

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

## ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Данковић, Братислав, Никола
Датум и место рођења	30. 07. 1984., Пирот

## Основне студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет у Нишу
Студијски програм	Телекомуникације
Звање	дипломирани инжењер електротехнике за телекомуникације
Година уписа	2003.
Година завршетка	2009.
Просечна оцена	9.04 (девет и 4/100)

## Магистарске студије

Универзитет	
Факултет	
Студијски програм	
Звање	
Година уписа	
Година завршетка	
Просечна оцена	
Научна област	
Наслов завршног рада	

## Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет у Нишу
Студијски програм	Електротехника и рачунарство - научна област Управљање системима
Година уписа	2009.
Остварен број ЕСПБ бодова	512
Просечна оцена	10

## НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Развој нове класе ортогоналних филтара с применом у моделирању, анализи и синтези система за диференцијалну импулсно кодну модулацију
Име и презиме ментора, звање	Драган Антић
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ 07/03-041/15-004 од 22. 12. 2015. год.

## ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	162
Број поглавља	6
Број слика (шема, графика)	45
Број табела	16
Број прилога	1

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА  
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>Nikola B. Danković, Zoran H. Perić, Dragan S. Antić, Staniša Lj. Perić, Saša S. Nikolić, "Robustness of the Prediction Filter in Differential Pulse Code Modulation System", <i>Electronics and Electrical Engineering</i>, vol. 22, no. 5, 2016, pp. 74-78.</p> <p><i>У овом раду се разматра параметарска робустност предикционог филтра као најбитнијег дела сваког система за диференцијалну импулсно кодну модулацију. Анализа робустности је рађена у односу на коефицијенте предиктора првог и другог реда, који су највише заступљени у пракси. Дата је свеобухватна анализа која поред класичне робустности обухвата и стохастичку, где је рачуната тзв. вероватноћа робустности. Теоријски резултати су потврђени експериментално за случај говорног сигнала.</i></p>	M23
2	<p>Nikola B. Danković, Dragan S. Antić, Saša S. Nikolić, Staniša Lj. Perić, Marko T. Milojković, "A New Class of Cascade Orthogonal Filters based on a Special Inner Product with Application in Modeling of Dynamical Systems", <i>Acta Polytechnica Hungarica</i>, vol. 13, no. 7, 2016, pp. 63-82.</p> <p><i>Једна класа нових каскадних филтара, ортогоналних у смислу новог унутрашњег производа, представљена је у овом раду. Низ уопштених ортогоналних Малмакстикових функција је искоришћен за пројектовање ових филтара, док су Минџови полиноми коришћени за одређивање излаза из предложених филтара. Пројетована је и реализована и аналогна и дигитална верзија ових филтара и обе су практично примењене за моделирање једног континуалног (систем за хлађење гумене траке) и једног дискретног (систем за диференцијалну импулсно кодну модулацију) реалног система. Добијени резултати дају одлично слагање модела с реалним системима, што потврђује квалитет реализованих филтара.</i></p>	M23
3	<p>Nikola B. Danković, Dragan S. Antić, Zoran H. Perić, Aleksandar V. Jocić, Saša S. Nikolić, Staniša Lj. Perić, "The Probability of Stability Estimation of an Arbitrary Order DPCM Prediction Filter: Comparison between the Classical Approach and the Monte Carlo Method", <i>Information Technology and Control</i>, vol. 46, no. 2, 2017, pp. 28-38.</p> <p><i>Овај рад даје анализу стабилности предикционог филтра с предикторима виших редова у оквиру система за диференцијалну импулсно кодну модулацију, када класичне методе постају исцрпне тежке за примену. Услови стабилности за предикторе трећег и четвртог реда су изведени уз помоћ Шур-Коновог критеријума стабилности. Процена стабилности је урађена помоћу Монте Карло методе. Претходно је провера Монте Карло методе у погледу поузданости и тачности извршена за предиктор првог и другог реда, где се лако могу применити и класичне методе. Напокон, добијене су вредности вероватноће стабилности за више редова предикционог филтра, а тражена тачност је постигнута довољним бројем узорака у Монте Карло симулационим експериментима.</i></p>	M23
4	<p>Nikola Danković, Zoran Perić, Dragan Antić, Darko Mitić, Miodrag Spasić, "On the Sensitivity of the Recursive Filter with Arbitrary Order Predictor in DPCM System", <i>Serbian Journal of Electrical Engineering</i>, 2014, vol. 11, no. 4, pp. 609-616.</p> <p><i>У овом раду се испитује параметарска осетљивост рекурзивног филтра с предиктором произвољног реда, који се саставни део система за диференцијално импулсно кодну модулацију (DPCM система). Изведени су закључци у погледу осетљивости на поједине коефицијенте предиктора. С обзиром на велики значај подешавања самих коефицијената предиктора, важно је знати колико мала одступања од тражених вредности утичу на перформансе система. Валиност изведених релација је потврђена на конкретним примерима система са предикторима вишег реда.</i></p>	M51
5	<p>Nikola Danković, Saša Nikolić, Miodrag Spasić, "On the Sensitivity of the Telecommunications Systems", <i>FACTA UNIVERSITATIS Series: Automatic Control and Robotics</i>, 2010, vol. 9, no. 1, pp. 123-130.</p> <p><i>У овом раду је представљена једна метода одређивања осетљивости система, који раде на високим учестаностима, као што су телекомуникациони системи. Показано је да је континуални систем на високим учестаностима најосетљивији на параметар с највишим индексом, а најмање осетљив на параметар с најмањим индексом, док код дискретних система важи обрнуто. Ови резултати су веома значајни за системе с подесивим параметрима.</i></p>	M52
6	<p>Dragan Antić, Zoran Jovanović, Nikola Danković, Miodrag Spasić, Stanko Stankov, "Probability Estimation of Defined Properties of the Real Technical Systems with Stochastic Parameters", <i>SCIENTIFIC BULLETIN of the "POLITEHNICA" University of Timișoara, Romania, Transactions on AUTOMATIC CONTROL and COMPUTER SCIENCE</i>, 2012, vol. 57 (71), no. 2, pp. 67-74.</p> <p><i>У овом раду је изложена метода за процену вероватноће неке особине (стабилност, појава осцилација, поузданост, контролабилност, итд.) несавршених система за коју је могуће одредити област појављивања у параметарској равни. Предложена метода, рађена за параметре с нормалном расподелом, посебно је ефикасна за несавршене системе са три или четири параметра од којих два имају велике стандардне девијације. Такође, дата је примена ове методе на реалан технички систем, какав је систем за хлађење гумене траке, и то за одређивање вероватноће појаве осцилација и асимптотске стабилности.</i></p>	M52
7	<p>Nikola B. Danković, Zoran H. Perić, "A Probability of Stability Estimation of DPCM System with the First Order Predictor", <i>FACTA UNIVERSITATIS Series: Automatic Control and Robotics</i>, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 131-138.</p> <p><i>У овом раду је разматрана вероватноћа стабилности DPCM система са предиктором првог реда. Основа за анализу стабилности је сам предиктор као најважнији део сваког DPCM система уз квантизер. Вероватноће</i></p>	M52

стабилности су израчунате за конкретан говорни сигнал.

8

Zoran Jovanović, Nikola Danković, Miodrag Spasić, Stanko Stankov, Zoran Ičić, "Practical Testing of the Probability of Stability of the Discrete System with Random Parameters", 10<sup>th</sup> International Conference on Applied Electromagnetics, ПЕС 2011, Niš, Serbia, September 25.-29., 2011, Proceedings of full papers on CD, Session P2-4.

M33

У овом раду је описана метода која омогућава процену вероватноће стабилности дискретних система са случајним параметрима. Помоћу ове методе, могуће је изабрати такве вредности параметара за које систем има највећу вероватноћу стабилности. Тачност предложене методе је потврђена Монте Карло методом.

**НАПОМЕНА:** уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

### ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

На основу Извештаја Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације, покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације и изборе у звања наставника на Електронском факултету у Нишу, бр. 07/03-033/17-001 од 01. 09. 2017. год., установљено је да кандидат дипл. инж. Никола Данковић **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Наиме, кандидат дипл. инж. Никола Данковић доставио је Факултету доказ да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе, и да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који издаје Универзитет у Нишу или факултет Универзитета у Нишу, па је Комисија сходно томе предложила покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације.

### ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације

Дисертација има логичан ток и прецизно је језички формулисана. Подељена је на шест поглавља: *Ортогонални системи и њихова примена у синтези ортогоналних каскадних филтара, Генерализација класичних ортогоналних рационалних функција применом симетричне трансформације, Пројектовање нових класа ортогоналних каскадних филтара, Нови дигитални каскадни ортогонални филтри, DPCM систем - типови, концепт линеарне предикције, Анализа DPCM система са становишта теорије аутоматског управљања.* Осим наведених поглавља, дисертација садржи и одговарајући кратак резиме, написан на српском и енглеском језику, списак слика и табела, као и увод. На крају дисертације изведени су одговарајући закључци, дати су главни доприноси докторске дисертације и списак коришћене литературе.

У првом поглављу је приказан преглед ортогоналних система. Изложен је краћи историјски развој ортогоналних рационалних функција, као и њихових примена у разним областима.

Друго поглавље даје уопштења већ постојећих класа ортогоналних филтара на бази симетричних трансформација. Неке од ових класа филтара су већ развијене у скорије време, а у овој дисертацији уведене су и две нове класе ових побољшаних филтара. У уводном делу овог поглавља, дат је опет кратак преглед примена већ развијених филтара. Представљена је комплетна математичка подлога за развијање ортогоналних рационалних функција, заснованих на симетричном пресликавању полова у нуле. Успостављена је веза између Минцових полинома и Малмквистових функција, при чему ће ови потоњи бити основа за пројектовање нових филтара. Такође, дефинисано је уопштење класичног унутрашњег производа. На крају поглавља, дата је стратегија за развој нових филтара.

Треће поглавље бави се пројектовањем нових класа уопштених ортогоналних каскадних филтара. Најпре је пројектована класа ортогоналних филтара заснована на уопштеним Малмквистовим функцијама (уопштени Малмквистови филтри). Ови филтри су ортогонални у смислу специјалног унутрашњег производа. Такође, формирана је нова класа ортогоналних филтара базирана на новим ортогоналним функцијама добијеним коришћењем билинеарне трансформације за пресликавање полова у нуле и нула у полове. Ови филтри представљају уопштење класичних каскадних ортогоналних филтара (Лежандрови, Минц-Лежандрови, Лагерови, Јакобијеви, Малмквистови), али и претходно развијених уопштених Малмквистових. Оба филтра су практично реализована, а касније и примењена у моделирању и идентификацији реалног система, какав је систем за хлађење гумене траке, често заступљен у аутомобилској индустрији. На крају поглавља, приказани су и могући правци у даљем развоју ових филтара, уопштавањем у погледу трансформације која се користи, али и проширивањем и на комплексне вредности полова и нула. Такође, у погледу примене истих, дат је предлог за коришћење неких других критеријума оптималности различитих од критеријума средње-квадратне грешке, коришћеног у овој дисертацији.

Четврто поглавље бави се развојем дигиталних каскадних ортогоналних филтара. Најпре, дат је кратак преглед развоја дигиталних ортогоналних филтара последњих неколико деценија. Затим су пројектоване дигиталне верзије две, већ развијене, класе каскадних филтара у аналогној техници, описаних у трећем поглављу. Ови нови дигитални ортогонални филтри су, такође, практично реализовани.

Пето поглавље је у потпуности посвећено DPCM систему. Овај, врло често заступљен систем за пренос сигнала, детаљно је описан, а посебна пажња дата је његовом најважнијем делу, линеарном предиктору, који ће бити од велике важности у даљој анализи. Такође, дат је и кратак преглед развоја ових система, као и подтипова истих.

Шесто поглавље разматра DPCM систем са становишта теорије аутоматског управљања. Извршена је комплетна анализа система у погледу стабилности, осетљивости и робустности. Поред класичног приступа

разматрана је стохастичка стабилност, као и робустност и то, како за ниже, тако и за више редове предиктора. Управо код предиктора вишег реда предложене су нове методе по први пут коришћене за испитивање особина овог система, између осталог и добро позната Монте Карло метода. На крају, извршено је моделирање датог система помоћу дигиталних ортогоналних филтара описаних у четвртом поглављу. Показано је изузетно слагање понашања предложеног модела заснованог на новим дигиталним филтрима с понашењем реалног система.

## ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације

Кандидат је успешно остварио све постављене циљеве из пријаве докторске дисертације. Наиме, главни циљ спроведеног научног истраживања био је развој нове класе ортогоналних филтара, како аналогних тако и дигиталних, заснованих на новом унутрашњем производу и новој класи уопштених Малмквистових ортогоналних рационалних функција. Ови филтри употребљени су, поред осталог, и за моделирање, анализу и синтезу једног актуелног и често коришћеног система за пренос сигнала, какав је DPCM систем. Такође, испитиване су особине ових система попут стабилности, вероватноће стабилности, осетљивости и робустности. У овој дисертацији, посебна пажња је поклоњена анализи линеарног дела DPCM система. Наиме, избор вредности коефицијената предиктора од кључног је значаја за квалитетно функционисање сваког DPCM система. То је и разлог испитивања како промене вредности коефицијената предиктора утичу на поједине особине предикционог филтра. Све ово је вршено за предикторе произвољног реда.

Потребно је нагласити да докторска дисертација представља добру основу за нова истраживања у овој области, како у погледу нових примена ових филтара у техници, тако и самом побољшању већ реализованих филтара.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације

По оци чланова Комисије, најзначајнији доприноси докторске дисертације дипл. инж. Николе Б. Данковића су:

- развој и пројектовање нове класе ортогоналних филтара заснованих на симетричној реципрочној трансформацији (уопштени Малмквистови филтри),
- развој и пројектовање нове класе ортогоналних филтара заснованих на симетричној билинеарној трансформацији,
- практична реализација аналогних и дигиталних верзија ових филтара,
- параметарска адаптивност свих развијених класа ортогоналних филтара, која омогућује квалитетну практичну примену у идентификацији, моделирању и управљању процесима,
- верификација перформанси нових класа филтара кроз практичну примену у моделирању реалних техничких система,
- показана предност нових филтара у односу на већ постојеће класе класичних ортогоналних филтара путем компаративне анализе,
- комплетна анализа стабилности (класична и стохастичка) DPCM система с предикционим филтром произвољног реда,
- анализа робустне стабилности у Харитоновљевом смислу DPCM система с предикционим филтром произвољног реда,
- анализа параметарске осетљивости DPCM система с предикционим филтром произвољног реда,
- добијање квалитетног модела DPCM предикционог филтра помоћу нових класа дигиталних ортогоналних филтара.

Требао би напоменути да је један део резултата, непосредно проистеклих или везаних за ову дисертацију, већ верификован у научним радовима објављеним у истакнутим међународним часописима, али и зборницима са међународних и домаћих конференција, који су цитирани у оквиру литературе.

Оцена самосталности научног рада кандидата

Кандидат Никола Б. Данковић је током бављења научно-истраживачким радом и израде докторске дисертације показао самосталност у значајној мери, иницирао део истраживања и предводио развој нових класа уопштених ортогоналних филтара. Такође, по први пут је спровео свеобухватну анализу DPCM система. Наравно, публиковане референце и поједини резултати, укључујући и практичне реализације нових филтара представљених у дисертацији, јесу резултат заједничког рада истраживача Лабораторије за моделирање, симулацију и управљање системима при Катедри за аутоматiku.

## ЗАКЉУЧАК

На основу увида у поднету докторску дисертацију може се закључити да докторска дисертација дипл. инж. Николе Б. Данковића садржи низ оригиналних научних доприноса у развоју нових уопштених ортогоналних филтара. Резултати истраживања поседују значајне научне доприносе, који се могу практично применити у моделирању техничких система а, такође, обезбеђена је добра основа за будућа истраживања у овој научној области, с циљем даљег унапређења већ реализованих филтара.

Имајући у виду значај обрађене проблематике и остварене научне резултате, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Електронског факултета у Нишу да се прихвати докторска дисертација кандидата дипл. инж. Николе Б. Данковића, под насловом “Развој нове класе ортогоналних филтара с применом у моделирању, анализи и синтези система за диференцијалну импулсно кодну модулацију”, и одобри њена усмена одбрана.

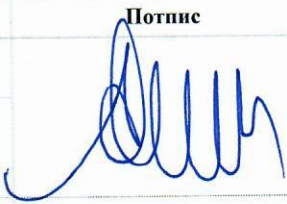




## КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовану Комисије

8/20-01-006/17-023

Датум именовања Комисије

18. 09. 2017.

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	Проф. др Драган Антић, редовни професор	председник, ментор	
	Аутоматика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
2.	Проф. др Властимир Николић, редовни професор	члан	
	Аутоматско управљање и роботика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Машински факултет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
3.	Проф. др Зоран Перић, редовни професор	члан	
	Телекомуникације <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
4.	Проф. др Дарко Митић, ванредни професор	члан	
	Аутоматика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
5.	Доц. др Марко Милојковић, доцент	члан	
	Аутоматика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	

### ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Датум и место:

02. 10. 2017., Ниш

Примљено 02.10.2017.
Број
07/03-055/17-004