

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука

(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

56/1

(Број захтева)

14.01.2010. године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

МИЛАНА (РОДОЉУБ) РИСТАНОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИЛАН (РОДОЉУБ) РИСТАНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

СИНТЕЗА АУТОПИЛОТА ПРИМЕНОМ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА

Универзитет је дана 04.07.2005. год. својим актом под бр 123/4 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

СИНТЕЗА АУТОПИЛОТА ПРИМЕНОМ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИЛАНА (РОДОЉУБ) РИСТАНОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 01.10.2009. године, одлуком факултета под бр. 1016/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Драган Лазић</u>	редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
2. <u>Др Зоран Рибар</u>	редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
3. <u>др Ђорђе Благојевић</u>	редовни професор	Војно машинство	Машински факултет Београд
4. <u>Др Жарко Ћојбашић</u>	ванредни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет у Нишу
5. <u>Др Милан Матијевић</u>	ванредни професор	Аутоматско управљање	Машински фак. у Крагујевцу

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 17.12.2009. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1016/4
Датум: 24.12.2009.
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Драган Лазић, ментор, проф.др Зоран Рибар, проф.др Ђорђе Благојевић, проф.др Жарко Ђојбашић, Машински факултет у Нишу, проф.др Милан Матијевић, Машински факултет у Крагујевцу о оцени докторске дисертације „Синтеза аутопилота применом природно пратећег управљања“ докторанта мр Милана Ристановића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 17.12.2009. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације „**СИНТЕЗА АУТОПИЛОТА ПРИМЕНОМ ПРИРОДНО ПРАТЕЋЕГ УПРАВЉАЊА**“ докторанта **мр МИЛАНА РИСТАНОВИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАУЧНО-НАСТАВНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
мр Милана Р. Ристановића.

НА основу одлуке Научно-наставног већа број 1016/2 од 01.10.2009. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Милана Р. Ристановића, дипл.инж.маш. под насловом:

“СИНТЕЗА АУТОПИЛОТА ПРИМЕНОМ ПРИРОДНО ПРАТЕЋЕГ УПРАВЉАЊА”

Након детаљног проучавања приложене докторске дисертације подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Увод

1.1 Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Милана Ристановића, дипл.инж.маш. под насловом “Синтеза аутопилота применом природно пратећег управљања” садржи 101 страну, 54 слике и 71 цитиране референце. Дисертација садржи извод, предговор, садржај, списак слика, списак коришћених ознака и додатке.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Након одбрањене магистарске тезе 2001. године, мр Милан Ристановић, дипл.инж.маш. се, у договору са потенцијалним ментором проф. др Драганом Лазићем, активно укључује у низ истраживачких пројеката који се изводе у оквиру Центра за аутоматско управљање и Центра за војно машинство на Машинском факултету у Београду. Након три године од почетка истраживања, кандидат и потенцијални ментор, проф. др Драган Лазић су дописом бр. 373/1 од 29.03.2005. године предложили Научно-наставном већу Машинског факултета у Београду тему докторске дисертације “Синтеза аутопилота применом природно пратећег управљања”. На основу Статута Машинског факултета, комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме, поднела је 20.5.2005. године извештај бр. 373/3, у коме се закључује:

- Да кандидат мр Милан Ристновић дипл.инж.маш. испуњава законске и друге услове за рад на докторској дисертацији;
- Да предложена тема докторске дисертације припада научној области Аутоматско управљање, као и да је тема докторске дисертације у потпуности адекватна и научно заснована;
- Да предложени ментор задовољава све услове предвиђене Законом и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду.

На основу тога, Комисија је предложила Научно-наставном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се мр Милану Ристановићу дипл.инж.маш. одобри израда докторске дисертације под радним насловом “Синтеза аутопилота применом природно пратећег управљања” и да се за ментора одреди др Драган Лазић, ванредни професор на Катедри за аутоматско управљање Машинског факултета. Научно-наставно веће Машинског факултета је прихватило овај извештај и проследило га стручном већу Универзитета у Београду за машинске, саобраћајне и организационе науке. Стручно веће Универзитета је дало своју сагласност, на основу чега је декан Машинског факултета донео одлуку да се прихвати тема докторске дисертације и именује предложени ментор.

Ментор је обавестио Научно-наставно веће Машинског факултета да је кандидат завршио докторску дисертацију (допис бр. 1016/1 од 24.09.2009.), на основу чега је Научно-наставно веће на седници одржаној 1.10.2009. године именovalo Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације, која подноси овај Извештај.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата мр Милана Ристановића дипл.инж.маш., под насловом “Синтеза аутопилота применом природно пратећег управљања”, припада техничким наукама, прецизније научној области Аутоматско управљање, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Милан Ристановић је рођен 20.03.1972. године у Горњем Милановцу. Основну и средњу школу је завршио у Горњем Милановцу са одличним успехом (носилац Вукове дипломе). Машински факултет Универзитета у Београду уписује 1990. године, а студије завршава у року, са просечном оценом 9,00 (девет и 00/100). Дипломски рад је одбранио 11.07.1996. године, из предмета Нелинеарни системи са оценом 10, чиме стиче звање дипломираног инжењера машинства одсека за Аутоматско управљање. Поводом Дана Машинског факултета бива награђен за изванредан успех постигнут током студија.

Одмах након дипломирања, школске 1996/97. године, уписује се на последипломске студије, такође на Одсеку за аутоматско управљање, Машинског факултета у Београду. Све испите предвиђене планом и програмом студија је положио у року, после чега је почео са израдом магистарског рада. Магистарски рад под називом “Анализа и синтеза нелинеарних управљачких алгоритама реализованих пнеумоелектричним компонентама” одбранио је 11.07.2001. године.

Од 21.09.1998. године је запослен на Машинском факултету Универзитета у Београду као асистент-приправник, а пре тога је, од септембра 2006. године, као стипендиста Министарства за науку и технологију Републике Србије био ангажован на пројекту овог министарства, и у својству истраживача-стипендисте радио на Катедри за аутоматско управљање. У звање асистента на Катедри за аутоматско управљање је изабран 15.07.2002. године, односно 9.07.2003. године је изабран у звање асистента за ужу научну област Аутоматско управљање.

У досадашњем раду на Машинском факултету, изводио је аудиторне и лабораторијске вежбе, вршио припрему, преглед и оцену студентских задатка из предмета

Аутоматско управљање, Основе аутоматског управљања, Нелинеарни системи, Дискретни дигитални САУ, Процесни рачунари и аутоматизација, Увод у аутоматско управљање, Системи аутоматског управљања, Рачунарско управљање, Дигитални системи и Програмирање у аутоматском управљању, као и курс Основе аутоматског управљања за студенте Војно-техничке академије ВЈ. Изводио је наставу на постдипломским студијама на енглеском језику из предмета Control and Testing и Introduction to Control. Активно учествовао у формирању лабораторија у Заводу за аутоматско управљање и постављању лабораторијских вежби из више предмета. Осмислио и увео курсеве програмског језика С и Матлаба за студенте Групе за аутоматско управљање. Аутор је и коаутор 17 научно-стручних радова, учесник је 20 научно-истраживачких, развојних, главних и извођачких пројеката. Коаутор је једног уџбеника.

Говори, чита и пише енглески и немачки језик.

2 Опис дисертације

2.1 Структура и садржај дисертације

Докторску дисертацију чине следећа поглавља:

1. Увод
2. Динамички модел објекта
3. Синтеза аутопилота
4. Системи покретача
5. Закључци и правци даљег истраживања
6. Прилог (3 прилога)

2.2 Кратак приказ поглавља

После Извода рада (на српском и енглеском језику), Захвалности, детаљног списка ознака и потпуног списка слика је Поглавље 1.

Поглавље 1 - Увод је посвећено истраживачком проблему и описује мотивацију и предмет дисертације. У овом оглављу се дефинишу истраживачки циљеви и описује се примењена методологија рада. Поглавље се завршава кратким садржајем рада.

Поглавље 2 под насловом Динамички модел објекта је посвећено развоју једначина кретања ракете. Приказани су координатни системи од интереса, дате су кинематске и динамичке једначине кретања ракете. Извршена је линеаризација једначина кретања техником малих поремећаја. Добијене су једначине поремећеног кретања ракете по каналима ваљања, односно пропињана и скретања у облику диференцијалних једначина стања и једначина излаза. У циљу анализе динамике поремећеног кретања по каналу ваљања, одређена је преносна функција поремећеног кретања по углу ваљања у односу на отклон управљачког крила. Дати су дијаграми који приказују промене фактора појачања преносне функције и временске константе преносне функције по каналу ваљања. За поремећено кретање по каналу пропињања је одређена преносна функција по нормалном убрзању у односу на отклон управљачког крила у функцији сопствене учестаности, фактора пригушења и фактора појачања, а промене ових параметара су приказане на одговарајућим дијаграмима. Дат је израз који одређује зависност максималног нормалног убрзања у зависности од максималног отклона управљачког крила, као и одговарајући дијаграм који ту зависност илуструје.

Поглавље 3 носи наслов Синтеза аутопилота. У првом делу овог поглавља је дат преглед резултата из области пратећег управљања, са детаљном листом референци и освртом на најзначајније резултате од интереса за овај рад. У другом делу поглавља

је извршена синтеза аутопилота применом природно пратећег управљања. Најпре је извршено проширење и анализа диференцијалне једначине понашања поремећеног кретања по каналу ваљања у смислу увођења поремећајног момента ваљања услед несавршености израде ракете, а добијени модел је искоришћен за верификацију алгорита управљања. Предложена је модификација објекта у смислу задовољења услова природне пратљивости, на основу чега је синтетисан ПД природно пратећи алгоритам управљања. Верификација аутопилота по каналу ваљања је извршена нумеричким симулацијама за реалне вредности угла закошења крила. За канале пропињања, односно скретања, извршена је синтеза аутопилота по убрзању. Такође је уведена модификација објекта у смислу задовољења услова природне пратљивости, одакле је проистекао ПД природно пратећи алгоритам управљања. Верификација алгорита управљања је извршена нумеричким симулацијама за променљиву жељену вредност нормалног убрзања у функцији максималног нормалног убрзања. Коначно, добијени резултати су проверени укључивањем динамике покретача у отворено коло система регулисања.

Поглавље 4 - Системи покретача приказује резултате истраживања на развоју система покретача. Дају се комплетна решења за две технологије покретача: за електромеханички систем покретача крила и за систем управљања вектора потиска. Приказани су детаљни описи техничких решења и дати су одговарајући математички модели система. Детаљно су описане опитне инсталације, које су посебно конструисане у сврху експерименталне верификације резултата. Извршена је синтеза управљачких система. Презентовани су развијени симулациони модели за нумеричко симулирање рада система. Дато је поређење резултата експерименталних са нумеричким симулацијама. Показано је слагање резултата експерименталних и нумеричких симулација, чиме су верификовани развијени математички модели. Експериментално су одређене динамичке карактеристике обе врсте покретача, чиме је доказано да развијени управљачки системи задовољавају пројектне услове.

Завршно поглавље дисертације је Поглавље 5 под насловом Закључци и правци даљег истраживања и оно даје осврт на резултате остварене у раду. Поглавље обухвата и предлог смерница даљег истраживања.

У Додатку А су табеларно приказани аеродинамички коефицијенти настали за разматрани вођени ракетни пројектил R-537.

Додатак Б садржи табеларно приказане резултате експерименталног одређивања учестаносне карактеристике система електромеханичког покретача крила.

Додатак Ц се односи на систем управљања вектора потиска и садржи табеларно приказане резултате експерименталног одређивања учестаносне карактеристике система управљања вектора потиска, као и листинг функција у програмском језику С за реализацију развијеног концепта управљања.

3 Оцена дисертације

3.1 Савременост, оригиналност и значај

Напретком рачунарске технике, праћеног повећањем поузданости и падом цена, стекли су се услови за примену дигиталних рачунара као корекционих органа у свим областима технике, што је омогућило интензиван развој софистицираних управљачких система. Тим формиран у оквиру Центра за аутоматско управљање којим је руководио ментор докторске дисертације, заједно са Центром за војно машинство, покренуо је низ истраживачких пројеката везаних са развој система управљања и вођења ракетних пројектила, система покретача, као и пратећих инсталација за испитивање карактеристика ових система. Развијани системи су засновани на примени последње генерације технолошких достигнућа из области дигиталних рачунара, електронике, електротехнике, електрохидрауличких компоненти и софтверских алата. Савременост, оригиналност и значај ових истраживања је неоспоран и потврђен је кроз низ објављених научних радова у значајним међународним часописима и саопштењима на међу-

народним конференцијама.

Руководилац истраживачког тима и ментор докторске дисертације је био у позицији да, током вишегодишњег истраживања, анализира и вреднује рад кандидата. Његов рад на проширивању поља примене природно пратећег управљања на синтезу аутопилота вођеног ракетног пројектила, затим на анализи, синтези, развоју, имплементацији и тестирању управљачких система покретача, несумњиво има оригиналност и значај који се захтева од једне квалитетне докторске дисертације.

3.2 Референтна и коришћена литература

У дисертацији је коришћена сва доступна литература везана за област истраживања. Треба нагласити да је у јавности присутно веома мало публикованих резултата везаних за област истраживања коју је кандидат обрађивао. Упркос томе, кандидат је показао висок ниво познавања доступних достигнућа објављених у релевантној стручној и научној литератури, и коректно је цитирао поједине тимове и ауторе.

3.3 Примењене научне методе и њихова адекватност за спроведено истраживање

Истраживање се заснива на математичком моделовању објекта, полазећи од познатих једначина кретања ракете у простору као нестационарног објекта. На основу формираног математичког модела у облику линеаризованих једначина кретања, примењене су методе анализе динамичког понашања ракете. Нумеричким симулацијама је вршена верификација синтетисаних алгоритама управљања.

Експерименталним испитивањем управљачких система покретача на опитним инсталацијама је потврђивана веродостојност развијених математичких модела, односно симулационих модела развијених у модерним софтверским окружењима, чиме се стварају могућности за даља истраживања.

3.4 Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Остварени резултати се односе на конкретан вођени ракетни пројектил R-573. Међутим, на основу резултата примене природно пратећег управљања на датом објекту, закључује се да је ове алгоритме управљања могуће применити и на друге вођене пројектиле који се могу приказати линеаризованим једначинама кретања сличног типа као у случају посматраног пројектила.

С друге стране, развијени математички, као и симулациони модел електромеханичког покретача крила применљив је и на друге покретаче погоњене мотором једносмерне струје са четкицама, управљане струјним драјвером. Развијени управљачки систем је успешно имплементиран, његове динамичке карактеристике задовољају пројектне услове, а коначна верификација је извршена летом у пробној мисији пројектила R-573.

Оригинални приступ решавања проблема инверзне кинематике система управљања вектора потиска је дао опште, аналитичко решење које може да се примени на системе са другачијим конструктивним карактеристикама. Верификација остварених резултата је изведена на посебно конструисаној опитној инсталацији, која обезбеђује услове веома блиске реалним условима у експлоатацији.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кроз рад на докторској дисертацији који је трајао преко 5 година, као и кроз период израде магистарског рада, кандидат се развио у успешног самосталног истраживача из области аутоматског управљања. Показао је да поседује неопходно стручно и теоријско знање, али и интелектуални потенцијал и друге индивидуалне квалитете (вредноћу, иницијативу, жељу за знањем, упорност, скромност) неопходне за успешан научно-истраживачки рад. Кандидат течно говори, чита и пише енглески и немачки језик, а велики број научних и стручних референци је објавио на енглеском језику.

4 Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Дисертација кандидата Ристановића је настала као плод вишегодишњег рада на истраживачким пројектима везаним за проблеме управљања и вођења ракетних пројектила, које одликује веома велика сложеност и мултидисциплинарност, за чију су успешну реализацију неопходна експертска знања из великог броја научно-техничких области и координисан тимски рад. Рад кандидата приказује један део резултата насталих током реализације наведених пројеката, везаних за анализу, синтезу, интеграцију и тестирање развијаних управљачких система.

У оквиру дисертације урађено је следеће:

- Полазећи од линеаризованих једначина поремећеног кретања по каналу ваљања, одн. пропињања и скретања, разматрана је примена природно пратећих алгоритама управљања на синтезу аутопилота. Анализом преносних функција поремећеног кретања утврђено је да оне не задовољавају услове природне пратљивости. Извршена је модификација преносних функција у смислу задовољења услова природне пратљивости, на основу чега је израчуната вредност параметра $(c^T b)^{-1}$ у алгоритму управљања. Параметри K_1 , K_2 ПД природно пратећег алгоритма управљања, као и корекциони фактор δ , добијени су нумеричким симулацијама, водећи рачуна о квалитету динамичког понашања објекта.
- У циљу верификовања резултата синтезе аутопилота, у програмском пакету Simulink су развијени симулациони модел поремећеног кретања по каналу ваљања који укључују нестационарност објекта, као и нелинеарности типа засићења и засићења по брзини. Као улазни подаци за симулацију, користе се аеродинамички коефицијенти настали мерењем у аеротунелу и временски променљиви параметри добијени симулацијом у програмском пакету CADAC. Резултати нумеричких симулација показују да аутопилот по каналу ваљања успешно компензује дејство поремећајног момента услед закошења крилаца у свим фазама мисије. Симулација аутопилота по убрзању за канале пропињања, одн. скретања показује да аутопилот успешно прати променљиву жељену вредност пропорционалну максималном нормалном убрзању. Коначно, извршене нумеричке симулације које укључују динамику система покретача показују да аутопилот добро ради и када се у отвореном колу придода динамика ових система.
- За систем електромеханичког покретача управљачког крила је развијен нелинеарни математички модел, односно симулациони модел у програмском пакету Simulink који је коришћен за синтезу ПИД ширинско-импулсно модулисаног алгоритма управљања.
- Дат је детаљан приказ опитне инсталације посебно конструисане у сврху експерименталног тестирања система електромеханичког покретача крила.
- Експерименталном верификацијом, потврђено је поклапање нумеричких симулација и експеримента. Верификовани нелинеарни математички модел, одн. симулациони модел искоришћен је за развој нелинеарне модификације ПИД алгоритма управљања. Поклапање нумеричких симулација са експериментално снимљеним резултатима показује да су прелазни процес и учестаносна карактеристика затвореног система значајно побољшани са модификованим алгоритмом управљања.
- Дат је детаљан приказ система управљања потиска са два покретна млазника.
- За систем управљања вектора потиска је развијен оригинални приступ решењу инверзног проблема кинематике у простору излаза уместо уобичајеног начина - у простору унутрашње динамике система. Обзиром да је проблем управљања

правац вектора потиска, позициона повратна спрега је затворена преко давача угла отклона млазника мотора око оса Кардановог зглоба, уместо мерења положаја клипњача серво цилиндара. На овај начин се нелинеарности у систему, као и механичке несавршености задржавају унутар затвореног система и бивају третиране као грешке моделовања. Развијени концепт је дао генерално и једноставно применљиво аналитичко решење.

- Детаљно је описана опитна инсталација конструисана у сврху експерименталног тестирања система управљања вектора потиска и извршена је експериментална верификација резултата.
- Развијене су функције у програмском језику C за имплементацију наведеног концепта управљања вектора потиска.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Као и код сваког успешног рада, добијени резултати представљају повод за даља истраживања.

Синтеза аутопилота у овом раду се ослања на публиковане резултате из области природно пратећих алгоритама управљања и представљају још један корак ка проширивању области технике где ови алгоритми могу успешно да се примене. Услов природне пратљивости развијен за линеарне стационарне динамичке системе примењен на датом објекту је дао добре резултате, међутим даљим истраживањима је потребно истражити потребне и довољне услове природне пратљивости за линеарне нестационарне системе.

Анализа електромеханичких покретача управљаних ширинско-импулсно модулисаним сигнаlima је изразито сложена због дисконтинуалне динамике система. Један од начина за третирање оваквих система јесте коришћење приближних модела система применом техника осредњавања у простору стања. До сада публиковани резултати из ове области су веома штури и обрађују само одређене класе система. С тим у вези, даља истраживања могу да иду у правцу развоја одговарајућих техника анализе за посматрању класу електромеханичких система. Аутор је у листи референци навео релевантне радове који могу да послуже као смерница ка даљем правцу истраживања.

Наведене проблеме је уочио и сам аутор (поглавље 5) и најавио даљи рад на њиховом превазилажењу.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Сама дисертација је мотивисана решавању конкретних и практичних питања везаних за вођени ракетни пројектил R-537. Неки од остварених резултата, конкретно систем електромеханичког покретача управљачког крила је већ успешно имплементиран, о чему сведочи пробни лет пројектила R-537. У сваком случају, знања, технике и технологије проистекле из истраживања током израде овог рада представљају значајно наслеђе и вредну базу знања за будуће пројекте и истраживања из области управљања и вођења пројектила.

4.4 Верификација научног доприноса

Допринос докторске дисертације је верификован кроз низ радова које је аутор објавио у међународним и домаћим часописима и саопштио на скуповима међународног значаја:

МЕЂУНАРОДНИ ЧАСОПИСИ

1. Dragan V. Lazić, Milan R. Ristanović, “Electrohydraulic Thrust Vector Control of Twin Rocket Engines with Position Feedback via Angular Transducers”, *Control Engineering Practice*, Journal of IFAC, Elsevier Science, 15 (2007), pp. 583-594. (часопис је на SCI листи)
2. Milan Ristanović, Dragan Lazić, Ivica Indjin, “Modelling, Simulation and Control of an Electromechanical Aero-fin Control System With PWM Controlled DC Motor”, *Автоматика и вычислительная техника* and *Automatic Control and Computer Sciences*, Allerton Press, Inc. distributed by Springer, Vol. 42, No. 4, 2008, pp. 184-190.

ДОМАЋИ ЧАСОПИСИ

1. Milan Ristanović, Dragan Lazić, Ivica Indjin, “Experimental Validation of Increased Performances of an Electromechanical Aero-fin Control System With PWM Controlled DC Motor”, *FME Transactions*, Faculty of Mechanical Engineering Belgrade, Volume 34, Number 1, 2006, pp. 15-20.
2. Milan R. Ristanović, Dragan V. Lazić, Ivica Indjin “Nonlinear PID Controller Modification of the Electromechanical Actuator System for Aero-fin Control With a PWM Controlled DC Motor”, *The Scientific Journal Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics*, Vol. 7, N° 1, 2008, pp. 131-139.

МЕЂУНАРОДНЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ

1. D. V. Lazić, M. R. Ristanović, “Thrust Vector Control of Twin Nozzle Rocket Engine”, *Proceedings of the XIII Triennial International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements SAUM'04*, Belgrade, Serbia, November 5-6, 2004, pp. 94-98.
2. Milan R. Ristanović, Dragan V. Lazić, Ivica Indjin, “Modelling, Simulation and Control of an Electromechanical Aero-fin Control System With PWM Controlled DC Motor”, *Proceedings of the ICASAT 2007 - International Conference on Aeronautical Science and Air Transportation*, Tripoly, Libya, April 23-25, 2007, pp. 408-418.
3. Dragan V. Lazić, Milan R. Ristanović, “Electrohydraulic Position Control Servosystem of the Twin Rocket Engine TVC System”, *Proceedings of the ICASAT 2007 - International Conference on Aeronautical Science and Air Transportation*, Tripoly, Libya, April 23-25, 2007, pp. 398-407.
4. Milan R. Ristanović, Dragan V. Lazić, Ivica Indjin, “Improved Transient Response in an Electromechanical Actuator System for Aero-fin Control With a PWM Controlled DC Motor”, *Proceedings of the IX Triennial International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements SAUM'07*, Niš, Serbia, November 22-23, 2007, pp. 94-98.

5 Закључак и предлог

НА основу детаљног прегледа докторске дисертације под називом “СИНТЕЗА АУТОПИЛОТА ПРИМЕНОМ ПРИРОДНО ПРАТЕЋЕГ УПРАВЉАЊА” кандидата мр Милана Ристановића дипл.инж.маш., Комисија за оцену и одбрану сматра да дисертација представља оригиналан и веома успешан научно-истраживачки рад из области аутоматског управљања, у коме је аутора дао значајан допринос развоју алгоритама аутопилота вођених ракетних пројектила, развоју система покретача, као и решавању низа важних практичних проблема везаних за анализу, синтезу, интеграцију и тестирање развијаних система. Комисија такође сматра да је кандидат кроз дисертацију показао веома висок ниво стручног и теоријског знања, које му омогућава даљи успешан научно-истраживачки рад.

Комисија за оцену и одбрану зато констатује да је кандидат мр Милан Р. Ристановић, дипл.инж.маш. успешно завршио докторску дисертацију “СИНТЕЗА АУТОПИЛОТА ПРИМЕНОМ ПРИРОДНО ПРАТЕЋЕГ УПРАВЉАЊА” и са задовољством предлаже Научно-наставном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, стави дисертацију на увид јавности и да, у складу са Законом и Статутом Машинског факултета, закаже њену јавну одбрану.

У Београду, 01.12.2009.

Чланови Комисије:

Др Драган Лазић, редовни професор
Машинског факултета у Београду, ментор

Др Зоран Рибар, редовни професор
Машинског факултета у Београду

Др Ђорђе Благојевић, редовни професор
Машинског факултета у Београду

Др Жарко Ђојбашић, ванредни професор
Машинског факултета у Нишу

Др Милан Матијевић, ванредни професор
Машинског факултета у Крагујевцу