

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Датум и орган који је именовao комисију Решењем бр.012-72/21-2013 од 26. 04. 2018. године, на основу Одлуке Научно-наставног већа, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука, проф. др Раде Дорословачки, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације</li> <li>2. Састав комисије са назнаком 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: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>др Платон Совиљ</b>, ванредни професор, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 13.09.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад</li> <li>2. <b>др Драган Ковачевић</b>, научни саветник, ужа област Енергетика, рударство и енергетска ефикасност, изабран у звање: 29.05.2013.године, Електротехнички институт ”Никола Тесла”, Београд</li> <li>3. <b>др Драган Пејић</b>, доцент, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 07.10.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад</li> <li>4. <b>др Борис Антић</b>, доцент, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 01.01.2014. године, Факултет техничких наука, Нови Сад</li> <li>5. <b>др Зоран Митровић</b>, редовни професор, ужа област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 11.03.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад</li> </ol> </li> </ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Драгана , Васко, Наумовић-Вуковић</b></li> <li>2. Датум рођења, општина, држава: <b>23.05.1967, Београд, Србија</b></li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: <b>Електротехнички факултет Универзитета у Београду, Енергетски одсек, Смер енергетски системи, Дипломирани инжењер електротехнике</b></li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2013. година, Енергетика, електроника и телекомуникације</b></li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: <b>Електротехнички факултет Универзитета у Београду, „Имплементација поступка конверзије дијагностичких параметара у симболичке експертског система за контролу зашљакивања ложишта енергетског котла“, Област електротехике – подручје енергетски претварачи и погони, 21.05.1997.</b></li> </ol>

6. Научна област из које је стечено академско звање магистара наука:

**Област електротехнике – подручје енергетски претварачи и погони – Магистар техничких наука - област електротехнике – подручје енергетски претварачи и погони**

**III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Прилог савременом еталонирању струјних мерних трансформатора**

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Научни приказ истраживања за реализацију постављених циљева дисертације кандидат је презентовао на 142 стране, кроз 3 (пет) поглавља и додацима: Литература, Преглед слика и Преглед табела. Дисертација садржи 77 слика, 55 табела и списак литературе са 124 референце.

Докторска дисертација под насловом „Прилог савременом еталонирању струјних мерних трансформатора“ се састоји из следећих поглавља:

1. Увод
2. Метода једновременог еталонирања струјних мерних трансформатора - резултати истраживања
3. Анализа и проецена мерне несигурности
4. Закључак

Литература

Преглед слика

Преглед табела

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У овој докторској дисертацији приказана је концепција, реализација и потврда нове оригиналне методе једновременог еталонирања струјних мерних трансформатора са две различите мерне апаратуре. Метода једновременог еталонирања реализована је и експериментално потврђена у Лабораторији за испитивање и еталонирање Електротехничког института "Никола Тесла" у Београду.

Прво поглавље дисертације бави се уводним разматрањима, идејом и мотивом истраживања, описује проблем, предмет истраживања и његов циљ. Такође, прво поглавље дисертације бави се грешкама струјног мерног трансформатора и различитим класичним и савременим методама за испитивање тачности и еталонирање струјних мерних трансформатора које имају примену у савременој пракси, теоријским основама и реализацијом струјних мерних трансформатора.

У другом поглављу описана је метода једновременог еталонирања струјних мерних трансформатора са неколико мерних апаратура заснованих на различитим мерним методама. Сprovedена истраживања и добијени експериментални резултати показали су и потврдили низ предности оваквог начина еталонирања. Истраживања су такође показала да једновремена метода, осим што доприноси подизању тачности еталонирања струјних мерних трансформатора, има примену и у еталонирању мерних апаратура за испитивање тачности струјних мерних трансформатора и интеркомпарацији струјних еталон трансформатора. Кроз конкретне примере, реализоване у пракси, размотрени су и приказани начини еталонирања мерних апаратура за испитивање тачности примене ове методе. Интеркомпарацијом два мерна система високе класе тачности националног метролошког института Канаде (NRC), од којих је једна развијена у Електротехничком институту "Никола Тесла", показана је и потврђена предност примене једновремене методе у области примарне метрологије струјних мерних трансформатора

Треће поглавље бави се анализом утицајних величина на мерење грешака струјних мерних трансформатора. Детаљна анализа компонената мерне несигурности показала је да се применом једновремене методе постиже смањење мерне несигурности за скоро ред величине у односу на класично, појединачно еталонирање са две различите мерне апаратуре. Анализа утицајних величина на мерну несигурност показала је да се применом једновремене методе елиминише низ компоненти од којих су најзначајније утицај неједнакости референтних струја и испитног оптерећења.

Четврто поглавље представља закључак истраживања, као сублимацију постигнутих резултата истраживања и доприноса дисертације.

На крају дисертације је дат списак коришћене литературе, који садржи 123 референце. Поред тога, приказан је преглед слика и табела, индекс коришћених ознака и скраћеница.

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

Рад у истакнутом међународном часопису (M21):

1. Dragan Pejić, **Dragana Naumovic-Vukovic**, Bojan Vujicic, Aleksandar Radonjic, Platon Sovilj, Vladimir Vujicic, "Stochastic digital DFT processor and its application to measurement of reactive power and energy" Measurement, Volume 124, pp 494-504, DOI 10.1016/j.measurement.2018.04.004, accepted for publication on April 2018.
2. B. Djokić, H. Parks, N. Wise, **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, A. Žigić and V. Polužanski, "A Comparison of Two Current Transformer Calibration Systems at NRC Canada," IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, Vol. 66, Issue 6, pp. 1628-1635, 2017.

Рад у часопису националног значаја (M52)

3. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, S. Milosavljević, „Problemi u primeni strujnih transformatora malih naznačenih snaga“, Elektroprivreda, br. 2, str. 162-167, Beograd, 2010., UDK 621.314.224, ISSN 0013-5755
4. S. Škundrić, R. Dereta, **D. Naumović-Vuković**, „Interkomparacija strujnih etalontransformatora“, „Elektroprivreda“ br. 3, str. 25-31, Beograd, 2005 (ISSN 0013-5755=Elektroprivreda COBISS.SR-ID 32023)

Монографија националног значаја (M42)

5. S. Škundrić, D. Kovačević, **D. Naumović Vuković**, S. Milosavljević: „*Primena strujnog komparatora za ispitivanje tačnosti etalona i transformatora u mernim grupama*“, Poglavlje u monografiji „Elektroenergetski sistemi – Eksploatacija, upravljanje, ispitivanje, merenje“, Institut Nikola Tesla, Beograd, 2006. str 185.-207., (ISBN 86-83349-06-3, ISBN 978-86-83349-06-7, COBISS.RS – ID136938252185-207)
6. **D. Naumović-Vuković**, S.Škundrić, „Etaloniranje merne aparature za ispitivanje tačnosti mernih transformatora“, Zbornik radova Elektrotehničk instituta „Nikola Tesla“, vol. 18, str. 59-67, Beograd, 2007. (ISSN 0350-8528, COBISS.SR – ID149735943)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

7. **D. Naumovic-Vukovic**, S. Skundric, A. Zigic, "Three channels device for current transformer accuracy testing", Proc. International Symposium on Power Electronics (Ee), 2017, DOI: 10.1109/PEE.2017.8171697, October 2017.
8. Djokić, H. Parks, N. Wise, **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, A. Žigić and V. Polužanski, "A Comparison of Two Current Transformer Calibration Systems at NRC Canada," CPEM 2016 Conf. Digest, July 2016.
9. **D. Naumovic-Vukovic**, S. Skundric, D. Kovacevic, S. Milosavljevic, Calibration of High Accuracy Class Standard Current Transformers, XIX IMEKO World Congress, Fundamental and Applied Metrology, September 6-11, Lisbon, Portugal, 2009.
10. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, D. Kovačević, S. Milosavljević, *On Site Accuracy Testing of Instrument Transformers*, The Third International Symposium on High Voltage and High Power Tests, Measurements and Certification of Electrical Power Equipment, Baile Olanesti,

Romania, November, 2007

11. S. Škundrić, D. Kovačević, **D. Naumović-Vuković**, S. Milosavljević, *Ispitivanje tačnosti etalon strujnih transformatora*, Info-Teh, Jahorina, 2006, D10, pp. 262-264
12. S.Škundrić, D.Kovačević, **D.Naumović-Vuković**, *The Role and Importance of software application in instrument transformers accuracy testing*, XVIII World Congress, Rio de Janeiro, TC-4, pp. 118-121,2006.
13. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, D. Kovačević, Etaloniranje strujnog transformatora sa elektronskom kompenzacijom greške, Info-Teh, Jahorina, mart 2007.
14. S. Škundrić, **D. Naumović-Vuković**, D. Kovačević: „Ispitivanje tačnosti mernih transformatora na terenu“, Međunarodni simpozijum INFO-TEH, Jahorina, mart 2007.
15. S. Škundrić, **D. Naumović-Vuković**, A. Nikolić, D. Kovačević, *Metrological, supervision of electricity meters in substations up to 35 kV*, 9<sup>th</sup> International Conference – Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona, October 2007.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

16. S. Škundrić, **D. Naumović-Vuković**, D. Kovačević: „Ispitivanje tačnosti mernih transformatora na terenu“, Međunarodni simpozijum INFO-TEH, Jahorina, mart 2007.
17. S. Škundrić, **D. Naumović-Vuković**, A. Nikolić, D. Kovačević, *Metrological, supervision of electricity meters in substations up to 35 kV*, 9<sup>th</sup> International Conference – Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona, October 2007.
18. S. Škundrić, **D. Naumović-Vuković**, D. Kovačević, „Uloga i važnost mernih transformatora u merenju električnih veličina“, Međunarodno regionalno savetovanje o distributivnim mrežama, Herceg Novi, oktobar 2004.
19. S. Škundrić, **D. Naumović-Vuković**, R. Dereta, A. Popović, „Merna nesigurnost etalona odnos naizmjeničnih struja Zavoda za mere i dragocene metale“, Zbornik radova, Šesti kongres metrologa Srbije i Crne Gore, str. 139-145, Beograd, maj 2005 (ISBN 86-7518-050-0 (GF))
20. S. Škundrić, R. Dereta, **D. Naumović-Vuković**, „Interkomparacija strujnih etalon transformatora“, Zbornik radova, 27. savetovanje JUKO CIGRE, Zlatibor, maj 2005 (izašao i u časopisu „Elektroprivreda“)
21. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, R. Dereta, Merna nesigurnost etaloniranja strujnih mernih transformatora u Laboratoriji Elektrotehničkog instituta „Nikola Tesla“, Kongres Metrologa, septembar 2007.
22. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, A. Nikolić, *Ispitivanje tačnosti mernih grupa u elektroenergetskim postrojenjima*, 28. Savetovanje JUKO CIGRE, Vrnjačka Banja, oktobar 2007.
23. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, S. Milosavljević, „Uticaj sekundarnog opterećenja na tačnost strujnih mernih transformatora“, Zbornik radova sa VI Simpozijuma o elektrodistributivnim mrežama Srbije i Crne Gore sa regionalnim učešćem, R.1.2. str. 1-6, ISBN 978-86-83171-14-9, Oktobar, 2008.
24. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, L. Nikolić, „Merenje gubitaka snage kratkog spoja transformatora u postrojenju“, XXIX Savetovanje CIGRE SRBIJA, Zlatibor, 3. maj-06. jun, 2009.
25. **D. Naumović-Vuković**, Aleksandar Pavlović, S. Škundrić, Vojin Kostić, „Etaloniranje merila za merenje gustine naizmjeničnog magnetskog polja“, XXIX Savetovanje CIGRE SRBIJA, Zlatibor, 3. maj-06. jun, 2009., rad objavljen u časopisu Elektroprivreda, br. 3, str. 97-102, Beograd, 2009.
26. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, S. Milosavljević, „Mogućnosti metrološkog nadzora obračunskih mernih mesta u elektrodistributivnim mrežama“, VII CIRED, Vrnjačka Banja, 26.09.2010.-01.11.2010., R-5.17
27. **D. Naumović-Vuković**, S. Škundrić, Lj. Nikolić, I. Krstić, D. Belonić, P. Nikolić, " Ispitivanje tačnosti generatorskih strujnih mernih transformatora nazivne primarne struje 8000A", Zbornik radova XXXI Savetovanje CIGRE SRBIJA, RA302, str. 1-8, 2013.
28. R. Dereta, **D. Naumović-Vuković**, N. Vučijak, S. Škundrić, T. Stojković, M. Gajić, T. Cincar-Vujović, "Etaloniranje naponskih i strujnih mernih transformatora - Međulaboratorijsko poređenje PT-E-MT-4-2012", Zbornik radova sa Kongresa metrologa 2013, Borsko jezero, Oktobar 2013.

29. **D. Naumović-Vuković**, I. Krstić, A. Žigić, S. Škundrić, "Uticaj merne nesigurnosti pri oceni usaglašenosti strujnih mernih transformatora sa zahtevima standarda", Zbornik radova XXXI Savetovanje CIGRE SRBIJA, RA306, str. 1-8, 2015.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Практичан допринос дисертације се огледа у неоспоривом унапређењу поступка еталонирања струјних мерних трансформатора као и техничких могућности метролошког система Србије. Валидацијом методе како у Лабораторији за испитивање и еталонирање Електротехничког института "Никола Тесла" у Београду, тако и кроз интеркомпарацију два мерна система високе класе тачности националног метролошког института Канаде (NRC), од којих је једна развијена у Електротехничком институту "Никола Тесла", показана је и потврђена предност примене једновремене методе у области примарне метрологије струјних мерних трансформатора.

Показано је да се једновремено еталонирање са две мерне апаратуре које се заснивају на различитим мерним методама може применити и за еталонирање како еталон струјних трансформатора високих класа тачности тако и мерних апаратура за испитивање тачности струјних мерних трансформатора, ако и у сврху интеркомпарације еталонирања струјних мерних трансформатора.

Анализом утицајних величина и проценом мерне несигурности показано је да наведена једновремена метода значајно побољшава (смањује) мерну несигурност еталонирања струјних мерних трансформатора, што је још један допринос ове дисертације.

Поред практичног, дисертација има и теоретски допринос, јер су обрађене различите мерне методе испитивања тачности струјних мерних трансформатора, приказане су њихове предности и мане и начини реализације, а све поткрепљено веома обимном литературом.

Колико је Комисији познато, овако конципирано истраживање до сада није спроведено. Нови приступ испитивању тачности, односно еталонирању струјних мерних трансформатора има низ предности у односу на класичне, до сада примењиване начине еталонирања, од којих је можда најистакнутија примена у примарној метрологији струјних мерних трансформатора.

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

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Тумачење добијених резултата је јасно и прегледно. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима мерења, добијеним из сопствених експерименталних истраживања. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз навођење претходних истраживачких резултата из ове области.

**Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate*.**

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
**Дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме**
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
**Дисертација садржи све битне елементе.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Једновремена упоредна метода еталонирања струјних мерних трансформатора са две различите мерне апаратуре, приказана у овој докторској дисертацији, представља један нови приступ еталонирању струјних мерних трансформатора који отвара нове метролошке могућности и предности. Применом ове методе могуће је једновремено еталонирање једног струјног мерног трансформатора са два (три, а можда и више) различита мерна система. У раду је метода "једновременог упоредног еталонирања" детаљно теоријски обрађена и још детаљније експериментално проверавана у дужем временском периоду са више различитих мерних система.

Спроведена истраживања и експериментални резултати показују и потврђују низ предности и доприноса оваквог начина еталонирања. Једновремена упоредна метода доприноси подизању тачности еталонирања струјних мерних трансформатора, што омогућава боље и јасније дефинисање њихових најзначајнијих карактеристика, амплитудне и фазне грешке и у складу са тим њихову практичну примену.

Еталонирање апаратура за испитивање тачности струјних мерних трансформатора у пракси није лако реализовати. Једновременом упоредном методом релативно једноставно се превазилази проблем потребе за скупим, и често само врхунским метролошким лабораторијама доступним мерним уређајима за еталонирање апаратура и уређаја за испитивање тачности струјних мерних трансформатора, што је још један допринос ове дисертације.

Интеркомпарацијом два мерна система високе класе тачности Националног метролошког института Канаде (NRC), од којих је једна развијена у Електротехничком институту "Никола Тесла", показана је предност и допринос једновремене упоредне методе у области примарне метрологије трансформације наизменичних струја.

Спроведена анализа показала је такође да се применом једновремене упоредне методе постиже значајно побољшање мерне несигурности еталонирања, за скоро ред величине у односу на класично, појединачно еталонирање са две различите мерне апаратуре. Анализа утицајних величина на мерну несигурност показује да се по овој новој методи еталонирања елиминише низ компоненти од којих су најзначајније утицај неједнакости референтних струја и испитног оптерећења.

Смањење мерне несигурности код еталонирања струјних мерних трансформатора вишеструко је значајно. Овакав приступ прорачуна мерне несигурности значајно доприноси еталонирању струјних мерних трансформатора, посебно оних високих класа тачности, што је од посебне важности у примарној метрологији трансформације наизменичних струја. У ланцу метролошке следивости на сваком нивоу метролошке хијерархије смањење мерне несигурности има не само техничко, већ и економско оправдање.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

У дисертацији нису уочени значајни недостаци који би утицали на резултат истраживања.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се извештај о оцени докторске дисертације кандидата <b>Драгане Наумовић Вуковић</b> под називом <b>„Прилог савременом еталонирању струјних мерних трансформатора“</b> прихвати, а кандидату одобри одбрана тезе

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 07.05.2018. године

\_\_\_\_\_  
Др Платон Совиљ, ванредни професор, председник

\_\_\_\_\_  
Др Драган Ковачевић, научни саветник, члан

\_\_\_\_\_  
Др Драган Пејић, доцент, члан

\_\_\_\_\_  
Др Борис Антић, доцент, члан

\_\_\_\_\_  
Др Зоран Митровић, редовни професор, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.