачуна посматраног параметра електроенергетског система.

Израчунате вредности свих величина које су неопходне за прорачун комплексног Поинтинговог вектора кроз површ земље, могу да се искористе и за одређивање и других параметара, као што су напон корака или напон додира. Све ове величине су значајне при пројектовању будућих постројења неког електроенергетског система, као и приликом провере услова безбедности у постојећим постројењима.

Предност предложеног метода је и у томе, што не захтева никакве специфичне перформансе рачунара при прорачуну, као и да је време потребно за добијање резултата веома кратко.

Према доступној литератури, метод прорачуна приказан у овој дисертацији, до сада није био описан у научној литератури.

*Након анализе докторске дисертације кандидата **мр Каролине Касаш-Лажетић**, Комисија је закључила да дисертација садржи све елементе оригиналног научног рада. У овој докторској дисертацији представљен је метод, који до сада није био доступан у научној литератури, тако да развијени метод и цела дисертација представљају оригиналан допринос науци.*

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.

*Комисија није уочила никакве недостатке у дисертацији.*

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације у целини, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, да се докторска дисертација кандидата **мр Каролине Касаш-Лажетић**, под насловом:

**„Моделовање импедансе Земље као повратног проводника“,**

**прихвати, а кандидату одобри** јавна одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_  
др Злата Цветковић, редовни професор,  
Електронски факултет, Ниш,  
Председник

\_\_\_\_\_  
др Вера Бајовић, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад,  
члан

\_\_\_\_\_  
др Никола Ђурић, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад,  
члан

\_\_\_\_\_  
др Татјана Грбић, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад,  
члан

\_\_\_\_\_  
др Мирослав Прша, ванредни професор у пензији,  
члан

\_\_\_\_\_  
др Неда Пекарић-Нађ, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад,  
ментор