

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

1191/4

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)
23.01.2011. 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:

РАДИШЕ (ЖИВОРАД) ЈОВАНОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **РАДИША (ЖИВОРАД) ЈОВАНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

СИНТЕЗА ФАЗИ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧКИХ СЕРВОСИСТЕМА

Универзитет је дана 14.11.2005. год. својим актом под бр 123/7 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

СИНТЕЗА ФАЗИ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧКИХ СЕРВОСИСТЕМА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **РАДИШЕ (ЖИВОРАД) ЈОВАНОВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 08.07.2010. године, одлуком факултета под бр. 1191/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Зоран Рибар</u>	Редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
2. <u>Др Зоран Бучевац</u>	Редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
3. <u>Др Драган Лазић</u>	Редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
4. <u>Др Ђуро Коруга</u>	Редовни професор	Биомедицинско инжењерство	Машински факултет Београд
5. <u>Др Новак Недић</u>	Редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Краљево

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 23.12.2010. 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: 1191/4
Датум: 24.12.2010.
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Зоран Рибар, ментор, проф.др Зоран Бучевац, проф.др Драган Лазић, проф.др Ђуро Коруга, проф.др Новак Недић, Машински факултет Краљево о оцени докторске дисертације „Синтеза фази пратећих алгоритама управљања електрохидрауличких сервосистема“ докторанта мр Радише Јовановића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 23.12.2010. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„СИНТЕЗА ФАЗИ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧКИХ СЕРВОСИСТЕМА“** докторанта **МР РАДИШЕ ЈОВАНОВИЋА**, 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 Радише Ж. Јовановића.

НА основу одлуке Научно-наставног већа број 1191/2 од 08.07.2010. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Радише Ж. Јовановића, дипл.инж.маш. под насловом:

"СИНТЕЗА ФАЗИ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧКИХ
СЕРВОСИСТЕМА"

Након детаљног проучавања приложене докторске дисертације подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Увод

1.1 Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Радише Јовановића, дипл.инж.маш. под насловом "Синтеза фазы пратећих алгоритама управљања електрохидрауличких сервосистема" садржи 198 страна, 101 слику и 169 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 1999. године, мр Радиша Јовановић, дипл.инж.маш. се, у договору са потенцијалним ментором проф. др Зораном Рибаром, активно укључује у низ истраживачких пројеката који се изводе у оквиру Центра за аутоматско управљање на Машинском факултету у Београду. Кандидат и потенцијални ментор, проф. др Зоран Рибар су дописом бр. 598/1 од 24.05.2005. године предложили Научно-наставном већу Машинског факултета у Београду тему докторске дисертације "Синтеза фазы пратећих алгоритама управљања електрохидрауличких сервосистема". На основу Статута Машинског факултета, комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме, поднела је 19.09.2005. године извештај бр. 598/3, у коме се закључује:

- Да кандидат мр Радиша Јовановић 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 Радиши Јовановићу, дипл.инж.маш. одобри израда докторске дисертације под радним насловом "Синтеза фази пратећих алгоритама управљања електрохидрауличких сервосистема" и да се за ментора одреди др Зоран Рибар, редовни 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. Кандидату је на седници Научно-наставног већа од 14.10.2010. године одобрено продужење рока за израду дисертације до 16.11.2011. године, уз сагласност Катедре за аутоматско управљање и ментора.

Ментор је обавестио Научно-наставно веће Машинског факултета да је кандидат завршио докторску дисертацију на основу чега је Научно-наставно веће на седници одржаној 08.07.2010. године Одлуком бр. 1191/2 именовало Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације, која подноси овај Извештај.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата мр Радише Јовановића дипл.инж.маш., под насловом "Синтеза фази пратећих алгоритама управљања електрохидрауличких сервосистема", припада техничким наукама, прецизније научној области Аутоматско управљање, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Радиша Јовановић је рођен 08.05.1969. године у Смедереву. Основну и средњу школу је завршио са одличним успехом (носилац Вукове дипломе). Машински факултет Универзитета у Београду уписује 1989. године, а студије завршава у року, са просечном оценом 8,74 (осам и 74/100). Дипломски рад је одбранио 25.04.1995. године, из предмета Пројектовање линеарних система и са оценом 10, чиме стиче звање дипломираног инжењера машинства одсека за Аутоматско управљање.

Одмах након дипломирања, школске 1995/96. 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 "Реализација управљачких система на бази фази логике" одбранио је 19.10.1999. године.

Од децембра 1999. године је запослен на Машинском факултету Универзитета у Београду као асистент, а пре тога је, од октобра 1996. 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 досадашњем раду на Машинском факултету изводио је аудиторне и лабораторијске вежбе, вршио припрему, преглед и оцену студентских задатка из предмета: *Основе аутоматског управљања, Пнеумоелектрични управљачки системи, Хидроелектрични*

управљачки системи, Сервомеханизми ракетних система, Увод у аутоматско управљање, Системи аутоматског управљања, Управљачки системи, Нелинеарни системи, Програмирање у аутоматском управљању, Технологија управљачких система и Фази управљачки системи. Учествовао у формирању лабораторија у Заводу за аутоматско управљање и постављању лабораторијских вежби из више предмета. У области научно-истраживачке сарадње учествовао у раду Лабораторије за управљачке системе, у припремању, организовању и одржавању низа курсева на Машинском факултету из области програмирања и примене индустријских рачунара у реализацији управљачких система, где су присуствовали стручњаци и инжењери из водећих наших фирми. Аутор је и коаутор 10 научно-стручних радова, учесник је преко 20 научно-истраживачких, развојних, главних и извођачких пројеката. Коаутор је три скрипте за иновацију знања. Говори, чита и пише енглески и руски језик.

2 Опис дисертације

2.1 Структура и садржај дисертације

Докторску дисертацију чине следећа поглавља:

1. Увод
2. Опис система
3. Математичко моделовање електрохидрауличног сервосистема
4. Теорија праћења
5. Фази пратеће управљање
6. Симулациони резултати
7. Закључци и правци даљег истраживања
8. Прилог (3 прилога)

2.2 Кратак приказ поглавља

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

Поглавље 1 - Увод је посвећено дефинисању истраживачког проблема. Садржи уводна разматрања везана за теорију фази управљања, пратеће управљање и управљање електрохидрауличких система, као и преглед литературе релевантан за овај рад, са посебним освртом на сва три поменута аспекта овог рада. Такође, описује мотивацију и предмет дисертације, истраживачке циљеве и примењену методологију. Поглавље се завршава кратким садржајем рада.

Поглавље 2 под насловом Опис система је посвећено опису система који се разматра у раду, и захтеви који се постављају систему. Анализира се структура електрохидрауличких сервосистема, са освртом на нелинеарности и динамику појединих подсистема. Дефинише се конкретан, реалан електрохидраулички сервосистем који ће послужити за верификацију предложених алгоритама управљања.

Поглавље 3 носи наслов Математичко моделовање електрохидрауличног сервосистема и посвећено је математичком моделовању електрохидрауличног сервосистема, који се састоји од електрохидрауличног серворазводника и цилиндра. Моделовање се врши уз навођење свих претпоставки, и као резултат се добија нелинеарни математички модел електрохидрауличног сервосистема у простору стања. Добијени нелинеарни математички модел узима у обзир нелинеарности из проточних једначина као и нелинеарности настале услед сила сувог и вискозног трења.

Поглавље 4 - Теорија праћења представља преглед литературе везане за пратеће управљање, с детаљним освртом на концепте практичног пратећег управљања и природног пратећег управљања. Дате су дефиниције, критеријуми и теореме које су од важности за касније дефинисање фази пратећих алгоритама управљања, са детаљним прегледом референци.

Поглавље 5 - Фази пратеће управљање представља најобимнији део овог рада. У уводном делу Поглавља даје се краћи осврт на фази управљање и две најпознатије методе у синтези фази контролера, Мамдани и Ларсен методу, као и на фази управљање засновано на моделу. Такође, краћи преглед литературе везан за аналитичку структуру фази контролера део је овог Поглавља. За нелинеаран систем описан у простору стања, а чији је посебан случај и разматрани електрохидраулички сервосистем, дефинишу се различити алгоритми фази пратећег управљања, и то за оба типа фази контролера, Мамдани и Такаги-Сугено. Дефинисани фази алгоритми односе се на различите особине, односно врсте праћења: практично експоненцијално праћење, практично праћење са задатим временом достиживости, практично праћење са задатим временом смирења, и практично праћење другог и трећег степена. При томе, у синтези алгоритама користе се приступи са једном и са две улазне величине. Различитим избором структуре фази контролера (функције припадности улазних и излазних величина, база правила, метода фази закључивања, метода дефазификације) дефинишу се и доказују различити линеарни и нелинеарни алгоритми практичног пратећег управљања. Поред тога, дефинисан је и нови критеријум за остваривање практичног праћења са задатим временом смирења, у коме се елиминише утицај функције $\text{sign}(\cdot)$ на грешку избором нелинеарности типа засићења. Претходно дефинисани критеријум није везан само за теорију фази управљања, већ се може користити и у класичној теорији пратећег управљања.

Поглавље 6 - Симулациони резултати садржи верификацију предложених фази алгоритама пратећег управљања на посматраном електрохидрауличком сервосистему. Дати су резултати симулације рада система са дефинисаним алгоритмима управљања, поређење резултата, као и анализе и смернице при избору параметара алгоритама. Симулација рада система је извршена применом за те сврхе развијеног симулационог модела система у програмском пакету Матлаб/Симулинк.

Завршно поглавље дисертације Поглавље 7 под насловом Закључци и правци даљег истраживања даје осврт на резултате остварене у раду. Поглавље обухвата и предлог смерница даљег истраживања.

У Додатку А су дати бројчане вредности коефицијената у нелинеарном математичком моделу електрохидрауличког система, као и сам модел.

Додатак Б садржи симулациони модел електрохидрауличког сервосистема развијен у Симулинку.

У Додатку Ц се налази Лема неопходна за доказ одређених критеријума праћења.

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. У оквиру Центра за аутоматско управљање реализован је и покренут низ истраживачких пројеката везаних са развој система управљања. 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 истраживачких и практично имплементираних пројеката. Ментор докторске дисертације је био у позицији да, током вишегодишњег истраживања, анализира и вреднује рад кандидата. Његов рад на проширивању поља примене пратећег управљања,

фази управљања у проблемима управљања различитих техничких објеката и процеса, затим на анализи, синтези, развоју и имплементацији несумњиво има оригиналност и значај који се захтева од једне квалитетне докторске дисертације.

3.2 Референта и коришћена литература

У дисертацији је коришћена сва доступна литература везана за област истраживања. Из веома садржајног прегледа досадашњих истраживања и радова у области управљања електрохидрауличких система, фази управљања и теорије праћења може се уочити мотивација и место теме ове дисертације, као и извршити поређење добијених резултата са већ постојећим. 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 електрохидрауличног сервосистема, коришћењем познате методологије, на основу физичких закона и једначина. На основу формираног математичког модела метода примењене су методе анализе динамичког понашања. Методама синтезе развијени су нови алгоритми управљања, засновани на теорији пратећег управљања и фази логике. Развијене методе и предложени алгоритми треба да обезбеде да стварно динамичко понашање објекта, у овом случају електрохидраулички сервосистем, прати жељену вредност, обезбеђујући добру инваријантност на присуство поремећаја, при чему се синтеза управљачког система врши без познавања математичког модела објекта. За симулацију рада система и верификацију синтетизованих алгоритама управљања развијен је одговарајући софтвер. Симулациони резултати треба да омогуће увид у способности предложених алгоритама управљања, што заједно са теоријским поставкама и разматрањима даје одређене увиде у правац развоја и примене фази пратећег управљања.

3.4 Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Остварени резултати се односе на једну класу електрохидрауличких система. Међутим, на основу добијених резултата и облика математичког модела електрохидрауличног сервосистема закључује се да је ове алгоритме управљања могуће применити и на много ширу класу система, то јест, друге техничке системе који се могу приказати нелинеарним математичким моделом у простору стања, а чији је посебан случај разматрани електрохидраулички систем. Такође, развијени симулациони модел система управљања применљив је на различите електрохидрауличке система, захваљујући својој модуларности и симболички дефинисаним параметрима. Осим тога, симулациони модел објекта могуће је користити и уз примену неких других управљачких система, концептуално различитих од предложених у овом раду.

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.

4 Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Дисертација кандидата Радише Јовановића је настала као плод вишегодишњег рада на истраживачким пројектима везаним за проблеме управљања, пратећег и фази управљања, као и на њихову примену у управљању хидрауличких система. Такође, дисертација се ослања и на искуство и резултате остварене у развијању софтверских система за низ различитих проблема управљања, оптимизације и дијагностике рада разноврсних техничких објеката, и процеса.

Проблематика пратећег управљања електрохидрауличких сервосистема у овом раду је разматрана у простору излаза. С обзиром да је у досадашњим радовима пратеће управљање, кроз различите методе и области управљања, разматрано кроз Љапуновски прилаз, то јест, посматрањем рада система на бесконачном временском интервалу, у овом раду је акценат на практичном пратећем управљању. Суштинска разлика у односу на претходне концепте је у посматрању динамичког понашања, односно праћења, на коначном временском интервалу, и са унапред задатим квалитетом динамичког понашања, а што је и превасходни интерес са инжењерске тачке гледишта. Ова дисертација представља, вероватно, први и најсадржајнији рад који се бави везом теорије фази управљања и теорије практичног пратећег управљања, изузимајући пар радова истог аутора и групе аутора, и та чињеница представља квалитет овог рада.

У раду је најпре изведен нелинеарни математички модел позиционог електрохидрауличког сервосистема, који узима у обзир нелинеарности из проточних једначина као и нелинеарности настале услед сила сувог и вискозног трења. При томе су детаљно наведене све претпоставке које су коришћене приликом процеса математичког моделовања.

У реализацији алгоритама управљања коришћена су оба типа фази контролера, Мамдани и Такаги-Сугено. С обзиром да се квалитет динамичког понашања електрохидрауличких система дефинише у простору излаза, избор грешке и брзине промене грешке као улазних величина фази контролера био је природан избор. При томе, у реализацији алгоритама предложене су варијанте фази контролера са две улазне величине, као и поједностављени концепт, којим фази контролер постаје најједноставнији могућ, са једном улазном величином. Улазна величина се при томе дефинише зависно од жељене врсте праћења. Оно што је заједничко за све фази контролере је да су у њиховој реализацији улазне величине фазификоване са само две функције припадности, а излазна величина са три, односно са две, у случају фази контролера са једном улазном величином. То предложене алгоритме чини једноставним за разумевање и имплементацију.

Практично експоненцијално праћење је разматрано кроз синтезу различитих фази алгоритама. Фази алгоритми практичног експоненцијалног праћења су дефинисани прво за Мамдани тип фази контролера, за случај две улазне величине. Погодним избором структуре фази контролера (функције припадности, фази правила, методе закључивања и дефазификације) реализован је линеарни алгоритам, еквивалентан класичном, нефази алгоритму практичног експоненцијалног праћења, и дискутована веза између параметара, као и њихов избор. Доказана је теорема која гарантује остваривање задатог квалитета експоненцијалног праћења. Променом структуре фази контролера, налажењем аналитичког описа фази контролера дефинисани су нелинеарни фази алгоритми експоненцијалног праћења. Нелинеарност у фази контролере је уведена коришћењем различитих T -норми и конорми у моделовању фази правила, као и обликом функција припадности. Њихова нелинеарност се огледа у временски променљивим параметрима и њиховој зависности од улазних величина фази контролера, што даје предложеним алгоритмима адаптивни карактер. Теоремама су дати и доказани услови неопходни за остваривање експоненцијалног праћења.

Линеарни фази алгоритам је реализован и у предложеном концепту са једном улазном величином. Нелинеаран алгоритам је добијен коришћењем нелинеарних улазних фази

скупова. Нелинерна улазна функција припадности је развијена у Тејлоров ред, нађени су и доказани услови за задовољење дефиниције и критеријума практичног експоненцијалног праћења. Дискутоване су и дате смернице за избор параметара алгоритама, у смислу избора фактора скалирања и услова који они морају да задовоље. Као посебан случај варијанте фази алгорита са једном улазном величином предложен је концепт у коме се као улазна величина користи такозване растојање са знаком, и представља растојање тренутног стања система у простору (e, \dot{e}) од функције (у овом случају линије) којом је унапред дефинисан жељени квалитет праћења. На тај начин је учињен покушај да се са једним вредностима параметара регулатора постигну различите, унапред дефинисане промене грешке, а користећи чињеницу да овако дефинисана улазна величина садржи у себи и параметар који дефинише жељени закон промене грешке.

Користећи претходно поменути концепт са нелинеарним улазним фази скуповима, дефинисани су фази алгоритми практичног праћења са унапред задатим временом достиживости, са унапред задатим временом смирења, као и практично праћење другог и трећег степена. Поред тога, дефинисан је и доказан нови критеријум за остваривање практичног праћења са задатим временом смирења, у коме се елиминише утицај функције $\text{sign}(\cdot)$ на грешку избором нелинеарности типа засићења. Претходно дефинисани критеријум није везан само за теорију фази управљања, већ се може користити и у класичној теорији пратећег управљања.

Такаги-Сугено тип фази контролера коришћен је у синтези фази алгорита практичног експоненцијалног праћења. Применом поједностављене шеме у последици фази правила, која резултује у смањењу броја параметара, за две варијанте методе фази закључивања и добијене аналитичке структуре предложених фази контролера нађени су услови за остваривање практичног експоненцијалног праћења, и доказани теоремом. У основи, предложени фази алгоритми су нелинеарне природе, при чему су нађени услови који поменути нелинеарне алгоритме чине линеарним. Дискутовани су избор параметара који одређује особине контролера у смислу динамичког понашања, као и нелинеарност која се уноси у контролер одређеним вредностима параметара.

Сви предложени алгоритми се заснивају на принципу прилагодљивости, а његова основна карактеристика је у постојању локалне позитивне спреге по управљању којом се компензује дејство поремећаја и унутрашње динамике управљаног објекта, јер се при формирању управљања не користе информације о њима.

За потребе симулације у програмском пакету Simulink развијени су одговарајући симулациони модели. Ти симулациони модели су модларне природе, и развијени са симболичким променљивама и константама, што омогућава њихову примену за различите електрохидрауличке системе. Такође, могу се искористити и за различите алгоритме управљања, где је неопходно само извршити промене у моделу управљачког дела система, а зависно до жељеног алгорита. Развијени софтверски модули, због свог модларног и параметаризованог облика представљају основу за развијање софтверског система који ће омогућити анализу постојећих и синтезу предложених система управљања.

Неопходно је истаћи и чињеницу да је дат свеобухватни преглед до сада постигнутих резултата на пољу предметне дисертације што омогућава лако сагледавање нових оригиналних резултата и њихово поређење са већ постојећим.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Када је реч о теоријским истраживањима разматраним у овој дисертацији, може се констатовати да се она ослањају на до сада публиковане резултате и свакако представљају само један корак у смеру проширивања сазнања и искуства. Област фази управљања је једна од врло атрактивних области примене фази система, па аутору остаје широк простор за даља истраживања на основу добијених али и постојећих других резултата. Слична је ситуација и са теоријом пратећег управљања.

Електрохидраулички сервосистеми су као објекти аутоматског управљања изрази-

то нелинеарни и са временски променљивим параметрима које није лако идентификовати. Како се код истих захтевају добре и статичке и динамичке карактеристике, при променљивим жељеним вредностима и променљивим поремећајним величинама, често класични алгоритми управљања не могу да дају задовољавајуће резултате. Конвенционална теорија нелинеарних система је ефикасна у третирању специјалних класа таквих система. Чињеница је ипак да многи сложени системи остају ван домашаја класичне математичке теорије система. Конвенционална теорија управљања сама није довољна за решење нових управљачких захтева јер је неопходно много априорних информација. Повећани захтеви при пројектовању ефикасних управљачких система и повећана комплексност модела динамичких система условили су еволуцију метода управљања ка новим техникама управљања. Дакле, алтернатива у решавању ових проблема је у неконвенционалним алгоритмима управљања. Мотивација за синтезу фази пратећих система управљања електрохидрауличног сервосистема је у потреби да се обезбеди жељено динамичко понашање објекта, при чему карактеристике управљачког система морају да одговарају комплексности објекта, укључујући нелинеарност и временску променљивост, несавршеност и несигурност мерења, немогућност одређивања тачних параметара модела, дејство поремећаја и слично. Дефинисани фази пратећи алгоритми управљања у овом раду представљају успешан покушај повезивања две методологије у проблемима управљања.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Дисертација је мотивисана потребом за изналажењем нових алгоритама управљања који ће задовољити све строжије захтеве који се постављају техничким објектима у погледу динамичког понашања. Фази управљање, као управљачка стратегија која користи људско знање, управљачко искуство оператора за интуитивну синтезу управљачког система који ће бити у могућности да емулира људско управљачко понашање у датом процесу, у извесној мери, је већ нашло примену у многобројним теоријским и практичним апликацијама. С друге стране, с обзиром да су сви технички објекти направљени да раде током ограниченог временског интервала, са врло прецизном дефинисаном тачношћу, концепт практичног праћења је природан избор као концепт праћења. Овај концепт најпотпуније задовољава практичне техничке захтеве постављене динамичком понашању и квалитету динамичког понашања. Дефинисани фази пратећи алгоритми садрже предности и једног и другог концепта, и свакако налазе своје место у практичној примени. У сваком случају, знања, технике и резултати проистекли из истраживања током израде овог рада представљају значајно наслеђе за будуће пројекте и истраживања из области управљања.

4.4 Верификација научног доприноса

С обзиром да се дисертација заснива на истраживањима у разлихитим аспектима, дисциплинама и проблемима управљања, као и на развијању софтверских система који ће омогућити анализу и синтезу постојећих и предложених система управљања, доприноси дисертације верификовани су кроз низ реализованих практичних пројеката, као и кроз:

научни рад објављен као поглавље у књигама реномираних међународних издавача:

1. Z. Ribar, R. Jovanović, D. Sekulić, "Fuzzy control of a hydraulic servosystem based on practical tracking algorithms", *Power Transmission and Motion Control (PTMC '2000) Professional Engineering Publishing Limited London and Bury St Edmunds, UK, 2000, pp. 73-87.*

научни рад објављен у међународном часопису:

2. B. Savić, R. Jovanović, "Software System "DIORES" For The Operation Diagnosis Of A Steam Power Plant Unit", *Energy*, 2011, doi: 10.1016/j.energy.2010.11.028 (часопис је на SCI листи)

научне радове изложене на конференцијама:

1. B. Savić, R. Jovanović, Z. Ribar, V. Stevanović, M. Dobrosavljević, "Development of the software system for on-line instructive intervention for the improvement of steam power unit", *Power Plants 2008*, Vrnjačka Banja, October 28-31, 2008.
2. B. Savić, R. Jovanović, Z. Ribar, V. Stevanović, M. Dobrosavljević, "First results from testing of a software system for diagnosis of the operation, economy and operational state of steam power plants", *XXXVIII Kraftwerkstechnisches Kolloquium*, Dresden, 2006.
3. Р. Јовановић, "Фази управљање електрохидрауличног сервосистема засновано на природном пратећем управљању", *Зборник радова XLIV Конференције ЕТРАН*, Соко Бања, 26-29. јуни, 2000, стр. 370-373.
4. З. Рибар, Р. Јовановић, "Начини управљања електрохидрауличких система", *Зборник радова "Правци развоја и примене хидрауличких и пнеуматских компоненти и система"*, Врњачка Бања, 20-22. јун, 2001.
5. З. Рибар, Р. Јовановић, Д. Секулић, "Управљачки систем температуре са ширинском модулацијом за вишеструко-преносни систем", *Зборник радова XLIV Конференције ЕТРАН*, Соко Бања, 26-29. јуни, 2000, стр. 312-315.

5 Закључак и предлог

НА основу детаљног прегледа докторске дисертације под називом ”СИНТЕЗА ФАЗИ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧКИХ СЕРВОСИСТЕМА” кандидата мр Радише Јовановића 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 аутор дао значајан допринос развоју теорије фази управљања, теорије пратећег управљања и алгоритама управљања хидрауличких система, као и решавању низа важних практичних питања везаних за анализу, синтезу, развој софтвера за имплементацију и симулацију рада система. Комисија такође сматра да је кандидат кроз дисертацију показао веома висок ниво стручног и теоријског знања, што му омогућава даље успешно бављење научно-истраживачким радом.

Комисија за оцену и одбрану зато констатује да је кандидат мр Радиша Ж. Јовановић, дипл.инж.маш. успешно завршио докторску дисертацију ”СИНТЕЗА ФАЗИ ПРАТЕЋИХ АЛГОРИТАМА УПРАВЉАЊА ЕЛЕКТРОХИДРАУЛИЧКИХ СЕРВОСИСТЕМА” 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, 06.12.2010.

Чланови Комисије:

Др Зоран Рибар, редовни професор
Машинског факултета у Београду, ментор

Др Зоран Бучевац, редовни професор
Машинског факултета у Београду

Др Драган Лазић, редовни професор
Машинског факултета у Београду

Др Ђуро Коруга, редовни професор
Машинског факултета у Београду

Др Новак Недић, редовни професор
Машинског факултета у Краљеву