

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Емилије Кисић, дипл. инж. електротехнике-мастер за израду докторске дисертације „Примена T^2 контролних дијаграма и скривених Марковљевих модела на предиктивно одржавање техничких система“.

Одлуком бр. 5038/09-2 од 15.09.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Емилије Кисић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Примена T^2 контролних дијаграма и скривених Марковљевих модела на предиктивно одржавање техничких система“. На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Емилија Кисић је рођена 15. априла 1984. године у Београду. Основну школу и Гимназију је завршила у Београду, 1998. и 2002, респективно. Основне студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду је завршила 2007. године, на одсеку Сигнали и системи, са просеком 8,17. Дипломирала је код проф. др Жељка Ђуровића са оценом 10, са темом „Препознавање вокала применом формантне анализе и неуралних мрежа“. Мастер студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду је завршила 2009. године, на одсеку Сигнали и Системи, са просеком 10,00. Мастер рад одбранила је код проф. др Жељка Ђуровића са оценом 10, са темом „Систем за препознавање говора из ограниченог речника применом неуралних мрежа“. Уписала је докторске студије 2009. године на Електротехничком факултету у Београду.

У Високој школи електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду је почела да ради септембра 2009. године као стручни сарадник, док је од 2012. примљена у радни однос са пуним радним временом у звању асистента. Ангажована је на студијском програму Аутоматика и системи управљања возилима на предметима Аутоматско управљање 1, Аутоматско управљање 2, Дигитални системи управљања, Основи информатике и рачунарства, Електротехнички материјали и компоненте. У оквиру наставе ангажована је на рачунским вежбама и лабораторијским вежбама. Учествовала је на

унапређењу постојећих вежби, увођењем у наставу нових хардверских и софтверских материјала. У оквиру наставног процеса стекла је и наставне референце у виду коауторства на приручницима за лабораторијске вежбе и публикованих радова.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Емилија Кисић уписала је докторске студије 2009. године на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, студијски модул Управљање системима и Обрада сигнала. Положила је све испите на докторским студијама са просечном оценом 10,00 и одрадила је све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене програмом. Одређен јој је ментор дисертације, проф. Жељко Ђуровић, и период 2009. до 2015. године провела је у истраживању и припреми докторске тезе.

Тема која је предложена за докторску дисертацију овог кандидата има мултидисциплинарни карактер и домен интересовања се налази у областима детекције отказа, предиктивног одржавања, теорије обраде сигнала, статистичке контроле процеса и препознавања облика.

Емилија Кисић је првопотписани коаутор једног рада објављеног у истакнутом међународном часопису (на SCI листи):

1. Kisić E., Đurović Ž., Kovačević B., Petrović V.: Application of T^2 Control Charts and Hidden Markov Models in Condition-Based Maintenance at Thermoelectric Power Plants, *Shock and Vibration*, (Paper accepted 24 May 2015); (M23), IF=0.722

и првопотписани коаутор два рада објављена у часописима националног значаја:

1. Kisić E., Petrović V., Jakovljević M., Đurović Ž.: Fault Detection in Electric Power System Based on Control Charts, *SJEE*, Vol. 10, No. 1, 2013, pp.73-90, doi: 10.2298/SJEE1301073K; M51
2. Kisić E., Petrović V., Vujnović S., Đurović S., Ivezić M.: Analysis of the condition of coal grinding mills in thermal power plants based on the T^2 multivariate control chart applied on acoustic measurement, *Facta Universitatis-Series Automatic Control and Robotics*, Vol. 11, No 2, 2012, pp. 141-151; M53

и првопотписани коаутор седам радова саопштених на скуповима националног значаја који су штампани у целини:

1. Kisić E., Matijević D., Petrović V.: Application of control charts on analysis of conditions for inflammation of the air-fuel mixture in the cylinders of the gasoline internal combustion engine, Presented at 2nd IcETRAN 2015, Silver lake, Serbia, June 8-11; M63
2. Драшковић С., Ђуровић Ж., Кисић Е.: Applied statistics in process control and monitoring, *Зборник радова са конференције Математичке и информационе технологије* –

МИТ 2013, Врњачка бања, Србија, 05-09. септембар 2013. pp. 329-334; М63 (ISBN 978-86-80795-20-1 (ПМФ))

3. Кисић Е., Петровић В., Драшковић С.: Примена T^2 мултиваријабилних контролних дијаграма и скривених Марковљевих модела на испитивање стања млинова у термоелектранама, *Електронски зборник радова 57. конференције ЕТРАН 2013*, Златибор, 3-6. јун 2013. pp. АУ 2.4.1-5; М63 (ISBN 978-86-80509-68-6)

4. Кисић Е., Петровић В., Јаковљевић М.: Примена контролних дијаграма у детекцији отказа у електро-енергетским системима, *Електронски зборник радова 56. конференције ЕТРАН 2012*, Златибор, 11-14. јун 2012. pp. АУ3.1-1-4; М63 (ISBN 978-86-80509-67-9)

5. Петровић В., Мумовић Г., Кисић Е.: Information technology in the measuring and control systems, *Зборник радова са конференције Математичке и информационе технологије – МИТ 2011*, Врњачка бања, Србија, 27-31. август, 2011. pp. 330-334; М63 (ISBN 978-86-83237-90-6 (АУ))

6. Кисић Е., Ђуровић Ж.: Примена контролних дијаграма у управљању и надгледању процеса, *Електронски зборник радова 55. конференције ЕТРАН 2011*, Бања Врућица, 6-9. јун, 2011. pp. АУ3.2-1-4; М63 (ISBN 978-86-80509-66-2)

7. Кисић Е., Пољак П., Петровић В., Примена савремених софтверских алата у системима управљања, *Zbornik radova sa IX međunarodnog naučno-stručnog simpozijuma Зборник радова ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА 2010*, Јахорина, Босна и Херцеговина, 17-19. март 2010. Vol.9, Ref. А-10, p. 50-54; М63 (ISBN-99938-624-2-8)

као и коаутор три приручника за лабораторијске вежбе:

1. Дикић Г., Кисић Е.: Аутоматско управљање 1-приручник за лабораторијске вежбе, Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија, Београд, 2012. ISBN 978-86-7982-139-3

2. Дикић Г., Кисић Е., Мумовић Г.: Аутоматско управљање 2-приручник за лабораторијске вежбе, Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија, Београд, 2013. ISBN 978-86-7982-150-8

3. Петровић В., Кисић Е.: Основи информатике и рачунарства-приручник за лабораторијске вежбе, Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија, Београд, 2015. ISBN 978-86-7982-210-9.

Такође, Емилија Кисић учествовала је на једнодневной радионици и одржала предавање:

- *Predictive maintenace based od control charts diagrams: case study of coal mills-RObust Decentralised Estimation fOr large-scale systems (RODEO)*, Work-in-Progress Meeting, Belgrade, November 2014, Computer Center of the School of Electrical Engineering.

и похађала је једнонедељни курс:

- *International 2013 EECI Graduate School on Control-Control of Nonlinear Delay Systems and PDEs*, held in Belgrade from 12/03/2013 until 16/03/2013.

Награду за младог истраживача добила је на 56. конференцији ЕТРАН 2012. за рад:

- Кисић Е., Петровић В., Јаковљевић М.: Примена контролних дијаграма у детекцији отказа у електро-енергетским системима, *Електронски зборник радова 56. конференције ЕТРАН 2012*, Златибор, Србија, 11-14. јун 2012. АУЗ.1-1-4; М63.

Дана 07.09.2015. године Емилија Кисић је полагала испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: професор Бранко Ковачевић, професор Драган Денић, професор Слободан Вукосавић и доцент Горан Квашчев. Оцена комисије је да је кандидат Емилија Кисић задовољио на том испиту.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током писања овог Извештаја, Комисија је узела у обзир све претходно наведене чињенице и резултате досадашњег рада кандидата Емилије Кисић. Такође су са посебном пажњом размотрена искуства која је кандидат стекао, како кроз образовни, тако и истраживачки процес. Узимајући у обзир све наведене компоненте које чине истраживачки профил кандидата за докторску дисертацију, Комисија је стекла увид у способности кандидата за научно-истраживачки рад, као и његове могућности, да током израде предложене докторске дисертације, оствари резултате који могу бити приказани и валоризовани од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је позитиван и након детаљног образложења саме теме предложиће да она буде усвојена, а кандидату дата могућност да настави са израдом докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

У данашњој индустрији детекција отказа и превентивно одржавање представљају најважније задатке како би аутоматизовани и веома сложени процеси били поуздани и безбедни. За разлику од детекције отказа која се састоји од изолације вероватног узрока отказа и која се обавља након што је отказ наступио, односно *a posteriori*, превентивно одржавање врши се *a priori* и примењује се како би се избегло да до отказа уопште дође. Основни циљ превентивног одржавања је продужење времена у којем систем ради добро и истовремено смањење броја непотребних застоја и отказа. Превентивно одржавање се може вршити као планирано одржавање, које се врши у задатим временским интервалима (енг. *Time Based Maintenance*) и као предиктивно одржавање или одржавање по стању (енг. *Condition Based Maintenance*) код којег се активности одржавања реализују на основу стања делова и система [1] (списак релевантне литературе се налази на крају овог одељка). Многи аутори дају предност одржавању по стању у односу на планирано одржавање [2]. Одржавање по стању заправо предлаже планско одржавање на основу многобројних техника надгледања стања система.

У оквиру одржавања по стању, прогноза отказа (енг. *failure prognostic*) је један од главних процеса, јер нам омогућава да проценимо преостали корисни живот (енг. *Remaining Useful Life*) пре него што наступи отказ система [3]. Прогноза отказа процењује време када ће отказ наступити и врши се *a priori*. Многе методе и алати могу се користити како би се проценила вредност преосталог корисног живота (RUL-a). Ове методе могу бити

класификоване у три главне групе: (1) прогноза отказа базирана на моделу [5]. (2) прогноза отказа базирана на покретним подацима (енг. *data-driven prognostic*) [4] и (3) прогноза отказа базирана на искуству [6].

У овом истраживању предложен је акцената на приступу који је заснован на покретним подацима (*data-driven prognostic*) и примени скривених Марковљевих модела. Примениће се скривени Марковљеви модели (СММ) кроз статистички приступ у идентификацији актуелног стања система из опсервабилних сигнала који се сакупљају док је систем у функцији. Иако су скривени Марковљеви модели најпре нашли своју примену у обради говора, у литератури се могу пронаћи многе примене СММ-а у индустрији и детекцији отказа [7,8]. Такође, могу се пронаћи дијагностички модели засновани на стању система базирани на скривеном Марковљевом моделу [9].

Са друге стране, годинама се већ развија статистичка контрола процеса и разноврсна примена контролних дијаграма у индустрији и детекцији отказа [10,11], као и решења за ограничења која се јављају у пракси њиховом применом.

Предложени алгоритам ће бити примењен на процес у Термоелектрани “ТЕКО” у Костолцу. Наиме, у термоелектранама системи за млевење угља, односно млинови, представљају виталне делове целокупног процеса производње. Ударне плоче млинова који међу угљем се временом троше и потребно их је мењати планираним одржавањем након одређеног броја радних сати. У зависности од квалитета угља и самих плоча некада је потребно извршити ову замену раније или касније у односу на планирано одржавање, што има за последицу велике материјалне губитке услед заустављања целог подсистема у случају када њихова замена није била потребна, или ако отказ наступи пре него што до замене дође. Једини начин да се провери стање ударних плоча јесте да се цео подсистем заустави и отвори како би се извршила визуелна инспекција млина. Циљ примене овог алгоритма ће бити повећање енергетске ефикасности процеса у Термоелектрани “ТЕКО” одржавањем по стању тако што ће се обезбедити информација у ком стању се ударне плоче налазе. Алгоритам ће се базирати на примени контролних дијаграма на издвојене параметре акустичких сигнала у фреквенцијском домену, а затим на формирање СММ-а чије ће опсервације бити параметризоване статистике са контролних дијаграма. Акустички сигнали су снимљени у Термоелектрани „ТЕКО“, док је подсистем за млевење угља у функцији.

Коначно, може се закључити да је предмет ове докторске дисертације предиктивно одржавање техничких система са циљем:

- Истицања предности предиктивног одржавања у односу на планирано одржавање;
- Увођења иновативне технике прогнозе отказа засноване на приступу који је базиран на покретним подацима (енг. *data-driven*);
- Примена контролних дијаграма и издвајање квантитативних мера које се могу сматрати опсервацијама у процесу одржавања система;
- Пројектовање система детекције стања у циљу примене предложене технике у Термоелектрани „ТЕКО“ у Костолцу а за потребе правовремене измене радних кола на млиновима;
- Пројектовање критеријума за квантитативну евалуацију система за предиктивно одржавање и процену уштеде која се оваквим системом одржавања технике остварује.

У даљем тексту се налази списак релевантне литературе која је искоришћена у циљу одговарајућег описа предмета и циља истраживања, као и образложења актуелности теме.

- [1] Vachtsevanos G., Lewis F., Roemer M., Hess A., Wu B.: *Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems*, John Wiley & Sons, NJ, USA, 2006
- [2] Yang S.: *A condition-based preventive maintenance arrangement for thermal power plants*, Electric Power Systems Research, Vol 72, No 1, 2004, pp.49-62
- [3] Jardine A., Lin D., Banjevic D.: *A Review on Machinery Diagnostics and Prognostics Implementing Condition-Based Maintenance*, Mech. Syst. Signal Process., Vol 20, No 7, 2006, pp.1483–1510
- [4] Heng A., Zhang S., Tan A., Mathew J.: *Rotating Machinery Prognostics: State of the Art, Challenges and Opportunities*, Mech. Syst. Signal Process., Vol 23, No 3, 2009, pp.724–739
- [5] Chelidze D., Cusumano J.: *A dynamical systems approach to failure prognosis*, Journal of Vibration and Acoustics, Vol 126, No 1, 2004, pp.2– 8
- [6] Groer P.: *Analysis of time-to-failure with a weibull model*, Proceedings of the Maintenance and Reliability Conference, 2000, pp. 59.01 - 59.04.
- [7] Li Z., Wu Z., He Y., Fulei C.: *Hidden Markov Model-Based Fault Diagnostics Method in Speed-Up and Speed-Down Process for Rotating Machinery*, Mech. Syst. Signal Process., Vol 19, No 2, 2005, pp.329–339
- [8] Tai A., Ching W., Chan, L.: *Detection of machine failure: hidden Markov model approach*, Computers & Industrial Engineering, Vol 57, No 2, 2009, pp.608–619
- [9] Tobon-Mejia D., Medjaher K., Zerhouni N., Tripot G.: *Hidden markov models for failure diagnostic and prognostic*, Prognostics and Health Management Conference, 2011, Shenzhen, China.
- [10] Montgomery D.: *Introduction to Statistical Quality Control*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, New York, 2005
- [11] Mason R., Young J.: *Multivariate Statistical Process Control with Industrial Applications*, ASA-SIAM, 2002.
- [12] Baydar N., Ball A.: *A comparative study of acoustic and vibration signals in detection of gear failures using Wigner-Ville distribution*, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol 15, No 6, 2001, pp.1091-1107

3. Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на следећим научним претпоставкама:

- Информације које се могу екстраковати из спектралних компоненти акустичког сигнала снимљеног непосредно уз зидове млинова су довољне да се на основу њих може препознати стање ротирајућих елемената млина. Ова је претпоставка врло битна јер су се, до сада, у доступој литератури, а за ову намену, углавном користили сензори вибрација [12]. Уколико се ова претпоставка испостави тачном отвориће се нови простор истраживању јер је познато да је аквизиција и обрада акустичких сигнала вишеструко јефтинија и једноставнија од обраде сигнала вибрације.
- Важна претпоставка је да се приликом снимања акустичког сигнала могу потиснути нежељене компоненте из амбијента. Не треба заборавити да се снимање ових сигнала врши у простору ниских кота термоелектране, где је акустичка контаминација врло изражена. Стога је испројектован посебан систем фиксирања микрофона на

милиметарским одстојањима од зидова млина који се анализира, а са основном намером да снага корисног сигнала буде вишеструко већа од снаге контаминирајућих акустичких извора као што су суседни млинови, напојне пумпе, околни вентили и томе слично.

- Такође је претпостављено да је применом T^2 контролних дијаграма на издвојене параметре акустичких сигнала у фреквенцијском домену могуће добити информацију о стању ударних плоча у млину термоелектране. Урбана је легенда да међу искусним руковооцима на индустријским постројењима, као што су термоелектране, постоје особе које умеју да 'чују' звуке у звучном садржају који емитују погони у раду, и да на основу њих препознају истрошеност појединих елемената који се хабају, као што су радна кола млинова. Полазећи од претпоставке да је ова урбана легенда тачна, кренуло се у правцу одговарајуће анализе фреквенцијског садржаја доступних акустичких записа.
- Коначно, приликом дефинисања оквира и методологије за ову докторску дисертацију, у самом почетку је било јасно да ће временски записи имати јасно изражену нестационарност. При томе се приликом дефинисања плана замене радних кола полази од претпоставке да је средња вредност њихових живота 1600 сати рада. У условима отежане експлоатације у којој је садржај кречњака у угљу висок, овај се животни век спушта и до 900 сати, док се у условима повољне експлоатације дешава да радни век радних кола траје и до 2000 сати. Претпоставка са којом се кренуло у овом истраживању јесте да Скривени Марковљеви модел омогућава добар теоријски оквир за моделирање нестационарности прикупљених сигнала и да се одговарајућим избором броја стања са довољном прецизношћу могу моделирати промене од интереса у запису.

4. Научне методе истраживања

Први део истраживања ће се односити на преглед већ постојећих техника за предиктивно одржавање. Утврђено је да сваки од предложених приступа има одређене предности и недостатке. С обзиром на доступност акустичких сигнала биће изабран '*data-driven*' приступ који не захтева познавање модела. Снимање акустичких сигнала биће извршено са усмереним микрофоном на дистанци од неколико милиметара док је подсистем за млевање угља у функцији. Предложени алгоритам за одржавање по стању биће пројектован у четири сукцесивна корака која ће бити заснована на опште-прихваћеним научним методама и то:

- Издајање параметара из снимљених акустичких сигнала у временском и фреквенцијском домену. У том циљу ће бити искоришћене научне методе које се заснивају на Фуријеовој трансформацији и трансформацији таласића.
- Након тога следи примена T^2 контролних дијаграма на издвојене параметре уз одговарајућу статистичку анализу формираних случајних вектора у смислу типа њихове расподеле и момената одговарајућег реда.
- У циљу карактеризације опсервација које ће се користити за скривене Марковљеве моделе један од значајних задатака биће квантизација одбирака са T^2 контролних

дијаграма. Различите технике за кластеризацију, параметарске и непараметарске, ће бити искоришћене у циљу векторске квантизације како бисмо добили дискретан сет опсервација за скривени Марковљев модел са одговарајућим вероватноћама појављивања.

- Финалну фазу у предложеном алгоритму за одржавање по стању, представља формирање скривеног Марковљевог модела. Постоје научно прихваћене методе за решавање такозваног трећег проблема скривених Марковљевих ланаца. Посебна пажња ће бити посвећена примењивости ове научне методе на разматрани проблем и евентуалној потреби за модификацију у процени неког од чланова триплета који дефинишу сваки скривени Марковљев модел.

Нова техника биће пројектована у програмском пакету MATLAB и тестирана на снимљеним акустичким сигнаlima у Термоелектрани „ТЕКО“ Костолац на блоку А1. Предвиђа се анализа добијених резултата како би се донео закључак да је предложени алгоритам ефикасан у процени параметра *RUL (Remaining Useful Life)*. Такође, добијени резултати могу послужити као потврда да је предиктивно одржавање ефикасније од планираног одржавања.

5. Очекивани научни допринос

Имајући у виду постављене циљеве овог истраживања као и резултате до којих се у међувремену већ дошло, као очекивани се могу навести следећи научни доприноси:

- Прегледом одговарајуће литературе извршиће се компаративна анализа између сензора вибрација и акустичких сензора а са становишта примењивости и ефикасности дијагностике.
- Одговарајућом анализом доступних резултата у литератури биће дат детаљан преглед постојећих техника за превентивно одржавање, као и примене контролних дијаграма и скривених Марковљевих модела у одржавању по стању. Биће издвојене предности и недостаци појединих приступа.
- Биће предложена нова техника за одржавање по стању заснована на приступу који је базиран на покретним подацима јер не тражи познавање модела, а нестационарност процеса ће бити покривена увођењем скривених Марковљевих модела који дефинисањем различитих стања подразумева динамички модел и нестационарност опсервација.
- Опсервације које улазе у скривени Марковљев модел неће бити директно мерени подаци са објекта, већ параметризоване статистике из контролних дијаграма који ће бити примењени на издвојене параметре из акустичких сигнала у фреквенцијском домену. Другим речима, предложени поступак ће издвојити најбоља својства постојећих приступа и сјединити их у структуру која је иновативна.
- Очекује се примена предложене технике у Термоелектрани „ТЕКО“ Костолац, на блоку А1, на конкретан проблем који се јавља планираним одржавањем ударних плоча које међу угаљ у једном од кључних подсистема термоелектране.
- Додатни допринос биће експериментална анализа предложеног решења, као и преглед предности и недостатака истог.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове дисертације састоји се из следећих кључних корака:

- Почетна фаза истраживања је преглед литературе која се бави одржавањем по стању, контролним дијаграмима и њиховом применом у индустрији, скривеним Марковљевим моделима, издвајање прегледних радова, систематизација постојећих решења, издвајање предности и недостатака различитих техника одржавања по стању у односу на друге.
- Следећа фаза истраживања подразумева детаљно упознавање са проблемом у Термоелектрани „ТЕКО“ Костолац, односно са проблемом који се јавља планираним одржавањем ударних плоча које међу угљем у једном од кључних подсистема Термоелектране „ТЕКО“. У овој фази ће се анализирати примењивост и специфичности идеје да се примени одржавање по стању анализом акустичких сигнала који се снимају док је подсистем за млевење угља у функцији. На тај начин би се могла добити информација о стању ударних плоча чиме би се избегло да се цео систем зауставља пре времена у случају да то није потребно, а у циљу смањења материјалних губитака и повећања енергетске ефикасности термоелектране.
- Следеће активности ће бити усмерене ка провери хипотезе да се акустички сигнали могу ефикасно користити за детекцију различитих врста отказа код ротирајућих елемената, да се применом контролних дијаграма на издвојене параметре акустичких сигнала у фреквенцијском домену може добити информација о стању ударних плоча, као и да се нестационарност процеса може покрити увођењем скривених Марковљевих модела.
- Значајан део истраживања биће посвећен развоју нове технике за одржавање по стању која ће бити примењена на процес у Термоелектрани „ТЕКО“ издвајањем параметара из снимљених акустичких сигнала у фреквенцијском домену, затим применом T^2 контролних дијаграма на издвојене параметре и формирањем скривеног Марковљевог модела како бисмо добили информацију о стању ударних плоча у млину Термоелектране „ТЕКО“.
- Анализа добијених резултата, истицање предности примене предложене технике, издвајање ограничења у примени испројектованог приступа.

Структура саме тезе ће у великој мери пратити предложене фазе истраживања. Осим уводног поглавља предвиђена су три поглавља прегледног типа од којих ће прво бити посвећено прегледу техника покретних података (енг. data-driven) у одржавању по стању, док ће друго прегледно поглавље бити посвећено општој теорији контролних дијаграма, са посебном пажњом усмереном ка T^2 контролним дијаграмима. Треће прегледно поглавље биће посвећено скривеним Марковљевим ланцима и проблемима у њиховој имплементацији. Пето поглавље ће садржати структуру и опис нове технике за решење проблема у термоелектрани „ТЕКО“ А1 у Костоцу. У шестом поглављу биће представљени експериментални резултати добијени применом иновативне технике, као и компаративна анализа нове са техникама предложеним у литератури. Последња два поглавља садржаће закључке и коришћену литературу, респективно.

7. Закључак и предлог

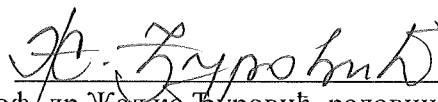
Током писања овог Извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају слику о подобности теме и кандидата за реализацију предвиђених истраживања. Имајући у виду резултате досадашњег рада кандидата Емилије Кисић који је показан у фази истраживања у оквиру докторске дисертације, њеног ангажовања као сарадника на високошколској установи и њеног истраживачког искуства, Комисија је стекла неспорни утисак да кандидат јесте способан за научно-истраживачки рад као и за реализацију предвиђених истраживања. Са друге стране, анализирајући предложену тему под називом "Примена T^2 контролних дијаграма и скривених Марковљевих модела на предиктивно одржавање техничких система", стављајући је у контекст савремених, актуелних научних истраживања, сагледавајући наведене непосредне циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је у потпуности сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. При томе Комисија констатује да ова тема припада ужој научној области Управљање системима и обрада сигнала, да Електротехнички факултет Универзитета у Београду јесте матичан за ову научну област, и при томе за ментора рада предлаже проф. др Жељка Ђуровића запосленог на Електротехничком факултету у Београду. У контексту овог предлога, уз Извештај је приложен списак радова проф. Жељка Ђуровића који га квалификују за ментора.

Коначно, у закључку овог Извештаја, а имајући у виду све напред наведено, Комисија има част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду предложи да прихвати тему докторске дисертације "Примена T^2 контролних дијаграма и скривених Марковљевих модела на предиктивно одржавање техничких система" и да кандидату Емилији Кисић омогући да приступи њеној изради.

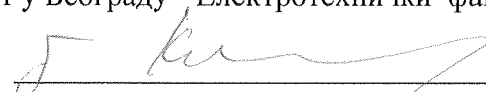
у Београду,

дана 05.10.2015.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



Проф. др Жељко Ђуровић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



Проф. др Бранко Ковачевић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



Проф. др Драган Денић, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



Проф. др Слободан Вукосавић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Горан Квашчев, доцент
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет