

Универзитет у Крагујевцу

Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о подобности теме докторске дисертације мр Саше Продановића, дипл. инж. маш.

Одлуком Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број 199/12 од 10.04.2013. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације под називом:

„Пројектовање ПИД регулатора за мултиваријабилне процесе“

мр Саше Продановића, дипл. инж. маш., вишег асистента Машинског факултета у Источном Сарајеву.

На основу увида у приложену документацију и личног познавања кандидата, Комисија подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

1.1 Лични подаци

Саша Продановић је рођен 26.09.1977. године у Сарајеву, где је завршио основну школу, са одличним успехом, а средњу Машинску техничку школу, такође са одличним успехом је завршио у Гацку 1996. Машински факултет у Источном Сарајеву је завршио 2004. године са просечном оценом током студија 8,00. Дипломирао је из предмета Основи аутоматског управљања, са оценом 10. Ментор дипломског рада је био проф. др Новак Недић. Последипломске студије уписао је 2004. године на Машинском факултету у Краљеву на смеру Системи аутоматског управљања, које је успешно завршио са просеком 9,33 (девет и 33/100) 2009. године. У сталном радном односу је на Машинском факултету Универзитета у Источном Сарајеву од 2004. године, и то у звању асистента од 2004., а у звању вишег асистента од 2009. године. Говори енглески језик. У току рада изводио је или изводи све облике вежби на следећим предметима:

1. Основи аутоматског управљања,
2. Аутоматизација производних система,
3. Мехатроника,
4. Техника мјерења (Метрологија),
5. Флексибилни технолошки системи (Производни обрадни системи – СИМ),
6. Надзор и заштита машинских система,
7. Инжењерска графика

1.2 Научноистраживачки рад

Кандидат Саша Продановић објавио је, као аутор и коаутор, 11 радова на домаћим и међународним научним скуповима. Као члан тима учествовао је у изради 2 научноистраживачка пројекта, које финансира Министарство за науку и технологију Републике Српске. Такође је члан тима за израду једног међународног пројекта. Списак радова и пројеката дат је у прилогу. Члан је и стручне комисије националног значаја под називом :

Технички комитет ВАС/ТС 51 – Аутоматика.

1.3 Подаци о магистратури

Магистарски рад под насловом „Анализа и побољшање система управљања нивоом кондензата у кондензатору турбине термоелектране Гацко“ одбранио је 2009. године на Машинском факултету у Краљеву. Ментор рада је био проф. др Новак Недић.

У раду су, на основу анализе система управљања нивоом у кондензатору турбине термоелектране, уочени недостаци и дат је предлог за њихово превазилажење. Побољшање се заснива на примени стратегије која обезбеђује уштеду енергије, увођењем фреквентних регулатора. У софтверу Matlab су извршене симулације система у реалном времену као и симулације његовог самоподешавања и на основу тих резултата је закључено да се предложена побољшања могу применити у термоелектрани и на тај начин повећати њена економичност.

2. ПОДАЦИ О ПРЕДЛОЖЕНОЈ ТЕМИ

2.1 Назив теме

„Пројектовање ПИД регулатора за мултиваријабилне процесе“

2.2 Предмет докторске теме

Имајући на уму чињеницу да велики број реалних процеса има мултиваријабилни карактер, као на пример: парни котлови, дестилационе колоне у нафтној индустрији, реактори са непрекидним мешањем, системи вешања код аутомобила, процес упаравања у папирној и целулозној индустрији, итд. истраживање у овој области све више добија на значају. Наиме, савремена пракса се састоји у примени стандардних ПИД регулатора пројектованих за процесе један улаз – један излаз. Иако су ти регулатори правилно подешени, читав систем не функционише коректно, посебно у условима већих поремећаја. Због тога је веома важно узети у обзир мултиваријабилни карактер процеса. За успешну примену ПИД регулатора веома је важно идентификовати интеракције између улазних и излазних величина система. За ово

квантификовање мултиваријабилног простирања моћан алат представља декомпозиција сингуларних вредности. С тим у вези предмет рада на овој дисертацији је да се формирају бољи алгоритми и методологије за пројектовање поменутих регулатора за процесе са више улаза и више излаза као што је то до сада учињено и много пута у пракси примењено за једноструко преносне процесе.

2.3 Основна хипотеза

Основна хипотеза од које се полази је да је за мултиваријабилне процесе могуће пројектовати мултиваријабилне регулаторе, као и да је могуће аутоматизовати њихово подешавање применом релејног експеримента.

2.4 Научни циљ дисертације и полазне основе

Научни циљ дисертације је побољшање квалитета функционисања сложених процеса, који имају мултиваријабилни карактер, како са становишта њихове динамике тако и у погледу смањења осетљивости на нетачности сигнала (услед дејства поремећаја) и нетачности модела процеса (система). У том правцу је и пројектовање мултиваријабилних П, ПИ, ПИД регулатора, затим декуплера (распрезивача) (чија је улога да се пројектовање мултиваријабилних регулатора сведе на пројектовање коначне колекције регулатора за процесе један улаз – један излаз), као и самоподешавајућих мултиваријабилних регулатора заснованих на релејном експерименту. Наиме, логичан корак након многоструке потврде квалитета релејног експеримента у подешавању регулатора за једноструко преносне процесе у пракси, би био истражити могућности њихове примене за подешавање ПИД регулатора за вишеструко преносне процесе. Чињеница која у самом старту чини проблематику по природи ближом тренутном стању у пракси је та да се већина идеја и техника установљених за процесе један улаз – један излаз може искористити и за мултиваријабилне процесе.

Истраживања у свијету у погледу пројектовања мултиваријабилних ПИД регулатора су у почетној фази па би ова дисертација представљала наставак истраживања у овој области. Литература, која ће бити коришћена као полазна основа за израду ове тезе, дата је у наставку:

- [1] Skogestad S., Postlethwaite I., "Multivariable Feedback Control – Analysis and Design", John Wiley & Sons, 2005.
- [2] Chen J., "Sensitivity integral relations and design trade-offs in linear multivariable feedback-systems", *IEEE Transactions on Automatic Control*, AC-40(10), pp. 1700-1716., 1995.
- [3] Nwokah O.D.I., Perez R., "On multivariable stability in the gain space", *Automatica*, 27(6), pp. 975-983, 1991.
- [4] Wang Q.-G., Ye Z., Cai W.-J., Hang C.-C., "PID Control for Multivariable Processes", Springer, 2008.
- [5] Wang Q.-G., Zou B., Lee T.-H., Bi Q., "Auto-tuning of multivariable PID Controllers from decentralized relay feedback", *Automatica*, 33(3), pp. 319-330, 1997.
- [6] Wang L., Gawthrop P.J., "On the estimation of continuous time transfer functions", *International Journal of Control*, 74, pp. 889-904, 2001.
- [7] Wang Q.-G., Lee T.H., Lin C., "Relay Feedback – Analysis, Identification and Control", Springer, 2003.
- [8] Wang Q.-G., Hang C.-C., Zou B., "Multivariable process identification and control from decentralized relay feedback", *International Journal of Modeling and Simulation*, 20(4), pp. 341-348, 2000a.

- [9] Goncalves J.M., Megretski A., Dahleh M.A., "Global stability of relay feedback systems", *IEEE Transactions on Automatic Control*, 46(4), pp. 550-562, 2001.

2.5 Методе истраживања

У раду ће се користити методе моделовања и симулације у циљу пројектовања регулатора. Поред директног пројектовања мултиваријабилних ПИД регулатора разматраће се и две методологије које олакшавају пројектовање регулатора, а то су: децентрализовани регулатори и хијерархијски регулатори. Синтеза П регулатора ће бити заснована на мултиваријабилном Најквистовом критеријуму. При третирању сложеног система као коначне колекције система један улаз – један излаз, прво ће се разматрати Бристолова метода као и њена генерализација, а након тога ће бити изложене методологије пројектовања декуплера за дати мултиваријабилни систем. Приликом примене релејног експеримента за случај мултиваријабилних система биће размотрене две могућности и то: прва, директно подешавање регулатора коришћењем релејног експеримента и друга, (када се релејни експеримент користи за идентификацију преносних скаларних функција реда већег од 2) подешавање регулатора користећи алгебарску методу Д – декомпозиције.

2.6 Очекивани резултати

- Систематизација постојећих резултата,
- Одређивање математичког модела мултиваријабилног процеса,
- Пројектовање:
 - мултиваријабилних П, ПИ и ПИД регулатора,
 - декуплера (распрезивача),
 - самоподешавајућих мултиваријабилних регулатора заснованих на релејном експерименту,
 - децентрализованих регулатора фиксне структуре коришћењем Д – декомпозиције и метода доминантних полова,
 - децентрализованих регулатора заснованих на релејном експерименту.

2.7 Оквирни садржај рада

1. Уводна разматрања,
2. Опис концепта сложеног мултиваријабилног система. Конкретни примери мултиваријабилних процеса,
3. Математичко моделовање мултиваријабилног процеса, и пројектовање мултиваријабилних П, ПИ и ПИД регулатора,
4. Пројектовање декуплера у циљу разлагања сложеног система,
5. Примена релејног теста за мултиваријабилне процесе,
6. Закључци.

3. ЗАКЉУЧАК

На основу података изнетих у тачкама 1 и 2 и личног познавања кандидата, сматрамо да мр Саша Продановић, дипл. инж. маш., као и предложена тема његове докторске дисертације са насловом: „**Пројектовање ПИД регулатора за мултиваријабилне процесе**“, испуњавају све потребне услове који се траже у поступку оцене подобности кандидата и теме, те предлажемо Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву да прихвати извештај Комисије и достави га на разматрање Стручном већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

4. ПРЕДЛОГ МЕНТОРА

Комисија предлаже за ментора проф. др Новака Недића, дипл. инж. маш.

Прилог:

- Списак објављених радова
- Списак научноистраживачких пројеката

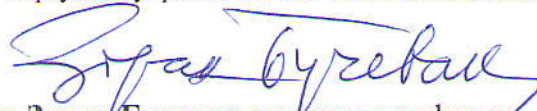
У Краљеву, 26.04.2013. год.

Чланови Комисије:



др **Новак Недић**, редовни професор
Факултет за машинство и грађевинарство у
Краљеву

Ужа научна област: Системи аутоматског управљања
и флуидне управљачке компоненте и системи



др **Зоран Бучевац**, редовни професор
Машински факултет у Београду

Ужа научна област: Аутоматско управљање



др **Војислав Филиповић**, ванредни професор
Факултет за машинство и грађевинарство у
Краљеву

Ужа научна област: Аутоматско управљање, флуидна
техника и мерења

СПИСАК ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА

- [1] N. Nedić, **S. Prodanović**, "Some Modifications in the Process Identification and Tuning of Controller of Level in Condenser in Thermal Power Plant", *XI International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements SAUM*, Niš, Serbia, 2012, 382-385.pp., ISBN 978-86-6125-072-9
- [2] V. Filipović, N. Nedić, **S. Prodanović**, "Reduced Energy Cost through the Furnace Pressure Control in Power Plants", *The 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems ECOS*, Perugia, Italy, 2012, pp. 367; 1-9, ISBN 978-88-6655-322-9
- [3] **S. Prodanović**, N. Nedić, V. Filipović, "Comparison of Two Mathematical Models for Control System of Level in Condenser of Turbine in the Thermal Power Plant", *Process Technology and Environmental Protection, PTEP*, Zrenjanin, Serbia, 2011, pp. 185-189, ISBN 978-86-7672-152-8
- [4] N. Nedić, V. Filipović, **S. Prodanović**, "Energy Saving in the Power Plants Using Automatic Control", *The 24th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems ECOS*, Novi Sad, Serbia, 2011, pp. 1843-1855, ISBN 978-86-6055-015-8
- [5] N. Nedić, V. Filipović, **S. Prodanović**, "Auto-tuning of PID Controller for System Turbine-Condenser in the Thermal Power Plant", *The Seventh Triennial International Conference Heavy Machinery*, Vrnjačka Banja, Serbia, 2011, pp. 1-6, ISBN 978-86-82631-58-3
- [6] **S. Prodanović**, N. Nedić, V. Filipović, "Improved Auto-tuning PID Controller of Level in Condenser of Turbine in Thermal Power Plant Using Saturation-relay Feedback", *X Triennial International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements*, Niš, Serbia, 2010, pp. 68-71, ISBN 978-86-6125-020-0
- [7] A. Košarac, **S. Prodanović**, M. Zeljković, "Possibilities for Interactive Control of Machine Tools in the Virtual Reality Environment", *1st International Conference on Mechanical Engineering Technologies and Application - COMETA*, Jahorina, B&H, 2012, pp. 117-124, ISBN 978-99938-655-4-4
- [8] **S. Prodanović**, S. Vasković, Z. Radović: "Improvement of the Wood Biomass Heating System Control", *II International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection - IEEP*, Zrenjanin, Serbia, 2012, pp. 83-85, ISBN 978-86-7672-184-9
- [9] N. Nedić, R. Petrović, **S. Prodanović**, "Loading Computation of Sliding Contacts Between Vane and Housing of the Vane Pump", *The Sixth Triennial International Conference, Heavy Machinery*, Kraljevo, Mataruška banja, Serbia, 2008, pp. A.7-A.12, ISBN 978-86-82631-45-3
- [10] Р. Антуновић, **С. Продановић**, „Утицај температурног поља на динамичко понашање ротора турбогенератора“, *IX Интернационални научно-стручни симпозијум ИНФОТЕХ*, Јахорина 2010, стр. 343-347, ISBN-99938-624-2-8
- [11] Н. Радић, **С. Продановић**, М. Милутиновић, В. Медаковић, „Параметарско моделирање машинских дијелова примјеном програмског пакета САТИА V5“, *VII Интернационални научно-стручни симпозијум ИНФОТЕХ*, Јахорина 2008, стр. 271-275, ISBN-99938-624-2-8
- [12] **С. Продановић**, „Систем аутоматског управљања остваривањем задате позиције радног стола машине алатке“, Дипломски рад, Машински факултет Источно Сарајево, 2004. године

- [13] **С. Продановић**, „Анализа и побољшање система управљања нивоом кондензата у кондензатору турбине термоелектране Гацко“, Магистарски рад, Машински факултет у Краљеву, 2009. године.

СПИСАК НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИХ ПРОЈЕКТА

1. Координатор: Р. Антуновић, сарадници: А. Вег, А. Буквић, М. Шаренац, С. Николић, **С. Продановић**: Елаборат пројекта, „Развој нових структура надзорних дијагностичких система“, Машински факултет Источно Сарајево, 2009., пројекат суфинансиран од стране Министарства науке и технологије.
2. Координатор: Р. Антуновић, сарадници: Д. Голубовић, А. Вег, Н. Радић, Н. Зубер, **С. Продановић**, С. Васковић, Д. Милић: Елаборат пројекта, „Развој и примјена експертних система у техничкој дијагностици“, Машински факултет Источно Сарајево, 2012., РМФ01ЕС, пројекат суфинансиран од стране Министарства науке и технологије.
3. Tempus Sustainable Development TRAIN_ 530530-TEMPUS-1-2012-1-SE-TEMPUS-JPHES