

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Љубинка Кевца

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5078/11-3 од 13.07.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Љубинка Кевца, дипломираног инжењера – мастера електротехнике и рачунарства, под насловом

„Моделовање и управљање кабловски вођеним роботским системима“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Љубинко Кевац уписао је докторске студије на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету 18.01.2012. год, а тему за израду докторске дисертације пријавио је 03.11.2016. год.

Дана 08.11.2016. год, Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета у Београду разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду на усвајање.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду, одлуком бр. 5078/11-1 од 11.07.2016. год, именovalo је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације, а, одлуком бр. 5078/11-2 од 15.11.2016. год, исто Веће усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, одлуком бр. 61206-6302/2-16 од 26.12.2016. год, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Кандидат је предао докторску дисертацију 22.06.2017. год. на преглед и оцену.

Дана 28.06.2017. године Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета у Београду потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду, одлуком бр. 5078/11-3 од 13.07.2017. год, именovalo је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Љубинка Кевца припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, ужа научна област Аутоматика, за коју је Електротехнички факултет у Београду матичан. За ментора дисертације одређен је др Александар Ракић, доцент Универзитета у Београду – Електротехничког факултета, као квалификован ментор за ужу научну област дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Љубинко Кевац, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, рођен је 26.05.1987. године у Кључу, Босна и Херцеговина, од оца Бранка и мајке Љубице. Основну школу је започео у Кључу, а завршио је у Бијељини. Такође, у Бијељини је завршио и средњу техничку школу. У току школовања је учествовао на неколико такмичења из разних области природних и друштвених наука.

Електротехнички факултет у Београду уписао је школске 2006/2007 године. Дипломирао је 2010. године са просечном оценом 8,68 током студија и оценом 10 на дипломском раду под насловом „Моделирање и симулација МЕМС сензора притиска“, ментор проф. др Србијанка Турајлић. Дипломски рад је био резултат истраживачких активности током тромесечне праксе у Индији, у Институту за технологије у Манипалу. Школске 2010/2011 године уписао је мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду и завршио их 2011. године са просечном оценом 9,67 и оценом 10 на мастер раду „Анализа метода за вођење мобилних возила и избегавање препрека“, под менторством проф. др Жељка Ђуровића.

Исте 2011. године почео је да сарађује са колегама из Центра за роботiku Института Михајло Пупин у Београду. Почетком априла 2012. године засновао је радни однос у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду.

Област научног истраживања кандидата обухвата анализу, моделовање и синтезу система кабловски вођених робота (енг. Cable-suspended Parallel Robots - CPR). Кандидат је објавио 43 публикације, од којих је 26 везано за тему докторске дисертације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација садржи насловну страну и кратак резиме рада на српском и енглеском језику, номенклатуру, садржај, десет поглавља, списак коришћене литературе, кратку биографију кандидата, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и изјаву о коришћењу докторске дисертације. Наслови поглавља су:

- 1) Увод,
- 2) Различите конфигурације CPR система,
- 3) Математичко моделовање CPR система,
- 4) Анализа утицаја чекрка за једноредно намотавање (одмотавање) ужета на рад CPR система,
- 5) Нови дизајн чекрка за једноредно глатко намотавање (одмотавање) ужета,
- 6) Анализа проблема оријентације CPR система,
- 7) Анализа радног простора и избор актуатора CPR система,

- 8) Пројектовање управљачке структуре за CPR систем егзактном линеаризацијом,
- 9) Алгоритам за генерисање трајекторија за CPR систем са камером,
- 10) Закључак.

Дисертација садржи 137 страна, 113 слика, 5 табела и 118 референци.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У овој дисертацији је дат систематски преглед доступне литературе из области анализе и синтезе CPR система. Светска литература је послужила не само за упознавање ове области, већ је дала и нове идеје за развој CPR система. На основу уочених особина CPR система из доступне литературе, аутор ове дисертације је закључио да је ова област мултидисциплинарна.

У Глави 2 је приказан низ нових конфигурација. Реферисано је неколико конфигурација CPR система чија су ужад крута, а такође и CPR система које користе ужад са особинама еластичности. Главни доприноси ове дисертације су приказани на CPR системима који користе ужад са идеализованим особинама крутости. Оваква претпоставка је овде смишљено уведена иако занемарује одређене динамичке особине CPR система. Постављен је циљ да се јасно прикаже утицај неких новооткривених феномена у свом пуном облику на динамички одзив CPR система.

У Глави 3 је приказан поступак креирања математичког модела CPR система. Дефинисани су кинематички и динамички модели две различите конфигурације CPR система: RSCPR и CPR-A система. Различитост ових система се рефлектује на различитост њихових математичких модела. Креирање математичког модела приликом креирања нових конфигурација CPR система представља увек нови изазов, јер није доступан универзалан алат за креирање математичког модела било ког CPR система.

У Глави 4 је приказан рад подсистема који користи стандардни облик чекрка за једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета и његов утицај на рад одабране конфигурације CPR система, RSCPR систем. Детаљно је моделован рад стандардног облика чекрка и уочени су феномени који настају његовом употребом. Показано је да долази до скоковите промене динамичких величина које карактеришу овакав процес намотавања/одмотавања ужета. Скоковита промена динамичких величина се веома неповољно одражава на стабилан рад чекрка. Пошто CPR систем обично има више подсистема за намотавање/одмотавање ужеди, онда се динамичка нестабилност између њих спреже и неповољно одражава на контролабилност одабраног CPR система. Ова скоковита промена динамичких карактеристика конфигурације стандардног облика чекрка за једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета је узрокована конструкцијом овог чекрка и узрокује осцилаторност система коју није могуће стабилисати било којим познатим законом управљања.

Последица уочених проблема из Главе 4, је детаљно представљен и моделован нови облик чекрка за глатко једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета који је приказан у Глави 5. Рад новог облика чекрка је затим експериментално упоређен са радом стандардног облика чекрка за једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета. Установљено је да нови облик чекрка повољно утиче на динамику одзива подсистема за намотавање/одмотавање ужета. Овај допринос има широк значај у различитим областима људске делатности. Тестиран је рад одабране конфигурације сложеног CPR система, RSCPR система, која користи подсистем за намотавање/одмотавање ужета са новим обликом чекрка. Кроз одговарајуће резултате је уочено да се систем понаша стабилно и да га је могуће контролисати са добро познатом управљачом структуром, PID контролером, без обзира на снажно спрезање између актуаторских подсистема. Генерисањем новог облика чекрка је

решен проблем конструктивне нестабилности настале употребом стандардног облика чекрка за једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета.

У Глави 6 је анализирана потреба за контролом оријентације носача терета CPR система. Првобитно је испитан феномен закретања носача терета током његовог кретања кроз радни простор. Идеализована претпоставка је да се тачка центра масе носача терета преклапа са тачком ношења терета. Та претпоставка важи само за централну тачку радног простора. Током извршавања задатка, односно кретања носача терета у простору долази до раздвајања ових двеју тачака. Допринос ове Главе је да је овај феномен представљен математички и приказани су резултати који га потврђују. Такође, дата је експериментална потврда ове физичке појаве. Као резултат ове анализе, закључено је да мора да се реализује CPR систем са више ужади да би се успешно управљало кретањем (позиционирање и оријентација) носача терета у простору. Кроз други део Главе 6 је дефинисана нова конфигурација редувантног CPR система са осам ужади и он је назван CPR-8 систем. Изведен је математички модел овог система и приказане су једначине које описују његову кинематику и динамику.

У Глави 7 је дефинисана нова процедура за анализу радног простора носача терета CPR система. Дефинисана процедура је названа CPR-WWA. Ова процедура је тестирана на CPR-8 систему који је приказан у Глави 6. Ова конфигурација CPR система је само одабрана за тестирање новонастале процедуре и могуће ју је анализирати на било којој конфигурацији CPR система. Процедура обухвата кинематички и динамички модел система чији саставни део чини и математички модел актуатора CPR система. На овај начин се анализира утицај одабраног актуатора на изводљиви радни простор носача терета CPR система. Управо из те идеје је настала нова методологија која дизајнеру и конструктору омогућава избор одговарајућег актуатора за одабрани CPR систем. Методологија носи назив CPR-ACM. Ова методологија, поред осталих потпрограма, обухвата и CPR-WWA процедуру. Методологија располаже каталожним подацима одређеног броја актуатора који су дефинисани у њеној бази података. Корисник и конструктор дефинишу све захтеве које одабрани систем мора да испуни, а један од захтева јесте величина изводљивог радног простора носача терета CPR система. Ради анализе и тестирања нове методологије је такође употребљен CPR-8 систем. Анализиран је утицај пет различитих актуатора на величину изводљивог радног простора носача терета CPR-8 система. На основу захтева конструктора и корисника, методологија CPR-ACM тестира актуаторе из базе података и издваја употребљиве за предефинисану конкретну намену. На тај начин се обезбеђује значајна помоћ конструктору CPR-8 система при одабиру актуатора. Уз мале модификације могуће је употребити методологију CPR-ACM за било који роботски или неки други сложени механизам.

У Глави 8 је дефинисана нова управљачка структура егзактном линеаризацијом од улаза до спољашњих координата. Креирана управљачка структура је дефинисана за једну одабрану конфигурацију CPR система, а то је RSCPR систем. Новонастала управљачка структура зависи од параметара система јер делимично укључује његов математички модел. Извршена је анализа динамичког одзива система за два различита случаја. Тестиран је рад RSCPR система управљаног новом управљачком структура када су истој познати референтни параметри система. Такође је извршена анализа одзива система када управљачка структура не познаје референтне параметре система, већ неки од њих значајно одступају од својих референтних вредности. На овај начин је требало утврдити робусност нове управљачке структуре. Преко приказаних симулационих резултата се установљава да нова управљачка структура добро функционише и када ради са референтним параметрима и када ради са реалним параметрима система.

У Глави 9 ове дисертације је приказан нови алгоритам за генерисање глатке референтне трајекторије камере CPR система која има задатак да прати покретни објекат у реалном времену. Овај алгоритам се зове CPR Trajectory Solver. Усвојено је да је објекат увек у видокругу камере. Дефинисана је база података од четири примитиве, које логика CPR

Trajectory Solver – а користи да дефинише референтну глатку трајекторију кретања камере током праћења објекта. Приказан је уопштени пример генерисања референтне трајекторије и дефинисан је алгоритам реализације задатка који може бити употребљен током праћења хаотичног кретања објекта. Дат је један пример праћења објекта и генерисања референтне трајекторије што је поткрепљено симулационим резултатима. Кроз ове резултате се види успешност новог алгоритма и његове могућности примене на различитим системима. Алгоритам је тестиран на једној одабраној конфигурацији CPR система, али је наглашено да може бити тестиран на било ком сложеном систему са камером. Овим резултатом је повећана аутономност CPR система што представља значајан допринос у односу на позната решења у светској литератури.

У оквиру Главе 10 су дата закључна запажања и истакнути су главни доприноси ове дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Кабловски вођени роботски (CPR) системи су сложени сервисни роботски системи. Иако су се први концепти CPR система појавили током осамдесетих година, њихова анализа, пројектовање и примена представљају и даље актуелну проблематику. Постоји велики број научно-истраживачких радова и извештаја из области анализе и примене CPR система, а низ остварених лабораторијских реализација CPR система тек треба да нађу своју комерцијалну употребу. Разлог слабе комерцијалне заступљености делимично лежи и у чињеници да многи подсистеми и феномени, који карактеришу CPR системе, нису анализирани и моделовани кроз научно-истраживачке радове.

Разматрана дисертација представља систематичан скуп оригиналних научних искорача у смислу анализе и пројектовања CPR система и њихових конститутивних подсистема. С обзиром да су CPR системи ефективно сложени мехатронички системи, дисертација презентује мултидисциплинарни приступ проблему анализе и пројектовања, тј. на оригиналан начин интегрише савремене методе из више научних области; механике, машинских конструкција, роботике, актуаторских система различитих типова, мерења и сензора, електронике, рачунара, алгоритама управљања и њихових софтверских реализација.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом израде дисертације, кандидат је детаљно истражио релевантну литературу из области разматране теме. У оквиру докторске дисертације наведено је и, у тексту, размотрено 118 референци, од којих референце везане за базична питања механике сежу до половине 20. века, а референце уско везане за тему и стање предметне области детаљно покривају временски опсег од последњих десет година.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија, примењена приликом израде докторске дисертације, састојала се од следећих елемената:

- систематизовано прикупљање и анализа постојећих научних резултата из области CPR система,
- идентификација постојећих решења, погодних за развој и унапређење у сегментима моделовања и управљања CPR системима,
- синтеза нових оригиналних решења за структуре CPR система и њихових подсистема,
- синтеза кинематичких модела, динамичких модела

- синтеза управљачких структура,
- симулациона верификација перформанси пројектованих закона управљања,
- синтеза процедура за избор одговарајућих подсистема мотор-редуктор-чекрк.

Научну основу примењене методологије представљају принципи геометрије, кинематике, динамике, роботике и система управљања. С обзиром на сложеност CPR система и амбициозни захтев за високим нивоом аутономности, дисертација приступа теми на мулти-дисциплинаран начин, користећи методе више научних области: механике, теорије управљања, вештачке интелигенције, мерења и обраде сигнала, електронике.

3.4. Применљивост остварених резултата

У смислу унапређења инжењерске праксе, модели, процедуре и генерисани програмски пакети, директно су применљиви у аутоматизацији процеса анализе и пројектовања CPR система; избора адекватних компоненти, прорачуна енергетских ресурса, ефикасности и других параметара система.

С обзиром на могуће домене примене CPR система:

- надгледање и снимање радног простора за различите намене,
- снимање и праћење масовних спортских и културних манифестација,
- надзор и помоћ старим и хендикепираним особама,
- безбедносне, полицијске и војне намене,

остварени резултати директно су применљиви у склопу развоја комерцијалних решења.

Презентовани приступ развоју динамичких модела и пројектовању закона управљања може се применити на роботске системе и шире класе од разматраних кабловски вођених.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је, при изради докторске дисертације, исказао висок степен самосталности у истраживању и научном раду; самостално је извршио систематичну и критичку анализу постојећих решења, развио нове моделе, процедуре и програмске пакете, а резултате научних истраживања публикувао како у врхунским међународним часописима, тако и у другим научним часописима и бројним научним конференцијама.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси ове докторске дисертације су:

- систематизација, преглед и анализа кинематичких и динамичких карактеристика постојећих решења CPR система, као и придружених закона управљања,
- дефинисање нових структура CPR система и њихових подсистема,
- формирање оригиналних решења кинематичког и динамичког модела различитих структура CPR система и нових софтверских пакета за симулацију и валидацију математичких модела,
- анализа феномена кретања носача терета CPR система у тродимензионалном простору,
- анализа и синтеза радног простора CPR система,
- развој адекватних структура система управљања и метода за подешавање њихових параметара у циљу аутономне контроле кретања CPR система,

- доследна анализа, моделовање и компензација утицаја намотавања ужади (ефективна промена њихове масе током рада система) на динамички одзив CPR система,
- дефинисање оригиналне методе за генерисање трајекторије носача терета (алата) CPR система у тродимензионалном простору у циљу остваривања аутономије у кретању система.

Комисија сматра да нови динамички модели и нови приступ управљању CPR системима представљају допринос унапређењу научних знања у области истраживања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у дисертацију, полазне претпоставке и циљеве истраживања Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на постављене изазове. Развијене су нове структуре CPR система, као и њихови кинематички и динамички модели. Предност нових кинематичких и динамичких модела јесте у томе што обухватају феномене који нису анализирани у светској литератури.

Веома важан допринос је анализа рада стандардног облика чекрка за једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета и његов утицај на динамички одзив CPR система, што до сада није било познато светској јавности. Из овог резултата је настао нови облик чекрка за глатко једноредо вишеслојно радијално намотавање/одмотавање ужета. Овај резултат је патентиран на националном нивоу.

У досадашњој литературу није детаљно анализиран феномен кретања носача терета који је окачен на горње тачке радног простора CPR система и то је аутор концизно разрадио у својој дисертацији. Аутор је приказао решење наведеног проблема.

Аутор је дефинисао нову процедуру за анализу радног простора и методологију за избор актуатора CPR система. Ово до сада није приказано у литератури и представља помоћ конструктору и дизајнеру CPR система при постављању и реализацији захтева корисника.

У докторској дисертацији је генерисана нова управљачка структура за вођење носача терета CPR система која показује велику робусност на непознавање параметара CPR система. То представља важан допринос у области управљања овако сложеним системима.

Дефинисана је нова процедура за генерисање глатке референтне трајекторије камере CPR система која прати хаотично кретање објекта у свом видокругу. Ова процедура представља новитет у области управљања CPR системом у реалном времену и повећава његову аутономност.

4.3. Верификација научних доприноса

Радови кандидата, везани за тему и резултате истраживања презентоване у оквиру докторске дисертације, према категоризацији Министарства просвете и науке Републике Србије су:

Категорија M14

M14.1. M. Filipovic, **Lj. Kevac**, A. Djuric, "The Variable Position of the Load's Centre of Mass Relative to the Load's Hanging Point of the CPR System", Chapter in: *Advances in Robot Design and Intelligent Control* (2017), Vol. 540, Springer, pp. 179-187.

Категорија M21

M21.1. **Lj. Kevac**, M. Filipović, A. Rakić, "Dynamics of the process of the rope winding (unwinding) on the winch", *Applied Mathematical Modelling*, vol. 48, pp. 821-843, Aug. 2017. (doi: 10.1016/j.apm.2017.02.023, ISSN: 0307-904X, **IF=2.350**)

- M21.2. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, "The significance of adopted Lagrange principle of virtual work used for modeling aerial robots", *Applied Mathematical Modelling*, vol. 39, no. 7, pp. 1804-1822, Apr. 2015. (doi: 10.1016/j.apm.2014.09.019, ISSN 0307-904X, **IF=2.291**)

Категорија M22

- M22.1. **Lj. Kevac**, M. Filipović, A. Rakić, "The trajectory generation algorithm for the cable-suspended parallel robot—The CPR Trajectory Solver", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 94, pp. 25-33, Aug. 2017. (doi: 10.1016/j.robot.2017.04.018, ISSN 0921-8890, **IF=1.950**)

Категорија M23

- M23.1. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, "The rigid S-type cable-suspended parallel robot design, modelling and analysis", *Robotica*, vol. 34, no. 9, pp. 1948-1960, Sep. 2016. (doi:10.1017/S0263574714002677, ISSN 0263-5747, **IF=1.554**)
- M23.2. **Lj. Kevac**, M. Filipović, "Mathematical model of cable winding/unwinding system", *J MECH*, accepted for publication on 15.06.2017, (2017).

Категорија M33

- M33.1. M. Filipović, **Lj. Kevac**, B. Reljin, "Comparative analysis of two configurations of aerial robot," *2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, Subotica, 2012, pp. 211-216, doi: 10.1109/SISY.2012.6339516
- M33.2. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, "Contribution to the modeling of cable-suspended parallel robot hanged on the four points," *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vilamoura, 2012, pp. 3526-3531, doi: 10.1109/IROS.2012.6385507
- M33.3. M. Filipović, **Lj. Kevac**, A. Djurić, "Future directions for implementation of aerial robot," *Electronics and Telecommunications (ISETC)*, *2012 10th International Symposium on*, Timisoara, Nov. 2012, pp. 91-94, doi: 10.1109/ISETC.2012.6408108
- M33.4. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, "The mathematical model of aerial robot in purpose increasing of its autonomy," *Telecommunications Forum (TELFOR)*, *2012 20th*, Belgrade, Nov. 2012, pp. 1575-1578, doi: 10.1109/TELFOR.2012.6419523
- M33.5. **Lj. Kevac**, A. Đurić, M. Filipović, "Relation Between Cable-Suspended Parallel Robot and Classic Robotic Structure," 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 4-7th June, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia, pp. 955-960. ISBN 978-86-909973-5-0. online: <http://www.ssm.org.rs>
- M33.6. **Lj. Kevac**, A. Rodic, M. Filipovic, "Control of two-axis solar tracker for increasing the autonomy of mobile robot", Second International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Oct 16-18, 2013, Belgrade, Serbia. ISBN 978-86-81505-68-7.
- M33.7. M. Filipovic, A. Djuric, **Lj. Kevac**, "Complexity of the elastic S-type Cable-suspended Parallel Robot," Proceedings of 1st International Conference IcETRAN Conference, Vrnjacka Banja, Serbia, June 2 – 5, 2014, ROI3.3, ISBN 978-86-80509-70-9, online: <http://etran.etf.rs/>
- M33.8. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, A. Djuric, "The comparison between the real and the scaled model of the CPR system, " Proceedings of 1st International Conference IcETRAN Conference, Vrnjacka Banja, Serbia, June 2 – 5, 2014, ROI3.3, ISBN 978-86-80509-70-9, online: <http://etran.etf.rs/>

- M33.9. M. Filipovic, A. Djuric, **Lj. Kevac**, "The choice of generalized coordinates for elastic robotic systems (industrial, humanoid and CPR)," International Symposium on Stability, Vibration, and Control of Machines and Structures, SVCS2014, July 3–5, 2014, pp. 249-269, Belgrade, Serbia, ISBN 978-80-8075-655-0
- M33.10. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, A. Djuric, "The complex motion of Cable-suspended parallel robot under the influence of the disturbance", ENOC 2014, July 6 – 11, 2014, Vienna, Austria, ISBN 978-3-200-03433-4
- M33.11. M. Filipović, A. Djuric, **Lj. Kevac**, Željko Despotović, "The elastic F-type Cable-suspended Parallel Robot in the service of parents", International Workshop and Summer School on Medical and Service Robotics, July 10 – 12, 2014, EPFL Lausanne, Switzerland
- M33.12. M. Filipovic, **Lj. Kevac**, A. Djuric, M. Vujovic, "The importance of the development and application areas of different structures of Cable-suspended Parallel Robot – CPR systems," Proceedings of 2st International Conference IcETRAN Conference, Silver Lake, Serbia, June 8 – 11, 2015, ROI3.6.
- M33.13. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, "Analysis of the Performance of CPR System with Changeable Masses of Winches and Ropes," Proceedings of 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Arandjelovac, Serbia, June 15-17, 2015, M2b
- M33.14. M. Filipovic, **Lj. Kevac**, A. Djuric, "A comparative analysis between the RSCPR and CPR – A systems", Proceedings of 3rd International Conference IcETRAN Conference, Zlatibor, Serbia, June 13 – 16.2016, ISBN 978-86-7466-618-0
- M33.15. M. Filipovic, **Lj. Kevac**, A. Djuric, "Elastic F type Cable - Suspended Parallel Robot with One Mode", Proceedings of 4th International Conference IcETRAN Conference, Kladovo, Serbia, June 5 – 8, 2017, RO, <http://etran.etf.rs/>
- M33.16. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, A. Djuric, "Elastic S type Cable - Suspended Parallel Robot in Presence of Second Mode", 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Mountain Tara, Serbia, June 19-21, 2017, <http://www.ssm.org.rs/>,

Категорија M51

- M51.1. M. Filipovic, A. Djuric, **Lj. Kevac**, "The methodology for developing the kinematic model of selected CPR-A system as a necessity for the development of a dynamic model", *Journal of Applied Engineering Science*, ISSN 1451-4117, vol. 53, no. 4, pp. 191-200, 2013, doi: 10.5937/jaes11-4581

Категорија M63

- M63.1. M. Filipović, **L. Kevac**, „The Importance of procedure of form a mathematical model of aerial robot,” HIPNEM 2012, KGH, Belgrade, October 18 2012. ISBN 978-86-81505-64-9, online: <http://www.smeits.rs>
- M63.2. **Lj. Kevac**, M. Filipović, A. Đurić, I. Kršenković, "Analysis of influence of the motor choice on trajectory tracking of Cable-suspended Parallel Robot", Proceedings of 56th ETRAN Conference, Zlatibor, June 03-06, 2013, RO2.5, ISBN 978-86-80509-68-6, online: <http://etran.etf.rs/>.
- M63.3. M. Filipović, **Lj. Kevac**, A. Đurić, "Synthesis and analysis of two configurations of Cable suspended Parallel Robot", Proceedings of 56th ETRAN Conference, Zlatibor, June 03-06, 2013, RO2.4, ISBN 978-86-80509-68-6, online: <http://etran.etf.rs/>

Категорија M94

- M94.1 **Lj. Kevac**, M. Filipovic, Z. Stikic, Institut Mihajlo Pupin (2015). Glatko jednoreдно višeslojno radijalno namotavanje užeta na čekrk, Smooth single-rowed multilayered radial winding of the rope on the winch. Serbia. Application number П-2015/0598 ((A1) 31.03.2017. 8/2017, Pending), (2015).

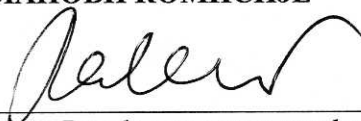
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Љубинка Кевца, под насловом “Моделовање и управљање кабловски вођеним роботским системима”, садржи више оригиналних научних доприноса у области анализе, моделовања и пројектовања управљања разматране класе кабловски вођених роботских система. Развијени модели и процедуре за пројектовање система управљања фондиране су на савременом математичком апарату теорије управљања, адекватно су анализирани и верификовани на непристрасним основама. Резултати истраживања из области дисертације објављени су у већем броју радова у научним часописима и зборницима међународних и домаћих научних конференција, од чега 5 радова кандидата у часописима са JCR SCI листе садрже кључне резултате дисертације. Анализа докторске дисертације и објављених радова указује на потпуну способност кандидата за самосталан научни рад, као и на могућност директне примене резултата његових истраживања у пројектовању и примени разматраних система.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Електротехничког факултета да се докторска дисертација под називом „Моделовање и управљање кабловски вођеним роботским системима“ кандидата Љубинка Кевца прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду,
17.07.2017. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Александар Ракић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Жељко Буровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирјана Филиповић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт Михајло Пупин