

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА: ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА НОВИ САД

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"> 1. Датум и орган који је именовao комисију: Решењем бр. 012-72/32-09 од 01. 02. 2018. године, на основу предлога матичне катедре, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан факултета именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације. 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: <ol style="list-style-type: none"> 1. др Платон Совиљ, ванредни професор, ужа научна област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 13. 09. 2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад 2. др Драган Ковачевић, научни саветник, Електротехнички институт Никола Тесла, Београд, Енергетика, рударство и енергетска ефикасност, изабран у звање: 29.05.2013. године, Електротехнички институт Никола Тесла, Београд 3. др Зоран Митровић, редовни професор, ужа научна област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 11. 03. 2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад 4. др Зоран Јеличић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Аутоматика и управљање системима, изабран у звање 20. 06. 2013. године, Факултет техничких наука, Нови Сад 5. др Драган Пејић, доцент, ужа научна област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 07. 10. 2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Марјан (Марјан) Урекар 2. Датум рођења, општина, држава: 7.4.1975, Нови Сад, Република Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: --- 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: --- 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Факултет техничких наука у Новом Саду, „Пројектовање, реализација и испитивање стохастичког еталонског бројила“, Мерна техника, 13.3.2009.

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

Електротехника и рачунарство, Мерна техника

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

ПРИЛОГ ОПТИМИЗАЦИЈИ ПЕРФОРМАНСИ ДИГИТАЛНИХ МЕРЕЊА

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Научни приказ истраживања за реализацију постављених циљева дисертације, кандидат је презентовао на 160 страна.
Дисертација садржи 12 поглавља, 86 слика, 15 табела, 52 референце и 8 прилога.

Дисертација је организована на следећи начин:

1. УВОД
2. СТАЊЕ ТЕХНИКЕ
- 2.1. *EMBEDDED* СИСТЕМИ
- 2.2. ПОСТОЈЕЋА РЕШЕЊА ЗАСНОВАНА НА СДММ
- 2.3. МЕРЕЊА У ЕЛЕКТРОДИСТРИБУТИВНОЈ “ПАМЕТНОЈ” МРЕЖИ
- 2.4. ПРИМЕР *STATE-OF-THE-ART* А/Д КОНВЕРТОРА
- 2.5. ПРИМЕР *STATE-OF-THE-ART* ИНТЕГРИСАНОГ МЕРИЛА ЕНЕРГИЈЕ
3. ПОСТАВКА ПРОБЛЕМА (ХИПОТЕЗА)
4. ТЕОРИЈСКА АНАЛИЗА ПРОБЛЕМА
- 4.1. ТАЧНОСТ И ПРЕЦИЗНОСТ
- 4.2. СДММ И 2-БИТНА ВЕРЗИЈА СФАДЦ
- 4.3. 2-БИТНИ СМИ И СДЕЕМ
- 4.4. РАЗМАТРАЊЕ ПРОБЛЕМА УНАПРЕЂЕЊА
5. ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА
- 5.1. ВИШЕБИТНИ СФАДЦ
- 5.2. ВИШЕБИТНИ СМИ
- 5.3. МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ МЕТОДЕ ПОТИСКИВАЊА ОФСЕТА МЕТОДОМ ПУП
- 5.4. ПРЕДЛОГ ХАРДВЕРСКОГ РЕШЕЊА
- 5.5. ОБЈАШЊЕЊЕ ПРЕДЛОГА
- 5.6. ПОТВРДА ХИПОТЕЗЕ
6. СОФТВЕРСКЕ СИМУЛАЦИЈЕ
- 6.1. РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈА
7. РАЗВОЈ ХАРДВЕРСКОГ ПРОТОТИПА
- 7.1. РАЗМАТРАЊЕ ОГРАНИЧЕЊА У ДИЗАЈНУ
- 7.2. ДИЗАЈН ПРОТОТИПА
- 7.2.1. АНАЛОГНИ ДЕО
- 7.2.2. ДИГИТАЛНИ ДЕО
- 7.2.3. ДЕО ЗА НАПАЈАЊЕ АНАЛОГНОГ ДЕЛА
- 7.2.4. ДЕО ЗА НАПАЈАЊЕ ДИГИТАЛНОГ ДЕЛА
- 7.2.5. *USB-TO-UART BRIDGE* МОДУЛ ЗА КОМУНИКАЦИЈУ
- 7.3. ИЗГЛЕД ПРОТОТИПА 4-БИТНОГ СМИ
- 7.4. СОФТВЕРСКА АПЛИКАЦИЈА ЗА ОБРАДУ ПОДАКА
- 7.5. ЛИСТА КОМПОНЕНТИ (*BILL OF MATERIALS*)
8. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА
- 8.1. ДЕБАГОВАЊЕ
- 8.1.1. КОМПЕНЗАЦИОНА ФУНКЦИЈА
- 8.1.2. ФПГА
- 8.2. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА
- 8.2.1. МЕРЕЊЕ АЦ НАПОНА
- 8.2.2. МЕРЕЊЕ ДЦ НАПОНА
9. ДИСКУСИЈА
10. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

11. ЛИТЕРАТУРА
12. ПРИЛОЗИ

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У уводу, као првом поглављу, се наводе циљеви докторске дисертације и мотивација. Формулише се проблем који се истражује.

У другом поглављу дато је стање технике. Описани су актуелни приступи дигиталним мерењима: ембедед системи, стохастичка дигитална мерна метода (СДММ) мерења на интервалу, мерења у паметној мрежи, пример врхунског А/Д конвертора, његова архитектура и начин рада, затим и пример врхунског дигиталног бројила електричне енергије, његова архитектура и начин рада.

У трећем поглављу дата је поставка проблема и формулисана хипотеза да постоји оптимум броја бита резолуције стохастичког флеш А/Д конвертора (СФАДЦ), за који по цени дуплирања хардвера за сваки додатни бит резолуције добијамо највећу прецизност уз најмањи број извора систематске грешке мерења.

У четвртм поглављу дата је теоријска анализа постављеног проблема оптимизације перформанси дигиталних мерења СДММ методом. Описани су термини тачности и прецизности, описан је математички модел постојећег двобитног СФАДЦ као основа СДММ. Затим је описан двобитни стохастички мерни инструмент (СМИ) и стохастичко дигитално бројило активне енергије (СДЕЕМ). Дат је њихов математички модел, наведене су постојеће предности и мане овог решења и размотрен је проблем њиховог унапређења.

У петом поглављу описан је предлог решења проблема оптимизације перформанси дигиталних мерења СДММ методом путем употребе вишебитних СФАДЦ. Развијен је екстензиван математички модел општег случаја вишебитног СФАДЦ којим се описују сви аспекти рада, као и услови и могућности пројектовања СФАДЦ на основу задатих ограничења и жељених перформанси. Потом је описан општи математички модел вишебитног СМИ на примеру СДЕЕМ, који је од посебног значаја за мерења квалитета (напона, струје, снаге и енергије) у електроенергетском систему и паметним мрежама. Дат је преглед свих формула за израчунавање параметара СМИ, као и преглед времена мерења потребног са постизање жељене прецизности у зависности од броја бита резолуције. Затим је описан математички модел методе за елиминацију напонског офсета у компараторима који су део СФАДЦ, при чему су ови офсети главни извор грешке која утиче на тачност мерења. Предложено је хардверско решење оптималног СМИ. Дато је објашњење предлога и формулисана функција оптимума којом је оцењен оптимум између улагања у хардвер СМИ и добитка у смислу прецизности мерења. Детаљном анализом више аспеката оптималности, дата је и потврда хипотезе да постоји оптимум броја бита резолуције, за који је утврђено да износи 3 бита. Повучена је и занимљива паралела са Муровим законом, чиме је додатно потврђена исправност резоновања којим је установљен оптимум функције.

У шестом поглављу дати су резултати софтверских симулација у програму ДЕЛПХИ. Симулиран је утицај офсета на тачност мерења и ефикасност методе периодичног унакрсног преклапања (ПУП) којом се сузбија негативни ефекат офсета на рад СФАДЦ. Дато је више примера где се види изражен утицај офсета на погоршање перформанси СФАДЦ и успешност ПУП методе. Овим симулацијама је потврђена исправност математичког модела и омогућен даљи развој хардверског прототипа вишебитног СМИ.

У седмом поглављу описан је развој хардверског прототипа вишебитног СМИ. Поглавље почиње са детаљним разматрањем великог броја утицајних величина, ограничавајућих фактора, очекиваних перформанси, неминовних компромиса и разних других реалних параметара који су морали бити узети у обзир прилоком развоја уређаја. Одабрана је четворобитна верзија СМИ за развој хардверског прототипа. Затим је описан дизајн прототипа, аналогни и дигитални део са детаљима, шемама и карактеристикама свих коришћених компоненти, напајања за оба дела и описана функционалност свих делова уређаја. Детаљно је анализиран употребљени ФПГА и модификације у процедури калибрације Д/А конвертора за генерисање сигнала дитера. Дат је комуникациони модул за повезивање са рачунаром и изглед прототипа. Описана је софтверска апликација за обраду података са примером садржаја фајла који се генерише. Дат је и списак свих употребљених компоненти.

У осмом поглављу су дати резултати мерења. Описано је шест могућих мерних конфигурација четворобитног СМИ и дате су шеме за еталонирање. Дат је детаљан опис дебаговања прототипа. Описана је појава компензационе функције (КФ), која не постоји код двобитног уређаја и овде је први пут уочена. КФ представља резултат за сада непознатог процеса који утиче на грешку мерења. Урађен је велики број мерења како би се квантификовао овај ефекат и добила детаљна КФ у великом броју тачака. Пошто су мерења рађена на целом улазном напонском опсегу, са кораком од 10 милivolти, добијена је велика поновљивост резултата што омогућава прецизну интерполацију сваке измерене вредности. Описани су и многобројни проблеми са ФПГА контролером који су се појавили у пракси, као и како су отклоњени. Детаљно је описан проблем појаве напонских пикова у линији дигиталне масе ФПГА и како ова појава утиче на грешку мерења. Затим је дата статистичка обрада добијених резултата мерења наизменичног напона, презентована у облику графика који показују постигнуте вредности прецизности у зависности од дужине интервала мерења. Постигнути резултати се добро слажу са израчунатим према математичком моделу и са софтверским симулацијама.

У деветом поглављу су дискутоване постигнуте перформансе четворобитног СМИ са СФАДЦ. Дат је упоредни преглед грешке мерења у функцији од дужине периода мерења за све вредности броја бита резолуције до 10 бита. Исто је дато и за прецизност мерења вишебитним СМИ. Представљени су сви налази до којих се дошло током испитивања прототипа четворобитног СМИ. Установљене су неке до сада непознате чињенице и ефекти који нису уочени на постојећем двобитном прототипу. Уочени су и неки нови проблеми за које тренутно не постоји објашњење, као што је постојање КФ, као и различити КФ за наизменични и једносмерни напон. Предложено је и решење проблема мерења малих вредности на доњем делу улазног опсега напона.

У десетом поглављу дат је закључак да је потврђена хипотеза да постоји оптимални број бита резолуције који даје најбољи однос између улагања у хардвер и добијених перформанси (прецизности), и да он износи управо три бита. Хардверски прототип четворобитног СМИ је потврдио перформансе које дају математички модел и софтверске симулације, измерене вредности показују убрзање технологије и побољшање прецизности у односу на двобитни и тробитни СМИ, али је и потврдио нагли скок у количини хардвера који је потребан и појаву нових извора систематске грешке, чиме је додатно потврђена тврдња о оптималности тробитног СМИ, који је предложен као основа за даља истраживања и развој стохастичких дигиталних мерних инструмената.

Попис литературе, по редоследу навођења, дат је у једанаестом поглављу.

На самом крају докторске дисертације, у поглављу број дванаест, издвојени су прилози, да не би додатно оптерећивали поглавља рада.

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 врхунском међународном часопису (M21):

1. Urekar M., Pejić D., Vujičić V., Avramov-Zamurović S.: Accuracy improvement of the stochastic digital electrical energy meter, Measurement, 2017, Vol. 98, pp. 139-150, ISSN 0263-2241

Рад у часопису међународног значаја (M22):

1. Sovilj P., Milovanović M., Pejić D., Urekar M., Mitrović Z.: Influence of Wilbraham-Gibbs Phenomenon on Digital Stochastic Measurement of EEG Signal over an Interval, Measurement Science Review, 2014, Vol. 14, No 5, pp. 270-278, ISSN 1335-8871

2. Urekar M., Sovilj P.: EEG dynamic noise floor measurement with stochastic flash A/D converter, Biomedical Signal Processing and Control, 2017, Vol. 38, pp. 337-345, ISSN 1746-8094

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24):

1. Urekar M., Bulat M., Vujičić B., Pejić D.: Composite Resistor Standard for Calibration of Measuring Transducers in Laboratory Conditions, Serbian Journal of Electrical Engineering, 2016, Vol. 12, No 1, pp. 71-82, ISSN 1451-4869, UDK: 621.314.26:53.088
2. Urekar M., Gazivoda N.: The Transfer Voltage Standard for Calibration Outside of a Laboratory, Serbian Journal of Electrical Engineering, 2017, Vol. 14, No 1, pp. 99-111, ISSN 1451-4869, UDK: 621.3:616.83

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. Pejić D., Urekar M., Vujičić V., Avramov-Zamurović S.: Comparator offset error suppression in stochastic converters used in a Watt-Hour Meter, 1. Conference on Precision Electromagnetic Measurements – CPEM 2010, Daejeon, 13-18 Jun, 2010, pp. 235-236, ISBN 978-1-4244-6794-5
2. Sovilj P., Vujičić V., Pjevalica N., Pejić D., Urekar M., Župunski I.: Influence of signal stationarity on digital stochastic measurement implementation, 9. INDEL, Banja Luka: Elektrotehnički fakultet Banja Luka, 1-3 Novembar, 2012, pp. 120-123, ISBN 978-99955-46-14-4
3. Ličina B., Sovilj P., Pejić D., Vujičić B., Urekar M., Vujičić V.: Theory of Digital Stochastic Measurement of Definite Integral Product of Two or More Signals Using Two-Bit Ad Converters, 2. International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Srebarno jezero, 8-11 Jun, 2015, ISBN 978-86-80509-71-6
4. Sovilj P., Pejić D., Bojan V., Urekar M., Gazivoda N.: Metoda stohastičkog merenja parametara Gausovog šuma dvobitnim fleš A/D konvertorom, 13. Infoteh-Jahorina, Jahorina, 18-20 Mart, 2015, pp. 71-75, ISBN 978-99955-763-6-3
5. Urekar M., Radonjić A., Vujičić V.: A Generalized Approach to Stochastic Measurement of Power Grid Frequency, 18. International Symposium on Power Electronics – Ee, Novi Sad: Power Electronics Society, Novi Sad, 28-30 Oktobar, 2015
6. Urekar M., Sovilj P.: EEG NOISE FLOOR MEASUREMENT USING STOCHASTIC A/D CONVERTER, 3. International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Zlatibor: ETRAN Society, 13-16 Jun, 2016, pp. 1-4, ISBN 978-86- 7466-618-0
7. Pejić D., Urekar M., Bulat M., Gazivoda N.: RANDOMIZING OF PSEUDORANDOM NOISE SOURCE, 3. International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Zlatibor: ETRAN Society, 13-16 Jun, 2016, pp. 1-3, ISBN 978-86- 7466-618-0
8. Urekar M., Vujičić V.: Optimal Resolution of a Flash ADC for the High Precision Electrical Energy Stochastic Digital Measurement Method, 17. IEEE International Conference on Smart Technologies IEEE EUROCON, Ohrid: IEEE EUROCON, 5-8 Jul, 2017

Рад у научном часопису (M53):

1. Sovilj P., Vujičić V., Pjevalica N., Pejić D., Urekar M., Župunski I.: Influence of signal stationarity on digital stochastic measurement implementation, Electronics, 2013, Vol. 17, No 1, pp. 45-53, ISSN 1450-5843, UDK: 621.38

Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M61):

1. Urekar M., Gazivoda N., Đorđević-Kozarov J., Bulat M., Sovilj P.: Precizni kompozitni ommetar za merenje industrijskih strujnih šantova na $m\Omega$ opsegu, 2. Merno-informacione tehnologije MIT, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 8-9 Decembar, 2017, ISBN 978-86-6022-019-8

Саопштење са националног скупа штампано у целини (M63):

1. Pejić D., Sovilj P., Urekar M., Vujičić V., Župunski Lj.: Uticaj zajedničkog napona na merenje biomedicinskog P300 potencijala, 56. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Zlatibor: Društvo za ETRAN, Beograd, 11-14 Jun, 2012, pp. 1-4, ISBN 978-86-80509-67-9
2. Sovilj P., Junuzović N., Pejić D., Urekar M., Mitrović Z.: Identifikacija standarda za projektovanje i razvoj EEG mernih uređaja, 12. Kongres metrologa, Bor: Društvo metrologa Srbije, 16-18 Oktobar, 2013, ISBN 978-86-7287-040-4
3. Mitrović Z., Urekar M., Gazivoda N., Vujičić B., Župunski I.: Validacija temperaturnog kupatila za etaloniranje termometara, 12. Kongres metrologa, Bor: Društvo metrologa Srbije, 16-18 Oktobar, 2013, ISBN 978-86-7287-040-4
4. Bulat M., Urekar M., Pejić D.: Klastering Rajaraman i Wong Algoritamom, 59. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Srebrno jezero: Društvo za ETRAN, 8-11 Jun, 2015
5. Urekar M., Bulat M., Vujičić B., Pejić D.: Kompozitni etalonski otpornik za etaloniranje mernih pretvarača u laboratorijskim uslovima, 59. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Srebrno jezero: Društvo za ETRAN, 8-11 Jun, 2015
6. Urekar M., Bulat M., Gazivoda N.: Kritični AC parametri topljivih osigurača u kolima DC struje pri laboratorijskom ispitivanju, 59. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Srebrno jezero: Društvo za ETRAN, 8-11 Jun, 2015
7. Bulat M., Urekar M., Pejić D.: Snimanje dinamičke petlje histerezisa osciloskopom, 59. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Srebrno jezero: Društvo za ETRAN, 8-11 Jun, 2015
8. Milovanović M., Sovilj P., Pjevalica N., Pejić D., Urekar M.: Stohastički EEG i Vilbraham-Gibsov efekat, 59. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Srebrno jezero: Društvo za ETRAN, 8-11 Jun, 2015, ISBN 978-86-80509-71-6
9. Urekar M., Bulat M., Gazivoda N., Mitrović Z., Mitrović J.: Estimacija performansi referentnog naponskog izvora za kalibraciju 3 1/2 cifarskih digitalnih multimetara van laboratorije, 15. Kongres metrologa Srbije, Zlatibor: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 12-15 Oktobar, 2015, pp. 1-9, ISBN 978-86-7518-182-8
10. Sovilj P., Pejić D., Urekar M., Gazivoda N., Vujičić B.: Metrološka verifikacija 2-bitnog stohastičkog instrumenta za merenja snage Gausovog šuma, 15. Kongres metrologa Srbije, Zlatibor, 12-15 Oktobar, 2015, ISBN 978-86-7518-182-8
11. Urekar M.: Estimacija performansi referentnog naponskog izvora za kalibraciju 3 1/2 cifarskih digitalnih multimetara van laboratorije, 15. Kongres metrologa Srbije, Zlatibor, 12-15 Oktobar, 2015, ISBN 978-86-7518-182-8
12. Urekar M., Bulat M., Gazivoda N.: ETALON ZA PRENOS I KALIBRACIJU NAPONA U USLOVIMA RADA VAN LABORATORIJE, 60. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Zlatibor: Društvo za ETRAN, 13-15 Jun, 2016, pp. 1-6, ISBN 978-86-7466-618-0
13. Bulat M., Urekar M., Pejić D.: UTICAJ SISTEMATSKE GRESKE NA REZULTAT MERENJA, 60. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Zlatibor: Društvo za ETRAN, 13-15 Jun, 2016, pp. 1-5, ISBN 978-86-7466-618-0
14. Sovilj P., Jaroslaw M., Mitrović Z., Pejić D., Antić B., Urekar M.: Informacione tehnologije u studijskom programu Merenje i regulacija (Information Technologies in the Study Programme Measurement and Control Engineering), 23. TREND - Trendovi razvoja, Zlatibor: FTN, 22-24 Februar, 2017, pp. 126-129, ISBN 978-86-7892-904-5
15. Novaković Đ., Sovilj P., Pejić D., Urekar M., Gazivoda N.: MERENJE U KONCEPTU INTERNET OF THINGS I HEXIWEAR MULTISENZORSKA PLATFORMA, 4. International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETAN, Kladovo: ETRAN, 5-8 Jun, 2017, pp. 1-4
16. Urekar M., Novaković Đ., Vujičić B., Sovilj P., Bulat M.: Kompozitni milijometar za merenje preciznih strujnih šantova u industrijskim uslovima, 61. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Kladovo: Društvo za ETRAN, 5-8 Jun,

2017, pp. 1-5, ISBN 978-86-7466-692-0

17. Vujičić B., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z.: Merenje slabih sinusoidalnih signala i granica detekcije AC nule, 61. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Kladovo: Društvo za ETRAN, 5-8 Jun, 2017, pp. 1-6, ISBN 978-86-7466-692-0

18. Mirković S., Pejić D., Urekar M., Vujičić B., Novaković Đ.: Unapređenje postojeće metode asinhronog uzorkovanja pri određivanju RMS vrednosti, 61. ETRAN - Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, Kladovo: Društvo za ETRAN, 5-8 Jun, 2017, pp. 1-6, ISBN 978-86-7466-692-0

Саопштење са националног скупа штампано у изводу (M64):

1. Urekar M.: DIGITALNO STOHAŠTIČKO MERENJE POMOĆU BRZIH FLASH A/D KONVERTORA VISOKE TAČNOSTI I MOGUĆNOSTI PRIMENE U MERENJIMA ELEKTROFIZIOLOŠKIH SIGNALA, 1. Elektrotehnika u medicini, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 18-20 Mart, 2010

2. Urekar M., Čalasan B., Župunski Lj., Trobok M.: Laboratorijski praktikum iz merenja elektrofizioloških signala, 1. Elektrotehnika u medicini, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 18-20 Mart, 2010

3. Obradović A., Urekar M.: RAZVOJ SISTEMA ZA AUTOMATIZACIJU EKSTERNOG TESTIRANJA POVRŠINSKIH KALEMOVA MRI UREĐAJA, 1. Elektrotehnika u medicini, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 18-20 Mart, 2010

4. Vulin M., Milakara M., Urekar M.: RAZVOJ DIGITALNOG ELEKTROKARDIOGRAFA KAO EMBEDDED MIKROPROCESORSKOG MERNOG SISTEMA, 1. Elektrotehnika u medicini, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 18-20 Mart, 2010

5. Sovilj P., Pejić D., Ković V., Urekar M., Galić V.: Sistem za akviziciju neuralnih i bihevioralnih mera, 6. InterRegioSci, Novi Sad, 8 Maj, 2013

Нови производ или технологија уведени у производњу – међународни ниво (M81):

1. Vujičić V., Davidović D., Pjevalica N., Pjevalica V., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Vujičić B., Beljić Ž.: Četvorostruki trofazni analizator snage sa funkcijama merenja kvaliteta električne energije – tipska oznaka MM4, 2012

2. Vujičić V., Davidović D., Pjevalica N., Pjevalica V., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Vujičić B., Beljić Ž.: Dvostruki trofazni analizator snage sa funkcijama merenja kvaliteta električne energije – tipska oznaka MM2, 2012

3. Vujičić V., Pejić D., Pjevalica N., Sovilj P., Mitrović Z., Urekar M., Beljić Ž., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić B.: Sistem za merenje, kontrolu i nadzor nad tokovima električne snage i energije u DTS kV/0,4kV, 2014

Нова производна линија, нови материјал, индустријски протоип (M82):

1. Pjevalica N., Pjevalica V., Pejić D., Župunski I., Vujičić V., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Vujičić B.: Industrijski prototip - moduo sa 20 paralelnih dvobitnih FADC na jednoj štampanoj ploči, 2012

2. Vujičić V., Davidović D., Pjevalica N., Pjevalica V., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Vujičić B.: Industrijski prototip dvostrukog trofaznog analizatora snage sa funkcijama merenja kvaliteta električne energije - tipska oznaka MM2, 2012

3. Vujičić V., Davidović D., Pjevalica N., Pjevalica V., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Vujičić B.: Industrijski prototip četvorostrukog trofaznog analizatora snage sa funkcijama merenja kvaliteta električne energije – tipska oznaka MM4, 2012

4. Vujičić V., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Sovilj P., Pjevalica N., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Beljić Ž.: Prototip redukovanoг digitalног дела ASIC чипа – tipska oznaka MM2 – IC - V1, 2013

5. Mitrović Z., Vujičić B., Gazivoda N., Pjevalica N., Pejić D., Sovilj P., Urekar M., Pjevalica V.: Prototip trofaznog limitera, 2014

Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент (M85):

1. Pejić D., Urekar M., Vujičić V., Mitrović Z., Župunski I.: Metoda eliminacije ofseta komparatora u flash A/D konvertorima, 2009
2. Mitrović Z., Pejić D., Antić B., Vujičić V., Župunski I., Urekar M., Kovačević D., Naumović-Vuković D.: Metoda eliminacije uticaja drifta mrežne frekvencije na merenje harmonika, 2009
3. Vujičić V., Mitrović Z., Župunski I., Pejić D., Urekar M., Škundrić S.: Metoda ispitivanja linearnog brojila i vatmetra u DC režimu, 2009
4. Pejić D., Urekar M., Župunski I., Milovančev S., Vujičić V., Mitrović Z.: Prototip linearnog brojila i vatmetra, 2009
5. Mitrović Z., Vujičić V., Župunski I., Milovančev S., Pjevalica N., Antić B., Pejić D., Urekar M.: Simulacioni model stohastičkog DFT procesora u pokretnom zarezu, 2009
6. Vujičić V., Mitrović Z., Župunski I., Milovančev S., Antić B., Pejić D., Urekar M., Pjevalica N., Bojković G.: Realizacija simulacionog modela stohastičkog DFT procesora u pokretnom zarezu u programskom okruženju DELPHI, 2009
7. Župunski I., Milovančev S., Pejić D., Mitrović Z., Vujičić V., Urekar M., Pjevalica N., Naumović-Vuković D., Kovačević D.: Metoda ispitivanja etalonskog brojila 18-bitne merne nesigurnosti primenom kalibratora razvijenih na FTN Novi Sad, 2010
8. Milovančev S., Župunski I., Vujičić V., Urekar M., Trobok M., Sovilj P.: Metoda merenja fazne greške linearnog visokonaponskog mernog transformatora, 2011
9. Urekar M., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić V., Sovilj P., Trobok M.: Metoda merenja faktora izobličenja složenoperiodične merene veličine, 2011
10. Župunski I., Pjevalica N., Urekar M., Milovančev S., Vujičić V., Sovilj P.: Metoda merenja reaktivne snage u složenoperiodičnom režimu, 2011
11. Mitrović Z., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Milovančev S., Vujičić V.: Metoda merenja aktivne snage u složenoperiodičnom režimu, 2011
12. Pjevalica N., Vujičić B., Mitrović Z., Župunski I., Urekar M., Milovančev S.: Metoda merenja frekvencije složenoperiodičnog signala, 2011
13. Pejić D., Vujičić B., Pjevalica N., Mitrović Z., Župunski I., Urekar M.: Metoda merenja efektivne vrednosti složenoperiodičnog signala, 2011
14. Vujičić B., Mitrović Z., Beljić Ž., Župunski I., Urekar M., Vujičić V.: Metoda merenja mrežne snage, struje i napona dvobitnim A/D konvertorom, 2013
15. Bajčeta S., Pjevalica V., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Beljić Ž.: Softver za simulaciju digitalnih mernih metoda i mernih sistema promenljive (niske) rezolucije, 2013
16. Vujičić V., Mitrović Z., Milovančev S., Vujičić B., Sovilj P., Pjevalica N., Pejić D., Župunski I., Urekar M., Beljić Ž., Gazivoda N.: Simulacioni model ASIC čipa – tipska oznaka MM2 – IC - V1, 2013
17. Vujičić V., Vujičić B., Pjevalica N., Urekar M., Beljić Ž., Gazivoda N.: Metoda korekcije parametara simulacionog modela MM2 – IC - V1, 2013
18. Vujičić V., Pjevalica N., Župunski I., Urekar M., Beljić Ž., Gazivoda N.: Metoda provere metroloških karakteristika merenja napona pomoću MM2 – IC - V1, 2013
19. Pejić D., Pjevalica N., Urekar M., Milovančev S., Mitrović Z., Sovilj P., Pjevalica V.: Metoda merenja osnovnog harmonika napona u mreži na bazi Furijeovetransformacije, 2013
20. Vujičić B., Milovančev S., Pejić D., Župunski I., Pjevalica N., Urekar M., Sovilj P.: Metoda merenja osnovnog harmonika napona u mreži dvobitnim A/D konvertorom, 2013
21. Urekar M., Pjevalica V., Pjevalica N., Sovilj P., Beljić Ž., Gazivoda N., Bulat M.: Merenje krest faktora u elektrodistributivnoj mreži, 2014
22. Radonjić A., Beljić Ž., Vujičić V., Sovilj P., Gazivoda N., Urekar M.: Metoda merenja osnovnog harmonika u mreži dvobitnim A/D konvertorom u prisustvu Gausovske devijacije frekvencije, 2014
23. Mitrović Z., Vujičić V., Gazivoda N., Pejić D., Urekar M., Pjevalica V., Pjevalica V.: Stohastička metoda merenja napona na visokom naponu, 2015
24. Radonjić A., Urekar M., Vujičić V., Vujičić B., Sovilj P., Pjevalica N.: Metoda određivanja optimalne rezolucije fleš A/D konvertora u stohastičkom merenju frekvencije osnovnog harmonika u mreži, 2015
25. Urekar M., Vujičić V., Sovilj P., Pjevalica N., Mitrović Z., Pejić D., Bulat M.: Sumarno merenje snage i energije korišćenjem MM4, 2015
26. Vujičić B., Beljić Ž., Sovilj P., Mitrović Z., Urekar M.: Metoda detekcije AC nule stohastičkom digitalnom mernom metodom, 2016

26. Vujičić B., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Pejić D., Gazivoda N., Beljić Ž.: Metoda merenja reaktivne snage dvobitnim AD konvertorom, 2016
27. Pejić D., Urekar M., Vujičić B., Sovilj P., Mitrović Z., Beljić Ž., Gazivoda N.: Metoda generisanja diskretnog uniformnog šuma vrlo visoke rezolucije, 2016
28. Vujičić B., Beljić Ž., Pejić D., Sovilj P., Vujičić V., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z., Urekar M.: Metoda merenja snage šuma dvobitnim A/D konvertorom, 2016
29. Vujičić B., Beljić Ž., Vujičić V., Pejić D., Urekar M., Sovilj P., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z.: Simulacioni model metode za merenje ekstremno malih prostoperiodičnih veličina primenom stohastičke adicione A/D konverzije, 2016
30. Vujičić B., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić V., Pejić D., Urekar M., Sovilj P., Mitrović Z., Beljić Ž.: Simulacioni model metode merenja reaktivne snage u realnoj elektrodistributivnoj mreži primenom stohastičke adicione A/D konverzije, 2016
31. Pejić D., Urekar M., Sovilj P., Vujičić V., Mitrović Z., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić B., Beljić Ž.: Simulacioni model metode za generisanje uniformnog šuma, 2016
32. Urekar M., Vujičić B., Vujičić V., Sovilj P., Pejić D., Beljić Ž., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z.: Simulacioni model metode spektralne gustine snage niskofrekventnog šuma primenom stohastičke adicione A/D konverzije, 2016
33. Urekar M., Vujičić B., Novaković Đ., Vujičić V., Pejić D., Sovilj P., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z.: Metoda merenja parametara kapacitivnih razdelnika napona u oblasti visokih frekvencija, 2017
34. Ličina B., Sovilj P., Vujičić B., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić V., Pejić D., Urekar M., Mitrović Z., Novaković Đ.: Metoda merenja energije vetra korišćenjem stohastičke digitalne merene metode, 2017
35. Urekar M., Pejić D., Sovilj P., Vujičić V., Mitrović Z., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić B., Novaković Đ.: Metoda nalaženja optimalne rezolucije stohastičke digitalne merne metode, 2017
36. Đorđević-Kozarov J., Sovilj P., Urekar M., Vujičić B., Vujičić V., Pejić D., Novaković Đ., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z.: Stohastička merna metoda zasnovana na preklapanju mernih intervala, 2017
37. Urekar M., Vujičić B., Novaković Đ., Vujičić V., Pejić D., Sovilj P., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z.: Simulacioni model metode merenja parametara kapacitivnih razdelnika napona u oblasti visokih frekvencija, 2017
38. Ličina B., Sovilj P., Vujičić B., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić V., Pejić D., Urekar M., Mitrović Z., Novaković Đ.: Simulacioni model metode merenja energije vetra korišćenjem stohastičke digitalne merne metode, 2017
39. Urekar M., Pejić D., Sovilj P., Vujičić V., Mitrović Z., Gazivoda N., Radonjić A., Vujičić B., Novaković Đ.: Simulacioni model metode nalaženja optimalne rezolucije stohastičke digitalne merne metode, 2017
40. Đorđević-Kozarov J., Sovilj P., Urekar M., Vujičić B., Vujičić V., Pejić D., Novaković Đ., Gazivoda N., Radonjić A., Mitrović Z.: Simulacioni model stohastičke merne metode zasnovane na preklapanju mernih intervala, 2017

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Циљеви докторске дисертације који су наведени су постигнути.

Докторска теза је резултат истраживања спровођених у оквиру републичког пројекта TR32019 Мерења у концепту „паметне“ дистрибутивне мреже. У раду је постављен проблем методолошког превазилажења контрадикције између што веће тачности и што веће резолуције СФАДЦ у дигиталним мерењима, посебно у примени у СМИ. То је проблем налажења оптималне резолуције СФАДЦ примењеног у СДЕЕМ. Он је решен теоријски и потврђен симулационо и експериментално. До сада необрађивани критеријум оптимизације је изражен као најбољи могући однос између прецизности мерења и хардверске сложености (броја битова резолуције). Дат је приказ математичког модела стохастичке дигиталне мерне методе мерења на интервалу, који је уопштен и проширен на случај вишебитног СФАДЦ. Представљена је анализа оптималног уређаја заснованог на стохастичкој дигиталној мерној методи мерења ефективног (РМС) напона и активне енергије на широком спектру фреквенција, коришћењем стохастичког флеш А/Д конвертора са ниском резолуцијом и мерењем на коначном временском интервалу. Дати су резултати симулација који потврђују исправност математичког модела. Анализом свих релевантних утицајних величина, одређен је оптимум броја бита резолуције СФАДЦ на три бита, код којег се постиже најбољи однос између дуплирања хардвера и цене уређаја за сваки додатни бит резолуције и добити у облику повећања прецизности односно ефективног убрзања технологије (брзине семпловања). Направљен је прототип стохастичког уређаја са четворобитним СФАДЦ, са посебним мерама за елиминисање офсета брзих компаратора. У односу на предвиђања математичког модела и резултате софтверских симулација, мерења на прототипу су дала резултате који се слажу са очекиваним и на нивоу су референтних еталонских карактеристика. За период мерења од 10 секунди постигнута је прецизност од 156 ppm, за 30 с је 76 ppm, за 60 с је 57 ppm, за 120 с је 48 ppm, и за 180 с је 29 ppm. Тачност постигнутих резултата је на нивоу 0.007 %, што је много боље од тачности тренутног националног еталона електричне енергије са 0.2 %. Побољшана тачност и прецизност прототипа СДЕЕМ омогућава његову употребу као еталона. Показано је да се методом периодичне унакрсне замене улаза компаратора (ПУП метода) четворобитног СФАДЦ потискује утицај офсета напонских компаратора, као најкритичније компоненте. Рад показује да је битно да су напонски нивои СФАДЦ тачни и стабилни, као и да њихов квалитет утиче на тачност, док се утицај напонских офсета компаратора у великој мери потискује до нивоа на којем се не може приметити разлика између идеалног случаја без офсета и случаја када је активирана ПУП метода. На овај начин се могу користити брзи компаратори, а да њихов већи напонски офсет не квари резултате мерења. Ово даје могућност рада на већим учестаностима где за исто трајање интервала мерења добијамо мање расипање резултата, односно бољу прецизност. Горња граница грешке СМИ се може израчунати користећи унапред одређене параметре: број бита резолуције, улазни напонски опсег, вредност кванта, број одмерака, најмањи напонски праг и РМС мереног сигнала. Број бита и горња граница грешке мерења се могу одредити током процеса пројектовања СМИ на бази СФАДЦ, бирањем оптималних параметара описаних математичким моделом. Дужина периода мерења је тачно дефинисана преко осталих параметара и може се изабрати тако да прецизност буде једнака или боља од задате вредности. Прецизност вишебитног СФАДЦ не зависи од таласног облика улазног сигнала, али прецизност СМИ заснованог на СФАДЦ зависи од РМС и амплитуде улазног сигнала. Инструмент базиран на СФАДЦ омогућава брзу обраду сигнала са малим ресурсима, користећи једноставне прорачуне, тако да се може имплементирати у сложеном мерном систему са више СМИ који раде паралелно (нпр. у “паметним” мрежама). СМИ на бази СДММ пружа решење са изузетно повољним односом цена/добит за хардвер који се користи у мерном инструменту или мерном систему (попут ембедед система). Топологија СФАДЦ у СМИ је релативно једноставна. Састоји се од стандардних компоненти, а процењени трошак је најмање 10 пута нижи од трошкова стандардног комерцијалног уређаја. Кључне карактеристике СДЕЕМ су: дигитална природа, поузданост, висока тачност и прецизност, једноставни и економичан хардвер, што га све чини прихватљивим решењем за рад у “паметној” мрежи. Технолошка граница ове методе стохастичког мерења је тренутно на нивоу реда 2 GHz, колико је максимална брзина генерисања сигнала униформног дитера. Практични ефекат је 3 пута већа резолуција од 2-битног СФАДЦ, при стандардној цени дуплирања његовог хардвера.

Показано је да је ефекат исти као да се користи 2-битни СФАДЦ, али реализован у 9 пута бржој технологији, а 9 пута бржа технологија је практично за генерацију новија технологија, тако да добијени резултат показује да је могуће дуготрајна, компликована и скупа технолошка истраживања заменити знатно једноставнијим и јефтнијим методолошким истраживањима. Такође, оптимални инструменти у којима је примењена СДММ имају прихватљиво низак број извора систематске грешке, тако да су они у погледу тачности супериорнији од стандардних решења семпловања, посебно у тачним дуготрајним мерењима, каква су мерења електричне снаге и енергије. Може се рећи да је хипотеза ове тезе да: „Постоји оптимална резолуција СФАДЦ примењеног у дигиталним мерењима, која се може наћи методолошким средствима и поступцима.“ – у потпуности потврђена и добијена је нова, корисна и врло употребљива информација.

У истраживању су откривени и ефекти који се нису јављали код једноставнијег, раније развијеног двобитног прототипа. Јавља се утицај одређеног процеса за који није установљен математички модел, али је његов утицај елиминисан употребом Компензационе функције. Проналажење начина за квантификовање и опис овог ефекта је предложено за даља истраживања из ове области. Ово је уједно и додатни квалитет научном раду који је презентован у тези, јер је рад дао одговоре на многа важна питања из области стохастичких дигиталних мерења, али и отворио многа друга питања која затевају даља истраживања. Закључни предлог је да се као оптимална верзија изабере 3-битни СМИ за даља истраживања и комерцијалну експлоатацију.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Резултати мерења су јасно и прецизно наведени у дисертацији приказом табела и графика са добијеним вредностима грешака мерења, прецизности, ефективног убрзања технологије и ефективности методе за сузбијање грешке услед офсета у компараторима, све у циљу визуелне потврде текстуално наведених описа резултата мерења. На тај начин је омогућена објективна анализа грешака мерења кроз компарацију измерених ефективних вредности напона са вредностима одређеним рачунском методом на основу приказаног математичког модела и са вредностима добијеним софтверским симулацијама. Посебан значај овој дисертацији дају резултати мерења четворобитног СМИ заснованог на примени стохастичке дигиталне мерене методе. Тумачење добијених резултата је јасно и прегледно организовано. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим резултатима мерења, добијеним из сопствених експерименталних истраживања на хардверском прототипу уређаја. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз навођење претходних истраживачких резултата из ове области. Посебно се издваја део у којем је извршена анализа свих утицајних параметара на рад вишебитних СФАДЦ, да би се потом методолошки утврдио критеријум оптималности, постојање оптимума и његова вредност за све стохастичке дигиталне мерне инструменте уопште.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE 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 и предложеног решења за оптимизацију перформанси дигиталних мерења.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

У дисертацији је развијен детаљан математички модел за општи случај вишебитних стохастичких флеш А/Д конвертора и стохастичких дигиталних мерних инструмената базираних на стохастичкој дигиталној мерној методи. Анализиран је проблем и доказано постојање оптимума броја бита резолуције СФАДЦ код ког се за сваки додатни бит резолуције повећава прецизност али и удвостручује број компоненти и извора систематске грешке. Оптимум је пронађен за три бита резолуције СФАДЦ. Описано је пројектовање, развој и тестирање првог четворобитног стохастичког мерног инструмента, као платформе за развој еталонског инструмента за мерење ефективне вредности напона и активне електричне енергије. Хардверски прототип је доказао исправност теоријске поставке, математичког модела и софтверских симулација.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.
Дисертација нема недостатака који утичу на резултат истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
Да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 9. 2. 2018. године

др Платон Совиљ, ванредни професор, председник

др Драган Ковачевић, научни саветник, члан

др Зоран Митровић, редовни професор, члан

др Зоран Јеличић, редовни професор, члан

др Драган Пејић, доцент, члан