

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: Решење бр. 012-72/13-2016 од 29. 01. 2020. 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 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">1. др Драган Пејић, ванредни професор, ужа научна област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 01.10.2018. године, Факултет техничких наука, Нови Сад2. др Стеван Пилиповић, академик, редовни професор, ужа научна област Анализа и вероватноћа, изабран у звање 02.03.1988. године, Српска академија наука и уметности, Београд3. др Драган Ковачевић, научни саветник, ужа научна област Енергетика, рударство и енергетска ефикасност, изабран у звање 29.05.2013. године, Електротехнички институт Никола Тесла, Београд4. др Зоран Митровић, редовни професор, ужа научна област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 11.03.2016. године, Факултет техничких наука, Нови Сад5. др Марјан Урекар, доцент, ужа научна област Електрична мерења, метрологија и биомедицина, изабран у звање 14.09.2018. године, Факултет техничких наука, Нови Сад6. 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
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Борис, Светозар, Личина2. Датум рођења, општина, држава: 19. септембар 1967, Бихаћ, Република Босна и Херцеговина, СФРЈ3. 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, Оцена мерне несигурности мерења на интервалу, Област електротехнике и рачунарства, 01.07.2013.

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

Магистар техничких наука из области електротехнике и рачунарства

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Метода мерења снаге и енергије ветра заснована на мерењу на интервалу

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација под насловом "Метода мерења снаге и енергије ветра заснована на мерењу на интервалу" кандидата Борис Личина изложена је у 8 поглавља на 113 страна. Попис коришћене литературе са 71 наслова наведен је на 5 страна, а садржај дисертације на 2 стране. Докторска дисертација садржи 10 табела, 66 слика, интегрисаних у основни текст, те 9 прилога.

Главном делу рада претходи документација, која садржи:

- Насловну страницу дисертације;
- Обавезну општу документацију на српском језику, са изводом и кључним речима;
- Обавезну општу документацију на енглеском језику, са изводом и кључним речима;
- Сажетак рада са кључним речима на српском језику;
- Сажетак рада са кључним речима на енглеском језику;
- Садржај рада;

Структура главног дела рада је следећа:

1. Увод (стр. 1-13)

- 1.1. Значај енергије и, посебно, енергије ветра
- 1.2. Формула за снагу ветра и последице
- 1.3. Потреба за прикупљањем података

2. Стање струке и науке (стр. 14-25)

- 2.1. Сензори
- 2.2. Анемометар са шољицама
- 2.3. Ветроказ
- 2.4. Дата логер
- 2.5. Новија решења мерења брзине ветра

3. Хипотеза и поставка проблема (стр. 26-27)

4. Стохастичка дигитална мерна метода (СДММ) – (стр. 28-48)

- 4.1. Основни појмови
- 4.2. Генерализација двобитне СДММ
 - 4.2.1. Дедуктивни доказ
 - 4.2.2. Индуктивни доказ

5. Разматрање могућих решења (стр. 49-74)

- 5.1. Први концепт решења
- 5.2. Други концепт решења
- 5.3. Трећи концепт решења
- 5.4. Усвојени концепт решења
- 5.5. Карактеристике мереног сигнала
 - 5.5.1. Линеарна зависност промене брзине ветра
 - 5.5.2. Квадратна зависност промене брзине ветра
 - 5.5.3. Синусна зависност промене брзине ветра

6. Експериментална потврда (стр. 76-85)

- 6.1. Оцена систематске грешке мерне методе због напона офсета аналогног сабирача
- 6.2. Теоријска вредност стандардне девијације
- 6.3. Опис експеримента

7. Дискусија (стр. 86-88)

8. Закључак (стр. 89-80)

Литература (стр. 90-94)

Прилози (стр. 95-114)

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом поглављу (Увод), аутор указује на значај обезбеђивања енергије из обновљивих извора енергије насупротив традиционалном обезбеђивању енергије из фосилних горива, све у циљу смањења емисије угљен-диоксида и борбе против глобалног загревања (Кјото протокол). Наводе се основне карактеристике Сунца чије зрачење за последицу има струјање ваздушних маса на Земљи и настанак ветра. У овом делу наводе се физичке особине ветра као векторске величине описане интензитетом, правцем и смером, што за последицу има да је за његово потпуно описивање неопходно познавати све три величине. Правац и смер се одређују ветроказом, док се јачина ветра одређује Бофоровом скалом, односно различитим уређајима за ту намену, од којих анемометар са шољицама представља стандард у метеорологији. Поред тога, у првом поглављу дат је историјски развој ветротурбина, са трендом развоја у последњим деценијама, њени основни делови и водећи светски произвођачи ветротурбина. Приказан је тренд укупно инсталисаних и новоинсталисаних капацитета за производњу електричне енергије из енергије ветра - како на копну (onshore) тако и на воденим површинама (offshore). Представљене су формуле за снагу и енергију ветра као функције куба брзине ветра. И на крају, приказана је потреба за прикупљањем података на потенцијално интересантној микролокацији (и прегледним приказом у облику руже ветрова) за одређивање исплативости инвестиције.

У другом поглављу (Стање струке и науке) наводе се поделе сензора: на аналогне или дигиталне, на активне или пасивне, на стационарне или преносиве, као и у зависности од природе мерне величине. Описују се различити сензори за мерење брзине ветра: турбинска мерила (типичан представник је анемометар са шољицама), мерила чији се принцип деловања заснива на Доплеровом ефекту (представници су LiDAR и SoDAR), мерила чије се мерење заснива на одвођењу топлотне енергије струјањем (типичан представник је анемометар са отпорним влакном), мерила која раде на принципу разлике притисака као последице кретања флуида (представници су сензори који користе Питоову (Henri Pitot) цев), те мерила која користе тензиометарске траке у циљу мерења вектора механичке силе (услед деформације у линеарно-еластичном подручју када важи Хуков (Robert Hooke) закон) коју генерише ветар. У истом поглављу аутор даје карактеристике, детаљнији опис и принцип рада анемометра са шољицама, ветроказа и дата логера, те начин њихове монтаже. Такође су приказане карактеристике новијих, софистицираних уређаја (LiDAR и SoDAR) за мерење карактеристика ветра, те њихове предности и недостаци у односу на стандардне уређаје у метеорологији (анемометар са шољицама и ветроказ).

У трећем поглављу (Хипотеза и поставка проблема) наводи се претпоставка коју треба доказати или одбацити: да се двобитна стохастичка дигитална мерна метода (СДММ) успешно може користити за мерење средње снаге, односно енергије ветра. Уочена је потреба за једноставним, лако преносивим и тачним уређајем за мерење снаге и енергије ветра, који је уз то и мали потрошач електричне енергије. Реализација уређаја који користи СДММ је заснована на двобитним АД конверторима, двобитним множачима и сабирачима (бројачима) што га чини једноставним, јефтиним, компактним (и лако преносивим) уређајем који је уз то и мали потрошач електричне енергије. Остаје да се у одреди његова тачност и прецизност, како теоријски (у петом поглављу), тако и експериментално (у шестом поглављу).

У четвртном поглављу (Стохастичка дигитална мерна метода) приказани су основни појмови СДММ, принцип рада инструмената за мерење средње (и ефективне) вредности улазног сигнала, као и за мерење производа два улазна сигнала (мерење снаге). Извршена је генерализација двобитне СДММ на производ к улазних сигнала, а сам доказ је изведен на два начина: дедукцијом и индукцијом.

У петом поглављу (Разматрање могућих решења) презентован је концепт уређаја за мерење производа три улазна сигнала. У специјалном случају куба синусног сигнала (где се на сва три улаза доводи синусни сигнал) уређај на свом излазу као резултат даје нула, због чега је потребно наћи алтернативно решење. Први концепт решења је (по угледу на раније реализован уређај за мерење ефективне вредности синусног сигнала) претпостављао мерење шестог степена (из кога би рачунали други корен), али је показано да је грешка мерења оваквим уређајем значајно већа.

Други концепт решења подразумева да се улазни синусни сигнал модификује на начин да се измени у "двострано-исправљени" синусни сигнал (који представља његову апсолутна вредност) пре увођења у уређај за мерење производа три улазна сигнала. Овај концепт је прихватљив и у потпуности потврђује теоријске аспекте методе, али подразумева генерисање три дитерска сигнала који морају испунити строге услове међусобне некорелисаности. Сличан овом концепту је и трећи концепт, с том разликом да се генерисање апсолутне вредности врши у самом уређају - после АД конверзије и множача - додавањем двоулазног "или-кола" које оба улаза бројача "на горе и на доле" (улаз бројача "на горе", и улаз бројача "на доле") обједињује у један сигнал чинећи тако да бројач броји само "на горе". Имајући у виду да је пропусни (фреквенцијски) опсег улазног синусног сигнала кога генерише анемометар са шољицама (који представља репрезент брзине ветра) веома низак, као привлачна идеја намеће се употреба само једног дитерског сигнала. На тај начин (користећи изражени оверсемплинг) три суседна узорка (две вредности памте у Д-флипфлоповима, а трећа вредност се директно користи за даљу обраду) представљају чиниоце (факторе) за генерисање производа, сматрајући при томе да та три суседна узорка имају веома блиске вредности - због високе фреквенције узорковања у односу на фреквенцију улазног сигнала. Грешка за наведене концепте обрађена је теоријски и симулационо, а резултати су приказани табеларно и одговарајућим дијаграмима. Такође је размотрена зависност тачности мерења имајући у виду изражену нестационарност мереног сигнала - брзине ветра, те показано да мерена вредност не зависи од фреквенције, већ само од амплитуде мереног сигнала.

У шестом поглављу (Експериментална потврда) дат је теоријски осврт на изворе систематске грешке. Због једноставности уређаја кључни извори систематске грешке су напон офсета аналогног сабирача, те напони офсета горњег и доњег компаратора. Употребом методе унакрсног преклапања систематске грешке узроковане офсетима компаратора могу се значајно смањити. У литератури је показано како се при мерењу периодичног напона СДММ оне могу умањити за више од 80 dB, на који начин постају занемариве. У раду је детаљно размотрена систематска грешка мерне методе због напона офсета аналогног сабирача, те је показано да на нивоу једне периоде грешка ишчезава (у једној полупериоди има један знак, а у другој полупериоди има супротан знак). Даље, приказана је теоријска вредност стандардне девијације, као кључна вредност за усвојени концепт и његову експерименталну потврду. И, коначно, изведена је експериментална потврда прототип инструментом за мерење ефективне вредности (PIM-RMS) и инструментом који представља еталон фазног угла (PAS). Експеримент је изведен генерисањем синусних напона са фреквенцијама 10 Hz и 20 Hz амплитуда од 0,5 V до 4,5 V у корацима од 0,5 V. Резултати експеримента приказани су табеларно, а показано је да је мерна несигурност апсолутне вредности трећег степена улазног синусног сигнала испод 0,09%.

У седмом поглављу (Дискусија) урађено је поређење карактеристика двобитног АД конвертора уређаја заснованог СДММ са комерцијалним 12-битним и 16-битним АД конверторима, какви се користе у дата-логерима, а раде на принципу ССМ. Указано је на неке битне предности и недостатке у обе групе. Дат је предлог у ком смеру треба ићи даље истраживање за побољшање карактеристика уређаја заснованих на двобитној СДММ.

У осмом поглављу (Закључак) су истакнуте предности коришћења СДММ у мерењу снаге и енергије ветра, те истакнута могућност употребе ове методе за мерење нелинеарних величина, као и могућност примене инструмената заснованих на овој методи у калибрационе сврхе.

Попис литературе, по редоследу навођења, дат је након осмог поглавља (Закључка).

На самом крају докторске дисертације 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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Vujičić, V., **Ličina, B.**, Pejić, D., Sovilj, P. and Aleksandar, R., "Stochastic Measurement of Wind Power Using a Two-Bit A/D Converter", Elsevier Measurement, Available online 1 November 2019, 107184 in Press, Corrected Proof - <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107184>

Pejić D., Gazivoda N., **Ličina B.**, Urekar M., Sovilj P., Vujičić B.: A Proposal of a Novel Method for Generating Discrete Analog Uniform Noise, *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 2018, Vol. 18, No 3, pp. 61-66, ISSN 1582-7445

Beljić Ž., **Ličina B.**, Sovilj P., Pejić D., Vujičić V.: Measurement of Definite Integral of Sinusoidal Signal Absolute Value Third Degree by Using Digital Stochastic Method, 3. International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN, Zlatibor: ETRAN, 13-16 Jun, 2016, pp. 1-4, ISBN 978-86-7466-618-0

Boris Ličina, Platon Sovilj, Dragan Pejić, Bojan Vujičić, Marjan Urekar and Vladimir Vujić, „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, Sprebno jezero*, 8-11. Jun 2015, (*Metrology - MLII.5*), ISBN 978-86-80509-71-6.

B. Ličina, D. Pejić, P. Sovilj, V. Vujičić, „Application of Digital Stochastic Measurement of Definite Integral Product of Two or More Signals Using Two-Bit A/D Converter”, *INDEL - Banja Luka, X International Symposium on Industrial Electronics (T-05), Elektrotehnički fakultet*, 6-8. Novembar 2014, pp. 160-165, ISBN 978-99955-46-22-9

Boris Ličina, Platon Sovilj, „Application of Digital Stochastic Measurement over an Interval in Time and Frequency Domain”, *ICIST 2014 - Kopaonik, 4th International Conference on Information Society and Technology - Vol.2. Poster papers*, pp.297-302, 9-13. Март 2014, ISBN 978-86-85525-14-8

Boris Ličina, Platon Sovilj, Vladimir Vujičić, "Merenje određenog integrala proizvoda dva ili više signala dvobitnim A/D konvertorom", Knjiga 22, Elektrotehničkiinstitut "Nikola Tesla", Beograd, децембар 2012, (ISSN 0350-8528) UDK: 621.317.3:681.335.2; BIBLID: 0350-8528(2012), 22. pp.117-136; doi:10.5937/zenit22-241

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Циљеви докторске дисертације који су наведени су постигнути. Реализација идеје тачног и прецизног мерења синусног сигнала из анемометра са шољицама, који представља репрезент брзине ветра, уз предложену модификацију двобитне стохастичке дигиталне мерне методе, изведена је етапно по фазама које обухватају:

1. Преглед основних појмова СДММ, са акцентом на генерализацију двобитне СДММ за мерење производа к сигнала, укључујући дедуктивни и индуктивни доказ, у циљу реализације мерења трећег степена улазног (синусног) сигнала као специјалног случаја производа три сигнала.

2. Приказ развоја идеје СДММ за мерење трећег степена синусног сигнала (излаза анемометра са шољицама) као репрезента брзине ветра кроз концепте изложене у поглављу 5.

3. Први изазов који се појавио представљало је мерење трећег степена синусног сигнала, чија је средња вредност (као и било ког непарног степена синусног сигнала) нула. То је захтевало модификацију концепта уређаја заснованог на мерењу општег случаја производа три сигнала, увођењем додатне логике која омогућава реализацију идеје мерења апсолутне вредности трећег степена синусног сигнала.

4. Следећи изазов представљало је генерисање три међусобно некорелисана дитерска сигнала. Увидевши да је фреквенција улазног сигнала ниска у поређењу са фреквенцијом узорковања, односно да постоји изражен оверсемплинг, као природно решење јавила се идеја да се у комбинацији са улазним синусним сигналом користи само један дитерски сигнал.

5. Сви концепти приказани у поглављу 5 су теоријски и симулационо обрађени користећи симулациони модел и рачунарску апликацију (софтверски алат), уз фреквенцију семпловања од 100 kHz, за спектар амплитуда од 0,5 V до 5 V у корацима од 0,5 V, док је само мерење трајало 1 s.

6. Пре извођења експеримента, теоријски је размотрена систематска грешка мерне методе услед напона офсета аналогног сабирача, те теоријска вредност стандардне девијације. Експеримент је изведен коришћењем прототип инструмента за мерење ефективне вредности (PIM-RMS) и другог инструмента који је еталон фазног угла (PAS). Фреквенција узорковања је била 25 kHz, а мерење је вршено 100 s, док је синусни сигнал имао фреквенције 10 Hz и 20 Hz, и опсег амплитуда од 0,5 V до 4,5 V у корацима од 0,5 V. Резултати мерења снаге и енергије ветра показују максималну грешку од 0,09% у односу на пун опсег.

Имајући у виду добијене резултате, предложени приступ може да се користи за пројектовање и реализацију инструмента за мерење снаге и енергије ветра са довољном тачношћу, употребом једноставног хардвера за његову реализацију.

На овај начин се у дисертацији показује да се предложена модификација уређаја који се заснива на употреби двобитне СДММ може успешно применити како у уређајима за мерење снаге и енергије ветра, тако и за потребе калибрационих уређаја због показане могућности успешног мерења нестационарних сигнала.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА	
<p>Резултати добијени истраживањем су у тексту докторске дисертације приказани, анализирани и тумачени применом релевантних метода прикупљања, приказивања, обраде и анализе података.</p> <p>Избор наведених метода и начина њихове примене је, у потпуности, прилагођен карактеру проблема који су у дисертацији решавани.</p>	
IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:	
<p>Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>	
1.	<p>Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?</p> <p>Докторска дисертација је, у потпуности, написана у складу са образложењем које је наведено у пријави теме.</p>
2.	<p>Да ли дисертација садржи све битне елементе?</p> <p>Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења тих резултата садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте.</p>
3.	<p>По чему је дисертација оригиналан допринос науци?</p> <p>Разматрајући целокупну материју докторске дисертације, Комисија је закључила да докторска дисертација представља оригиналан научни допринос аутора у теоријском и практичном смислу. Основа ове оцене је у чињеници да дисертација омогућава дубље и детаљније сагледавање проблема везаног за поуздано мерење снаге и енергије ветра, као предуслова за доношење квалитетне одлуке о валидности микролокације на којој је вршено мерење за изградњу ветроелектране.</p> <p>Такође, ово истраживање представља добру полазну основу за детаљније анализе потенцијалне употребе СДММ, не само у сврху практичних мерења, већ и у калибрационе примене.</p>
4.	<p>Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.</p> <p>Докторска дисертација нема недостатака који би битно утицали на коначан резултат истраживања.</p>
X ПРЕДЛОГ:	
<p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>	
<p>На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду да се докторска дисертација под насловом "Метода мерења снаге и енергије ветра заснована на мерењу на интервалу" кандидата Борис Личина прихвати и да се одобри њена јавна одбрана.</p>	

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду, 07. 02. 2020. године

др Драган Пејић, ванредни професор, председник

академик др Стеван Пилиповић, редовни професор, члан

др Драган Ковачевић, научни саветник, члан

др Зоран Митровић, редовни професор, члан

др Марјан Урекар, доцент, члан

др Платон Совиљ, ванредни професор, ментор