

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ПРИМЉЕНО	Број	Прилог	Вредност
26	04-2012		
01-1	MS1		

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ, и

СТРУЧНОМ ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У  
КРАГУЈЕВЦУ

**Предмет:** Реферат Комисије о подобности кандидата и теме докторске дисертације  
Ненада Бабајића

Одлуком Стручног већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број 3/9, од 11.01.2012. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидата Ненада Бабајића, дипл. маш. инж., и оцену подобности теме докторске дисертације под називом

**ПРИМЕНА КОНВЕКСНЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ МЕХАТРОНИКЧКИХ  
СИСТЕМА СА ФЛЕКСИБИЛНИМ СПРЕЗАЊЕМ**

На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 2.1. Биографски подаци о кандидату

#### а) Лични подаци

Ненад Бабајиће је рођен у Владичином Хану 7. маја 1965. године. У Крагујевцу је завршио основну школу „Јован Поповић“ и средњу школу „Прва крагујевачка гимназија“. Војнотехнички Факултет ВВТШ КоВ ЈНАу Загребу је уписао школске 1984/85. године, а дипломирао у јулу 1990. године са просечном оценом 7.84 поставши дипломирани машински инжењер.

#### *Радно искуство*

1. *Фабрика наменских производа, Крагујевац* - 20. септембар 1990. – 14. март 1994..

*Опис послова:*

- Одељење за развој: Систем администратор за CADAM - рачунар IBM 370.
  - Рачунски Центар - програмер. Писање пословних апликација у PL/I-у и CICS –у. Израда програма за аквизицију и обраду података. Израда програма за трансфер података између читача/бушача трака и CNC машина.
2. *Универзитетски информациони центар, Крагујевац* – 15. март 1994. –31. октобар 1999.

**Опис послова:**

- Систем инжењер
- Одржавање мреже
- Програмер

3. *Boox Computers, Крагујевац* - 1. новембар 1999. – 12.мај. 2002.

**Опис послова:**

- Шеф сервиса

4. *ЈП ПТТ Саобраћаја Србија – Регионални сектор за ИТ и телекомуникације, Крагујевац.* 13.мај.2002.- Шеф службе за мреже

**Опис послова:**

- Кординација рада свих мрежних служби на територији коју покрива регионални центар Крагујевац.

**б) Научно истраживачки рад**

**б1) Објављени радови**

1. **Бабајић Н.**, *Интернет Роботи*, YUINFO '98, IV Симпозијум о рачунарским наукама и информационим технологија. Копаоник, Југославија 1998. [**М<sub>63</sub>–0,5 бодова**].
2. **Бабајић Н.**, *Једноставна реализација Access Server-а на Linux-у*, YUINFO '99. V Симпозијум о рачунарским наукама и информационим технологија. Копаоник, Југославија 1999. [**М<sub>63</sub>–0,5 бодова**].
3. **Бабајић Н.**, *Сигурност UNIX система на INTERNET-у*, YUINFO '99. V Симпозијум о рачунарским наукама и информационим технологија. Копаоник, Југославија 1999. [**М<sub>63</sub>–0,5 бодова**].
4. **Бабајић Н.**, *Linux као алат за детекцију мрежних картица*, YUINFO 2000. VI Симпозијум о рачунарским наукама и информационим технологија. Копаоник, Југославија 2000. [**М<sub>63</sub>–0,5 бодова**].
5. **Бабајић Н.**, Чомић Милош, *Заштита академске мреже Универзитета у Крагујевцу*, InESS, Ниш 2000., Југославија. [**М<sub>63</sub>–0,5 бодова**].
6. **Бабајић Н.**, *Интерактиван надзор мреже*, YUINFO 2004. X Симпозијум о рачунарским наукама и информационим технологија. Копаоник, Југославија 2004. [**М<sub>63</sub>–0,5 бодова**].

7. **Ненад Бабајић**, Владимир Јоковић, Милан Матијевић, Миладин Стефановић, *Синтеза брзинског серво-механизма управљаног путем интернета*, 54. ЕТРАН конференција 2010, Доњи Милановац, Србија, 07-11.06.2010. АУ 32, ISBN 978-86-80509-65-5 [М<sub>63</sub>–0,5 бодова].
8. М. Matijevic, М. Stefanovic, V. Cvjetkovic, V. Jokovic, **N. Babajic**, М. Ravlic, S Nestic *The development and implementation of a thermal process trainer for control and measurement via the Internet*, , Computer Application in Engineering Education, Inter Science, John Wiley & Sons, Inc, Vol.-, No.-, pp. -, ISSN 1099-0542, Doi DOI 10.1002/cae.20543, 2011, [М<sub>23</sub>–3 бода].
9. Branka Vasović Deljhusa, Miladin Stefanovic, **Nenad Babajic**, *Multiagent architecture for intelligent monitoring of postal traffic*, Technics Technologies Education Management / TTEM, Vol.7, No.2, pp. -, ISSN 1840-1503, 2012, [М<sub>23</sub>–3 бода].

#### б1) Техничка решења

- Мирослав Равлић, др Милан Матијевић, др Драган Лазић, др Милан Ристановић, др Миладин Стефановић, др Владимир Цвјетковић и **Ненад Бабајић**, **Лабораторијски модел температурног процеса са кашњењем ПТ400 са управљањем и надзором преко Интернета**, Крагујевац, 2010. ([М<sub>85</sub>–2 бода])

линк:

<http://www.mfkg.kg.ac.rs/content/view/561/379/>

[http://www.mfkg.kg.ac.rs/sajt/Downloads/tehnicka\\_resenja/tr44.pdf](http://www.mfkg.kg.ac.rs/sajt/Downloads/tehnicka_resenja/tr44.pdf)

## 2.2. Подаци о теми дисертације

### Наслов, предмет и хипотезе докторске дисертације

Комисија прихвата предложени наслов докторске дисертације:

## **ПРИМЕНА КОНВЕКСНЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ МЕХАТРОНИЧКИХ СИСТЕМА СА ФЛЕКСИБИЛНИМ СПРЕЗАЊЕМ**

### Предмет истраживања и уочени проблеми

Предмет докторске дисертације обухвата истраживања која треба да омогуће пројектовање нових алгоритама управљања применом метода конвексне оптимизације у циљу спречавања или ублажавања ефеката торзионих осцилација које се могу догодити код мехатроничких система са флексибилним спрезањем.

Наиме, динамика ротационих машина је сложена због појаве вибрација. Уопштено говорећи, на овакве системе утичу три врсте вибрација – бочне аксијалне и торзионе. Прве две врсте вибрација су релативно добро проучене, тако да се могу успешно елиминисати још у току пројектовања. Са друге стране, претпоставља се да торзине вибрације немају велики утицај на карактеристике система. Торзионе осцилације се могу дефинисати као цикличне промене брзине ротационих елемената. Проблем се најчешће решава применом механичких пригушивача. Недостатак оваквог решења је што се тиме повећавају габарити и маса конструкције, што може негативно утицати на друге елементе система. У типичном индустријском окружењу већина погонских подсистема је повезана са оптерећењем

преносним механизмима који имају коначну крутост. Та чињеница се обично занемарује при пројектовању алгоритама управљања у синтези различитих типова сервомеханизама, а слично се дешава при самом пројектовању система који не предвиђа активне утицаје. Резултат тога је појава торзионе резонанце унутар нискофреквенцијског подручја, типично између 200 Hz и 400 Hz, или између 500 Hz и 1200 Hz унутар високофреквенцијског подручја, што може узроковати и појаву нестабилности система. Наиме, еластично спрегнуте масе: мотор - оптерећење, уводе коначан број нула и пар коњуговано комплексних полова у функцију преноса објекта и на тај начин доводе до могуће појаве механичке резонанце, што даље узрокује појаву принудних торзионих осцилација у систему. Овај проблем је више изражен у сервосистемима у којима је сензор позиције на оптерећеном вратилу. Тада ће систем са затвореном повратном спрегом укључити немоделиране модове торзионе резонанце. Исти проблем се појављује и у случају када се сензор повратне спреге налази на осовини мотора. Овај феномен ограничава перформансе система и представља разлог појаве слабо пригушених осцилација у одзиву система услед побуде од стране референтног улаза или оптерећења. Често игнорисани у пројектовању конвенционалних сервосистема, резонантни модови могу да се преклопе са пропустним опсегом и да проузрокују принудне осцилације машине и са њом спрегнутих делова. Оваква појава је праћена буком, али и могућим оштећењима зглобова, делова машине (услед замора метала и сл.), могућим хабањем и ломовима алата, као и евентуалним последицама по квалитет обраде радних предмета. Описани проблем је генералан за различите класе мехатроничких система (сервосистем (мотор-оптерећење са флексибилним спрезањем) може да чини подсистем код CNC машине или код робота или електромобила).

### **Основне хипотезе од којих се полази**

Феноменологија проблема механичке резонанце и појаве осцилација у управљаним електромоторним погонима је одавно позната, али до сада објављени резултати нису понудили довољно комплетно решење. С друге стране, нека решења имају веома ограничен опсег примене, а нека друга строго академска упоришта која су удаљена од инжењерске праксе.

Већина индустријских контролера се заснива на стандардним ПИД, односно ПИ алгортмима. Разлог за овакав избор је могућност једноставне реализације, а није занемарив ни економски део, с обзиром да се такви контролери могу реализовати применом лако доступних електронских склопова. Међутим, недостатак једноставних решења је што она често подразумевају и једноставан математички модел којим се описује предмет управљања. Приликом идентификације таквих система полази се од многих апроксимација а поједини делови система се једноставно занемарују, претпостављајући да је њихов утицај на понашање система минималан, односно да практично и не постоји. Да би се ипак у експлоатацији елиминисао могући утицај тих занемарених чинилаца, системи се пројектују са великим коефицијентима сигурности, што обично подразумева предимензионисане механичке конструкције, моторе са већом снагом од прорачунате и

слично. То значи да се и сама реализација контролера врши емпиријским методама, док су математичке основе само полазна тачка. То је, наравно, најмање пожељно, пошто сваки новонастали, непланирани утицај, захтева нове корективне мере које могу довести и до такозваних споредних ефеката, односно до појаве нових поремећаја.

Међутим, много већи проблем је то што оваква решења представљају само елиминисање последица, а сами узроци остају или непознати или неиспитани. Циљ овог рада је да се развије сложени алгоритам управљања који би могао узети у обзир већи број реалних параметара и на основу њих дефинисати ефикасан алгоритам управљања. На тај начин би се значајно смањило број непознаница које се јављају у експлоатацији.

Са друге стране, поставља се питање имплементација оваквих сложених алгоритама управљања у реалном индустријском окружењу. Поред техничке реализације модела који треба испољити све наведене проблеме, врло је битан и информатички део, односно рачунарска платформа на којој ће бити вршена истраживања, пошто овакви алгоритми захтевају, бар у овом тренутку, изузетно велику рачунарску снагу. У лабораторијама широм света, као и код произвођача лабораторијске опреме за инжењерску едукацију, већ постоје стандардни лабораторијски модели који истичу проблем појаве механичке резонанце и куда води игнорисање овог проблема. Зато је планирана градња лабораторијског модела по угледу на постојеће примере из литературе, и лабораторијски модел је у великој мери већ завршен у Центру за примењену аутоматику Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

### **2.3. Подобност кандидата**

На основу досадашњег истраживања, положених испита на докторским студијама и објављених радова, испуњени су сви предуслови за израду докторске дисертације. Кандидат је аутор или коаутор 9 научних радова и једног техничког решења. Прегледом објављених радова може се закључити да је кандидат испунио високе критеријуме који се постављају пред одбрану докторске дисертације, објавио је два рада у међународним научним часописима категорије М23. Кандидат Ненад Бабајић је и аутор више лабораторијских модела у области пријављене докторске дисертације, над којима су извршени прелиминарни експерименти, а који се могу користити и за инжењерску едукацију на Факултету инжењерских наука.

### **2.4. Преглед стања у подручју истраживања**

Тема научне расправе у предложеној докторској дисертацији је пројектовање сервосистема као мехатроничког подсистема са респектовањем флексибилне спреге мотор – оптерећење. Истражују се могућности конвексне оптимизације као алата за синтезу

управљачких концептата и стратегија које би требало да допринесу високим перформансама модерних сервосистема у реалним експлоатационим условима мехатроничких система. Јасно је да се пред управљане електромоторне погоне постављају све строжији захтеви у погледу квалитета праћења референтне трајекторије у све ширем фреквенцијском опсегу а у условима променљивог оптерећења које је спрегнуто преносним механизмима коначне крутости. Рапидно нарушавање перформансе може настати услед појаве принудних торзионих осцилација у систему. Већ постоје неке и активне и пасивне методе које потискују овакве нежељене појаве. Оригинални доприноси предложене докторске дисертације се очекују управо у побољшању до сада предложених метода и предлогу нових решења антирезонантних управљачких стратегија. Овај рад ће и објективно оценити претходно предложене концепте са становишта реалне инжењерске примене и у контексту новопреложених решења и модификација.

Истраживања у оквиру теме докторске дисертације ослањаће се на истраживања представљена у следећој полазној литератури:

- Jacob Mattingley and Stephen Boyd, "Real-time convex optimization in signal processing", *IEEE Signal Processing Magazine*, 50-61, May 2010.
- Milan S. Matijević, Slobodan N. Vukosavić, Kurt Schlacher, „*Eliminating instabilities in computer controlled motion control systems caused by torsional resonance*“, *Electronics*, Vol. 10. No 1, ISSN 1450-5843 ,2006.
- Milan S. Matijević, Ranko Sredojević and Vladimir M. Stojanović, "Robust RST controller design by convex optimization", *Electronics*, Vol. 15. No1, pp. 24-29, ISSN 1450-5843, June 2011
- Slobodan N. Vukosavić, Milić R. Stojić, „*Suppression of Torsional Oscillations in a High-Performance Speed Servo Drive*“, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 45, no. 1, Feb. 1998, 108-117
- I.D. Landau, „*Robust RST Controller Design by Convex Optimization*“, *Advanced Process Control, Workshop, Vancouver, April 29-May 1, 2002*
- J. Langer, I.D. Landau, "Combined pole placement/sensitivity function shaping method using convex optimization criteria". *Automatica*, 35, P 1111-1120, 1999.
- I. Landau, "The R-S-T digital controller design and applications", *Control Eng. Practice*, Vol.6, 155-165, 1998.
- Aaron Michael Schomerus, „*Effectiveness Of Various Techniques In Reducing Noise Generated In Measuring Torsional Vibration*“, Thesis Master of Science, 2007.
- Thomas Zöllner, Thomas Leibfried, Amir M. Miri, „*Experimental Setup Of A System For Damping Torsional Vibrations Caused By SSO*“, 16th PSCC, Glasgow, Scotland, July 14-18, 2008, 1-7
- Ken Maynard, Martin Trethewey, Charles Groover, „*Application Of Torsional Vibration Measurement To Shaft Crack Monitoring In Power Plants*“, *New Frontiers in Integrated Diagnostics and Prognostics. Proceedings of the 55th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology, Virginia, April 2 - 5, 2001*
- J.Y. Hung, „*Control of industrial robots that have transmission elasticity*," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 38, pp. 421-427, Dec. 1991.

- Ya.Z. Tsytkin and U. Holmberg, „Robust stochastic control using the internal model principle and internal model control“, *Int. J. Control*, vol. 61, No4, 809-822, 1995.
- K. Sugiura and Y. Hori, „Vibration suppression in 2- and 3-mass system based on the feedback of imperfect derivative of the estimated torsional torque,“ *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 43, pp. 56–64, Feb. 1996.
- Y. Hori, „A review of torsional vibration control methods and a proposal of disturbance observer-based new techniques“, 13th IFAC World Congress, San Francisco, 1996.
- Y. Hori, H. Sawada and Y. Chun, „Slow Resonance Ratio Control for Vibration Suppression and Disturbance Rejection in Torsional System“, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 46, pp. 162–168, Feb. 1999.
- M. Itoh and H. Yoshikawa, „Vibration suppression control for an articulated robot: Effects of model-based control applied to a waist axis“, *International Journal of Control, Automation, and Systems* Vol. 1, No. 3, September 2003
- M.A. Valenzuela, J. M. Bentley, A. Villablanca, and R. D. Lorenz, „Dynamic Compensation of Torsional Oscillation in Paper Machine Sections“, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 41, pp. 1458–1466, Nov/Dec. 2005.
- M.S. Matijević, M.R. Stojic, „IMPACT structure – possible improvement and applications“, *Tehnika-Elektrotehnika*, vol.54, No5, Belgrade, (2005.) (in Serbian)
- Milan S. Matijević, Milić R. Stojić, Slobodan N. Vukosavić, Miladin Ž. Stefanović, „Suppression of torsional oscillations based on IMPACT controlling structure“, *Theoretical and Applied Mechanics*, Vol.33, No.3, pp. 181-198, ISSN 0353-8249, 2006
- K. Szabat and T. Orłowska-Kowalska, „Vibration Suppression in a Two-Mass Drive System Using PI Speed Controller and Additional Feedbacks – Comparative Study“, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 54, pp. 1193–1206, Apr. 2007.
- M.S. Matijević, M.R. Stojić, K. Schlacher, „Absorption principle in process control application“, *Electrical Engineering - Archiv für Elektrotechnik*, Springer-Verlag, Vol.89, No.7, pp. 577-584(8), ISSN 0948-7921, 2007
- T. Orłowska-Kowalska and K. Szabat, „Damping of Torsional Vibrations in Two-Mass System Using Adaptive Sliding Neuro-Fuzzy Approach“, *IEEE Trans. Industrial Informatics*, vol. 4, no. 1, 2008, pp.47-57
- K. Szabat and T. Orłowska-Kowalska, „Performance Improvement of Industrial Drives with Mechanical Elasticity using Nonlinear Adaptive Kalman Filter“, *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol.55, no. 3, 2008, pp.1075-1084.
- Jacob Mattingley and Stephen Boyd, “Automatic-code generation for real-time convex optimization”, *Convex Optimization in Signal Processing and Communications* by Y Eldar and D.P. Palomar, Eds. Cambridge University Press, 2009.

## 2.5. Значај и циљ истраживања са становишта актуелности у одређеној научној области

Научни циљ рада је унапређење досадашњих антирезонантних управљачких стратегија код управљаних електромоторних погона са еластичним спрезањем. Као што је већ поменуто, ради се о проблематици која је присутна унутар најразличитијих мехатроничких система. Током експлоатације или реинжењеринга система могућа је ескалација проблема генерисања торзионих осцилација у систему, услед појаве механичке

резонанце. У дисертацији ће се образложити предности и недостаци појединих приступа потискивања осцилација у системима са флексибилним спрезањем. Новопредложена решења биће верификована симулационом и експериментом. У име експерименталне верификације понуђених решења биће конструисан лабораторијски модел и написан управљачки софтвер. Како је полазна тачка за решавање проблема одређивање увијања осовине посебна пажња ће бити посвећена методама које ће омогућити прецизно одређивање ових величина (у контексту спровођења експеримената). Иако постоје комерцијални системи за одређивање торзије њихова употреба је ограничена, како због цене тако и због специфичних димензија које онемогућавају да се они универзално користе. Због тога ће се рад базирати на методама које користе постојеће енкодере. Недостатак оваквог начина одређивања увијања су релативно мале величине које се обрађују, тако да су оваква мерења осетљива на шуме. Део истраживања биће посвећен и овој проблематици на којој је базирана и релевантност експерименталне верификације.

## 2.6. Веза са досадашњим истраживањима

Одличан преглед у антирезонантних метода пројектовања алгоритама управљања које треба да допринесу потискивању појаве торзионих осцилација код мехатроничких система са флексибилним спрезањем је дат у

- Slobodan N. Vukosavić, Milić R. Stojić, „*Suppression of Torsional Oscillations in a High-Performance Speed Servo Drive*”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 45, no. 1, Feb. 1998, 108-117
- K. Szabat and T. Orłowska-Kowalska, „*Performance Improvement of Industrial Drives with Mechanical Elasticity using Nonlinear Adaptive Kalman Filter*”, IEEE Trans. Industrial Electronics, vol.55, no. 3, 2008, pp.1075-1084.

док су у

- Jacob Mattingley and Stephen Boyd, “Automatic-code generation for real-time convex optimization”, *Convex Optimization in Signal Processing and Communications* by Y Eldar and D.P. Palomar, Eds. Cambridge University Press, 2009.
- Jacob Mattingley and Stephen Boyd, “Real-time convex optimization in signal processing”, *IEEE Signal Processing Magazine*, 50-61, May 2010.
- I.D. Landau, „*Robust RST Controller Design by Convex Optimization*“, Advanced Process Control, Workshop, Vancouver, April 29-May 1, 2002
- J. Langer, I.D. Landau, “Combined pole placement/sensitivity function shaping method using convex optimization criteria”, *Automatica*, 35, P 1111-1120, 1999.
- I. Landau, “The R-S-T digital controller design and applications”, *Control Eng. Practice*, Vol.6, 155-165, 1998.

нотирани делом проблеми везани за примену конвексне оптимизације у решавању проблема синтезе система управљања у реалном времену. Истовремено, Група за интегрисане системе са МИТ, САД, коју води проф. Владимир Стојановић већ неколико година се бави пројектима који имају за циљ имплементацију робустних оптимизационих алгоритама на специјализовани рачунарски хардвер који би се могао применити у области

комуникација и управљања. Такође су започета истраживања која су фокусирана на проблем решавања торзионе резонанце у мехатроничким системима са флексибилним спрезањем

- Milan S. Matijević, Ranko Sredojević and Vladimir M. Stojanović, “*Robust RST controller design by convex optimization*“, Electronics, Vol. 15. No1, pp. 24-29, ISSN 1450-5843, June 2011

Докторска дисертација се бави наставком истраживања која су фокусирана на предметну инжењерску апликацију и могуће генерализације које из истраживања могу да проистекну.

## **2.7. Методе истраживања**

У истраживању ће се користити уобичајен поступак неопходан у изради сваке докторске дисертације у области технике. Најпре ће се примењивати познате и развити нове оригиналне методе аналитичког пројектовања дигиталних система управљања (моделирање, структурна и параметарска синтеза, итд.).

Аналитичко пројектовање ће се верификовати симулацијом помоћу програмског пакета МАТЛАБ.

Реализоваће се лабораторијски модел за демонстрацију и верификацију употребне вредности и непосредне примене добијених резултата истраживања. Модел ће бити спрегнут са персоналним рачунаром како би се омогућила једноставна реализација алгоритама управљања, управљања у реалном времену и прикупљања експерименталних података.

Највећи део истраживања биће реализован у Центру за примењену аутоматику Факултета инжењерских наука и у интезивној комуникацији са Групом за интегрисане системе на МИТ, САД.

## **2.8. Очекивани резултати докторске дисертације**

Основни очекивани резултат је алгоритам управљања, односно његова синтеза заснована на примени методологији конвексен оптимизације, а који ће дати боље резултате у решавању предметне инжењерске апликације. Овде треба укључити и методологију синтезе, али и имплементације алгоритма управљања у реалном времену.

Осим тога, реализацијом докторске дисертације је могуће доћи до новог производа – специјализованог рачунарског хардвера који би дао адекватно решење управљања електромоторним погонима са еластичним спрезањем.

## 2.9. Оквирни садржај дисертације

Предложена докторска теза има следећи оквирни садржај:

1. *Уводна разматрања*. Преглед у области. Поставка тезе која је предмет научне расправе докторске дисертације.
2. *Модел и структура сервосистема се еластичним спрезањем*. Моделирање спреге мотор – оптерећење. Опис типичних система овог типа са становишта његове структуре и компоненти које га чине.
3. *Синтеза алгоритма управљања и конвексна оптимизација*. Полазећи од конвенционалних алгоритама управљања електромоторних погона, као и од предложених антирезонантних управљачких структура из релевантне литературе, систематизују се реални технички захтеви за синтезу управљачког алгоритма који треба да респектује реалне перформансе спреге мотор – оптерећење. Даје се методологија за унапређење досадашњих концепата, односно, предлаже се синтеза ефикаснијег управљачког алгоритма. Анализа се потеницијал и ограничења примене конвексне оптимизације у синтези и имплементацији управљачких алгоритама.
4. *Реализација лабораторијског модела за тестирање антирезонантних управљачких стратегија код управљања електромоторним погонима*. Опис експерименталне апаратуре: механичких компоненти, сензора и актуатора, система за аквизицију и управљање лабораторијским моделом.
5. *Експериментална верификација*. Симулацијом, коришћењем програмског пакета МАТЛАБ, и кроз експерименталну верификацију над реализованим лабораторијским моделом, биће испитана ефикасност, предности и ограничења новопредложеног концепта синтезе и имплементације закона управљања. Могуће је дати и упоредну анализу основних карактеристика примарних антирезонантних алгоритама у контексту експерименталног резултата и могућности имплементације закона управљана кроз управљачки софтвер и хардвер.
6. *Закључак*. Преглед постигнутих резултата са оценом доприноса и евентуалним ограничењима у специфичним применама. Осврт на употребну вредност добијених резултата, ограничења, нерешене проблеме и могуће правце даљих истраживања.
7. *Литература. Додаци. Прилози*.

## 2.10. Име ментора са образложењем

За ментора предложене дисертације Комисија предлаже др Милана Матијевића, редовног професора, Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, а за коментора др Владимира Стојановића, професора МИТ-а у Бостону и гостујућег професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Предложени испуњавају све услове за менторство што укључује и потребан број радова на СЦИ листи.

## 2.11. Научна област дисертације

Предложена тема докторске дисертације по својој тематици припада области Машинство-Аутоматика и мехатроника.

## 2.12. Научна област чланова комисије

1. др Владимир Стојановић, ванредни професор, МИТ, САД  
Ужа научна област: Мехатроника и интегрисани системи
2. др Марија Станић, доцент, ПМФ, Универзитет у Крагујевцу  
Ужа научна област: Математичка анализа са применама
3. др Слободан Вукосавић, редовни професор, Електротехнички факултет  
Универзитета у Београду  
Ужа научна област: Управљање електромоторним погонима, Микропроцесорско управљање
4. др Весна Ранковић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука  
Универзитета у Крагујевцу  
Ужа научна област: Аутоматика и мехатроника, Примењена информатика и рачунарско инжењерство
5. др Жељко Деспотовић, научни сарадник, Институт Михајло Пупин, Београд  
Ужа научна област: Мехатроника
6. др Илија Николић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета  
у Крагујевцу  
Ужа научна област: Аутоматика и мехатроника, Примењена информатика и  
рачунарско инжењерство
7. др Милан Матијевић, редовни професор, Факултет инжењерских наука  
Универзитета у Крагујевцу  
Ужа научна област: Аутоматика и мехатроника, Примењена информатика и  
рачунарско инжењерство

### 3. Закључак и предлог Комисије

На основу података презентираних у претходним тачкама овог изештаја, Комисија доноси следећи

## ЗАКЉУЧАК

Ненад Бабајић, дипл. маш. инж., испуњава све, Законом о универзитету и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

На основу предложених полазних хипотеза дисертације, предмета дисертације, научних циљева, метода истраживања, оквирног садржаја рада и применљивости резултата истраживања Комисија сматра да је предложена тема под насловом „**ПРИМЕНА КОНВЕКСНЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ МЕХАТРОНИКЧКИХ СИСТЕМА СА ФЛЕКСИБИЛНИМ СПРЕЗАЊЕМ**“ веома актуелна и обезбеђује значајан научни допринос као и имплементацију знања у области Аутоматике и Мехатронике и може бити тема докторске дисертације. Дакле, Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације научно интересантна и значајна, односно да је научно оправдана.

Комисија предлаже Наставно научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Стручном већу за техничко технолошке науке Универзитета у Крагујевцу на кандидату Ненеду Бабајићу одобри израду докторске дисертације под називом

### **ПРИМЕНА КОНВЕКСНЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ МЕХАТРОНИКЧКИХ СИСТЕМА СА ФЛЕКСИБИЛНИМ СПРЕЗАЊЕМ**

За ментора предложене дисертације Комисија предлаже др Милана Матијевића, редовног професора, Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, а за коментора др Владимира Стојановића, професора МИТ-а у Бостону и гостујућег професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

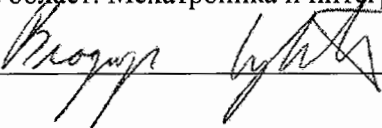
У Крагујевцу,

12. март 2012. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. др Владимир Стојановић, ванредни професор, МИТ, САД

Ужа научна област: Мехатроника и интегрисани системи



---

2. др Марија Станић, доцент, ПМФ, Универзитет у Крагујевцу

Ужа научна област: Математичка анализа са применама

М. Станић

3. др Слободан Вукосавић, редовни професор,  
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Ужа научна област: Управљање електромоторним погонима,  
Микропроцесорско управљање

Вукосавић Слободан

4. др Весна Ранковић, ванредни професор, Факултет  
инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Ужа научна област: Аутоматика и мехатроника, Примењена  
информатика и рачунарско инжењерство

Весна Ранковић

5. др Жељко Деспотовић, научни сарадник, Институт Михајло  
Пупин, Београд

Ужа научна област: Мехатроника

Жељко Деспотовић

6. др Илија Николић, редовни професор, Факултет  
инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Ужа научна област: Аутоматика и мехатроника, Примењена  
информатика и рачунарско инжењерство

Илија Николић

7. др Милан Матијевић, редовни професор, Факултет  
инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Ужа научна област: Аутоматика и мехатроника, Примењена  
информатика и рачунарско инжењерство

М. Матијевић