

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА, НОВИ САД

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ	
1.	Датум и орган који је именовео комисију Решењем бр. 012-72/10-2013 од 26.05.2016, декан Факултета техничких наука, проф. др Раде Дорословачки именовео 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"> Др Ласло Нађ, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 14. 11.2013. године, Факултет техничких наука, Нови Сад Др Милош Живанов, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 12.07.2004. године, Факултет техничких наука, Нови Сад Др Љиљана Живанов, редовни професор, ужа област Електроника, изабрана у звање 1. 10. 2000. године, Факултет техничких наука, Нови Сад Др Срђан Станковић, професор емеритус, ужа област Управљање система и обрада сигнала, изабран у звање 12.09.2011. године, Електротехнички факултет, Београд Др Горан Стојановић, редовни професор, ужа област Електроника, изабран у звање 21.10.2015. године, Факултет техничких наука, Нови Сад
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: Дамир Бора Кркљеш
2.	Датум рођења, општина, држава: 15.03.1974, Нови Сад, Србија
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука, Нови Сад, одсек Електротехничке струке и рачунарства, смер Електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике
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, Нови Сад: „ Микрорачунарски систем за управљање хватаљком у дистрибуираној и кооперативној реализацији роботизованих задатака контактеног типа“, област Електротехника и рачунарство, 7.7.2005.
6.	Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Електротехника и рачунарство

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Пројектовање капацитивног сензора угла и угаоне брзине инкременталног типа на флексибилним супстратима

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Дисертација има 108 страна, 6 поглавља, 77 референци, 89 слика, 4 табела и 1 прилог. Садржај дисертације:

1. Увод
 2. Стање у области истраживања
 3. Резултати истраживања
 4. Дискусија резултата
 5. Закључак
 6. Литература
- Прилог А.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација истражује примену флексибилне електронике за капацитивне сензоре угла и угаоне брзине типа апсолутног и инкременталног енкодера, при чему посебан акценат ставља на цилиндричну капацитивну структуру, за коју је показано да има и мању осетљивост на механичке нетачности. Једноставна реализација ове структуре омогућена је употребом флексибилне електронике, тј. флексибилних супстрата који се лако прилагођавају закривљеним површинама. У основи, разматрају се две структуре. Једну структуру која је прилагођенија апсолутном енкодеру и у којој је уведен заједнички ротор за оба сензорска канала, и другу која је прилагођенија инкременталном енкодеру.

У првом поглављу (УВОД) извршено је позиционирање капацитивних сензора у односу на постојеће комерцијалне оптичке и индуктивне сензоре. Затим је дат кратак преглед предмета, проблема и циља истраживања, као и хипотеза и методологија истраживања. У истом поглављу је дата и структура даљег излагања.

Друго поглавље (СТАЊЕ У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА) даје опширан преглед стања у области истраживања. Полази се од прегледа типова сензора угла и угаоне позиције, а завршава прегледом радова у области капацитивних сензора угла, угаоне брзине и угаоног и линеарног помераја.

Треће поглавље (РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА) приказује резултате истраживања у оквиру дисертације. Истраживање полази од анализе утицаја механичких несавршености на цилиндричну и плочасту структуру дајући компарацију осетљивости на аксијални и радијални офсет. Затим следи моделовање сензора и предлога сензора са два канала са заједничким ротором. У зависности од примене, обраде сигнала и броја сегмената, енкодер се може користити као апсолутни или релативни (инкрементални енкодер) сензор угла. За двоканални, четворосегментни енкодер са заједничким ротором приказана је теоретска и експериментално снимљена карактеристика сензора. Извршена је и симулација сензора, при чему је остварено веома добро поклапање са експериментално снимљеном карактеристиком. У посебном поглављу дата је анализа утицаја механичких несавршености на карактеристике сензора уз верификацију на основу резултата мерења. Приказан је прототип двоканалног инкременталног енкодера са шест импулса по кругу, као и електроника за обраду сигнала са сензора. Приказане су механичке карактеристике сензорске структуре на флексибилном супстрату и приказани су експериментални резултати мерења на прототипу. На крају је приказан један тип калибрације сензора који је експериментално потврђен.

Четврто поглавље (ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА) сумира резултате истраживања у оквиру дисертације. Полазећи од апликације флексибилних облога кондензатора по ободу и формирања капацитивне цилиндричне структуре, дисертација приказује два прототипа, један прототип модела

и други прототип сензора. Дисертација је кроз симулације показала да је цилиндрична структура мање осетљива на аксијални и радијални офсет као последице механичке несавршености у односу на плочасту структуру и тиме додатно оправдала коришћење цилиндричне структуре. Изложено је моделовање сензора и приказане конфигурације плочасте и цилиндричне структуре. Уведена је структура са два канала и заједничким ротором за оба канала, при чему је избор аргументован бољом симетријом канала, која треба да повећа имуност сензора на механичке нетачности. Измерена је статичка функција капацитивности, која је упоређена са идеализованом функцијом, при чему се добило добро поклапање резултата. Уочена су одређена одступања, настала као последица механичких грешака у изради сензорске платформе, као и монтажи облога на ротор и статор сензорске платформе. Да би се потврдило да су одступања настала као последица механичких грешака у изради сензорске платформе, уведен је једноставан модел ове нетачности на бази простопериодичне функције, непознате амплитуде и фазног става, којим је моделована ексцентричност ротора или статора, или ситуација непоклапања оса статора и ротора. Итеративним поступком варирана је амплитуда и фаза модела нетачности, те су на основу методе најмањих квадрата изабране вредности које дају најмање одступање од директно мерене карактеристике. Остварено је добро поклапање које је оправдало уведену претпоставку. Уведена је и друга структура која је прилагођена инкременталном типу енкодера. Код ове структуре канали су раздвојени, тј. нема више заједничког ротора, већ су то две идентичне структуре, с једином разликом у фазном ставу (оствареним померањем једне роторске облоге у односу на другу) чиме су формирана два квадратурна канала. Израђен је први прототип сензора за основна истраживања од шест импулса по кругу. Прототип је потпуно функционалан и може се користити при већим брзинама обртања. Анализиран је утицај паразитних капацитивности уважавајући коришћени начин побуде и обраде, где се истиче да на линеарност, тј. грешку, може утицати капацитивност између ротора и кућишта. Ова капацитивност зависи и од угла ротора. Код овог прототипа овај утицај је мали због већих димензија сензора, али се истиче да се на њу мора обратити пажња приликом дизајна комерцијалног сензора. Коло за кондиционирање је приказано на нивоу функционалне схеме, а затим је приказан комплетан систем и експериментална поставка. Приказани су основни експериментални резултати у виду таласних облика релевантних сигнала. Приказана је и успешно реализована једна метода за аутоматску калибрацију сензора.

У петом поглављу (ЗАКЉУЧАК) дат је осврт на резултате рада и представљени су могући правци даљег развоја.

Шесто поглавље даје приказ коришћене литературе.

У прилогу (ПРИЛОГ А) Даје се кратак преглед основних карактеристика сензора и система у којима се користе.

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.

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Damir Krklješ**, Dragana Vasiljević, Goran Stojanović: "A Capacitive Angular Sensor with Flexible Digitated Electrodes ", Sensor Review journal, (ISSN: 0260-2288, IF: 0.74)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **D. Krklješ**, G. Stojanović, D. Vasiljević, and K. Babković, "Analysis of the mechanical inaccuracies in capacitive encoder with flexible electrodes", 9th International Conference Industrial Electronics, INDEL 2012, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, November 1, vol. 3, pp. 1-4,

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Мотивација за рад на ову тему је примена савремених технологија флексибилне електронике у области сензора угла и угаоне брзине. Због своје једноставне конструкције предложен је сензор капацитивног типа, те апликација флексибилне структуре са облогама кондензатора по ободу ротирајућег дела, која је са технолошког гледишта најједноставнија.

Основни резултати истраживања су следећи:

- Показано је да се флексибилна електроника може ефикасно применити у капацитивним сензорима угла и угаоне брзине;
- Показано је да предложена цилиндрична структура има мању осетљивост на аксијалне и радијалне нетачности асоциране са производним толеранцијама;
- Предложена је и реализована структура која уводи два канала и заједнички ротор за оба канала, аргументујући овај избор бољом симетријом канала, која у крајњем, треба да повећа имуност сензора на механичке нетачности. Направљен је симулациони модел сензора;
- Помоћу једноставног модела нетачности доказана је претпоставка о утицају механичких нетачности израде и састављања који је примећен при експерименталном снимању карактеристика.
- Уводи се друга структура која је прилагођена инкременталном типу енкодера. Код ове структуре канали су раздвојени, тј. нема више заједничког ротора, већ су то две идентичне структуре, с једином разликом у фазном ставу. Фазна разлика остварена је померањем једне роторске облоге у односу на другу и тиме су формирана два квадратурна канала. Израђен је први прототип сензора за основна истраживања од шест импулса по кругу.
- Дата је карактеризација механичких особина флексибилне сензорске структуре. Приказани експериментални резултати механичке карактеризације сензора у погледу чврстоће и еластичности сензора у односу на температуру синтеровања. На основу резултата одређена је оптимална вредност температуре синтеровања.
- Извршено је пројектовање електронике за обраду сигнала се сензора инкременталног типа на бази појачавача наелектрисања, који на свом излазу даје два сигнала у квадратури. Електроника омогућава аутоматску или ручну калибрацију сензора.
- Приказана је и успешно реализована једна метода за аутоматску калибрацију сензора, која подједнако добро елиминисе утицај и краткорочних и дугорочних промена карактеристика сензора. Базирана је на сталном праћењу излаза сензора, те укључивању калибрационе процедуре када сигнали изађу изван унапред дефинисаних толеранција. Процедура се базира на мерењу и регулацији фактора испуне и укључивању ПИ регулатора када се детектује значајно одступање.

Логичке последице основних резултата се могу формулисати:

- Показано је да се флексибилна електроника може ефикасно применити у капацитивним сензорима угла и угаоне брзине, те да предложена цилиндрична структура има мању осетљивост на аксијалне и радијалне нетачности асоциране са производним толеранцијама
- Показано је да је могуће извршити аутоматску калибрацију сензора у току.

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 детаљно и прегледно, уз навођење претходних истраживачких резултата у овој области.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
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:
1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Да, дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе Да. Дисертација садржи све битне елементе.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци <ul style="list-style-type: none"> • Уведене су капацитивне структуре базиране на флексибилној електроници које су аплициране по ободу, на тај начин формирајући цилиндричну кондензаторску структуру. Направљена структура омогућује бесконтактни ротор уз компромис половљења осетљивости. • Показано је да предложена цилиндрична структура има мању осетљивост на аксијалне и радијалне нетачности асоциране са производним толеранцијама. • Осмишљена је и успешно реализована једна метода за аутоматску калибрацију сензора, која добро елиминише утицај и краткорочних и дугорочних промена карактеристика сензора.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања У дисертацији нису уочени значајни недостаци који би утицали на резултат истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација прихвати, и да се кандидату одобри одбрана
Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под насловом „Пројектовање капацитивног сензора угла и угаоне брзине инкременталног типа на флексибилним супстратима“ и предлаже да се Извештај о оцени докторске дисертације прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Др Ласло Нађ, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник

2. Др Милош Живанов, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад

3. Др Љиљана Живанов, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

4. Др Срђан Станковић, професор емеритус,
Електротехнички факултет, Београд, члан

5. Др Горан Стојановић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, 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.