

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1112/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)13.07.2017.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

СИСТЕМ ЗА ПРОРАЧУН ТОПЛОТНИХ ШЕМА И АНАЛИЗУ РАДА
ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИХ ПОСТРОЈЕЊА СА ПАРНИМ ТУРБИНАМА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Термоенергетика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: СРЂАН (БОРИСЛАВ) МИЛИЋ
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2011.
- Назив магистарске тезе кандидата: _____
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
- Година одбране магистарске тезе: _____
- Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2011.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 13.07.2017
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
- Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1112/4
Датум: 13.07.2017. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Срђана Милића**, маст. инж.маш., бр. 1073/1 од 16.05.2017. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милан Петровић, ред. проф., ментор, др Драган Туцаковић, ред. проф. и др Будимир Росић, ванр. проф., Универзитет у Оксфорду, Факултет инжењерских наука, Велика Британија, број 1112/3 од 10.07.2017. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 13.07.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **СРЂАН МИЛИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«СИСТЕМ ЗА ПРОРАЧУН ТОПЛОТНИХ ШЕМА И АНАЛИЗУ РАДА ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИХ ПОСТРОЈЕЊА СА ПАРНИМ ТУРБИНАМА»**.

За ментора студенту **Срђану Милићу**, именује се др **Милан Петровић**, ред. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

проф. др Милан Петровић, Универзитет у Београду – Машински факултет, ментор

проф. др Драган Туцаковић, Универзитет у Београду – Машински факултет

проф. др Будимир Росић, Универзитет у Оксфорду, Факултет инжењерских наука, В. Британија 10.07.2017.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о подобности теме. за израду докторске дисертације кандидата г. **Срђана Милића**, мас. инж. маш

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 1112/2 од 01.06.2017. именовани смо за чланове Комисије за подношење реферата о теми докторске дисертације кандидата г. **Срђана Милића**, мас. инж. маш. под називом **Систем за прорачун топлотних шема и анализу рада термоенергетских постројења са парним турбинама**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Срђан Милић је рођен 10.06.1987. године у Прилепу, Република Македонија. Основну школу и средњу машинску школу је завршио у Панчеву.

Машински факултет у Београду је уписао 2006. године. Основне академске студије (B.Sc.) је завршио 2009. године, а Дипломске академске студије (M.Sc.) 2011. године, на Модулу за термоенергетику, са укупном просечном оценом 9,91 (девет и 91/100). Дипломски рад на тему: „Развој математичког модела и рачунарског програма за прорачун гасних турбина са хлађењем лопатица“, је радио код проф. др Милана Петровића. Дипломиро је са оценом 10 (десет). Током студија је примао стипендију Фонда за младе таленте "Доситеј".

У периоду август - септембар 2011. је боравио на стручној пракси у фирми АЛСТОМ (данас Џенерал Електрик), Елблаг, Пољска.

На Машинском факултету у Лабораторији за топлотне турбомашине је запослен од 01.01.2012. године где је радио као сарадник на истраживању. У звање асистента за ужу научну област Термоенергетика за Групу предмета топлотне турбомашине и термоенергетска постројења је изабран децембра 2014. године.

Од 01.01.2012. учествује на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја "Систем за оптимизацију рада термоблокова капацитета преко 300 MW" (Евиденциони број пројекта III 42007). Такође, од 2016. године учествује на међународном пројекту Horizon 2020 "Flexible Fossil Power Plants for the Future Energy Market through new and advanced Turbine Technologies, HORIZON 2020", (2016-2018, Grant No. 653941 codeword: FLEXTURBINE).

Учествовао је у изради стручних студија из области термоенергетике и испитивања парних турбопостројења. Ужа научна област, којом се бави је Топлотне турбомашине и термоенергетска постројења.

Говори енглески језик.

Познаје програмске језике FORTRAN, C, C++, Qt Frameworks и корисничке рачунарске програме: AutoCAD, Catia, као и основну администрацију на оперативним системима GNU/Linux.

Водећи аутор и коаутор у више радова, представљених на скуповима од међународног значаја.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Списак положених испита

Р. бр.	Назив предмета	Предметни професор	год. студија (ЕСПБ)				оцена испита
			1. год.		2. год.		
			I	II	III	IV	
1.	Виши курс математике	проф. др С. Радојевић проф. др И. Аранђеловић	5				10 (десет)
2.	Нумеричке методе	проф. др М. Спалевић проф. др А. Цветковић	5				10 (десет)
3.	ОМНИР и комуникација	проф. др М. Недељковић	5				10 (десет)
4.	Оптимизација термоенергетских постројења	проф. др М. Петровић	5				10 (десет)
5.	Истраживање и публикавање I	проф. др М. Петровић	10				10 (десет)
6.	Одабрана поглавља из механике флуида	проф. др С. Чантрак		5			10 (десет)
7.	Режими и енергетска ефикасност термоенергетских постројења	проф. др М. Петровић		5			10 (десет)
8.	Напредни термоенергетски циклуси	проф. др М. Петровић		5			10 (десет)
9.	Истраживање и публикавање II	проф. др М. Петровић		15			10 (десет)
10.	Струјање у топлотним турбомашинама	проф. др М. Петровић			5		10 (десет)
11.	Моделирање турбулентних струјања	доц. др А. Ћоћић			5		10 (десет)
12.	Истраживање и публикавање III	проф. др М. Петровић			20		10 (десет)
13.	Истраживање и публикавање IV	проф. др М. Петровић				8	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације	Проф. др М. Петровић, проф. др Д. Туцаковић, доц. др М. Бањац				22	10 (десет)

Просечна оцена 10,00 (девет и 00/100).

1.2.2. Списак објављених радова

Радови објављени у домаћим часописима

1. Бањац, М., Ђукановић, Д., **Милић, С.**, Недељковић, С., Петровић, М.: Могућности примене комбиноване про-изводње електричне енергије и топлоте у јавним објектима посебне намене. **КГХ**, /ISSN, 0350-1426 1/2015.

Радови представљени на научним скуповима

2. Banjac, M., **Milić, S.**, Petrovic, M. V.A Simple Model for Thermodynamic Properties of Air and Combustion Gases for Educational Purposes. - **ASME Turbo: Turbomachinery Technical Conference** and Exposition, Seoul, South Korea, June 13–17, 2016, Paper No. GT2016-57601, pp. V006T07A007; 10 pages doi:10.1115/GT2016-57601;
3. **Milić, S.**, Banjac, M., Nedeljković, S., Ranković, M., Đukanović, D., Petrović, M.V., Stevanović, M., Novaković, G.: Analiza rada kondenzatorskog postrojenja u TE Morava 120 MW. -- **Elektrane 2016**, Zlatibor 23-26. Nov. 2016;
4. Petrović, M.V., **Milić, S.**, Banjac, M., Nedeljković, S., Đukanović, D., Ranković, M., Stevanović, M., Novaković, G.: Ispitivanje parnog turbopostrojenja TE Morava 120 MW. - **Elektrane 2016**, Zlatibor 23-26. Nov. 2016.,
5. Ranković, M. Banjac, M., **Milić, S.**, Nedeljković, S., **Petrović, M.V.**: Metod za aerodinamički proračun aksijalnih gasnih turbina, **Elektrane 2016**, Zlatibor 23-26. Nov. 2016.
6. Петровић, М., Деспих, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Ђукановић, Д., Недељковић, С., Папић, Б., Максимовић, С., Конечки, Г., Лакић, С., Стевановић, С.: Развој система за ON-LINE праћење и анализу рада парног турбопостројења у ТЕ-ТО Нови Сад. - Међународна Конференција **Електране 2014**, 28-31. октобра 2014., Србија;
7. Петровић, М., Деспих, М., Ђукановић, Д., Бањац, М., **Милић, С.**, Биљановски, Ђ., Петковић, М., Класнић, Г., Јосиповић, С., Безмарев, С., Ковачевић, Д., Пауновић, В.: Искуства са пријемних испитивања парног

Техничка решења

1. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Недељковић, С., Ђукановић, Д., Ранковић, М.: Испитивање парног турбопостројења ТЕ Никола Тесла Б2 снаге 665 MW, Машински факултет, Београд, 2017. LTT-07/16
2. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Недељковић, С., Ђукановић, Д., Ранковић, М.: IP Turbine Efficiency Measurement in TPP Nikola Tesla B2, Obrenovac, Машински факултет, Београд, 2016. LTT-08/16 урађено за фирму General Electric, Немачка
3. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Недељковић, С., Ђукановић, Д., Ранковић, М.: Performance Test Concerning IP Turbine Efficiency in TE Morava, урађено за фирму General Electric, Пољска, Машински факултет, Београд, 2016. LTT-05/16
4. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Недељковић, С., Ранковић, М. Ђукановић Д.: Прорачун рада индустријске парне турбине на променљивим режимима, Машински факултет, Београд, 2016. LTT-04/16
5. Петровић, М., **Милић, С.**, Ђукановић, Д., Бањац, М, Милјић, Н., Недељковић, С., Ранковић, М., Термотехничка испитивања постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије у ТО Нови Сад, ИЦ Машинског факултета, Београд, 2016. LTT-03/16 M84
6. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Недељковић, С., Ранковић, М., Ђукановић, Д.: Термотехничка испитивања са анализом рада парног турбопостројења ТЕ Морава снаге 120 MW, ИЦ Машинског факултета, Београд, 2016. LTT-02/16
7. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Недељковић, С., Ранковић, М., Ђукановић, Д.: IP Turbine Efficiency Measurement in TPP Morava Svilajnac, ИЦ Машинског факултета, Београд, 2016. LTT-01/16
8. Петровић, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Недељковић, С., Ђукановић, Д. Гаранцијско испитивање парног турбопостројења ТЕ Никола Тесла А3 снаге 328,5 MW, ИЦ Машинског факултета у Београду ЛТТ-03/15, 2015.
9. Петровић, М., **Милић, С.**, Ђукановић, Д., Недељковић, С., Бањац, М., Дондур, Н. Студија изводљивости енергетских пројеката у ХИП Петрохемија Панчево, Машински факултет, Београд, 2013. LTT-01/150209
10. Петровић, М., **Милић, С.**, Ђукановић, Д., Недељковић, С., Бањац, М., Интерактивни модел енергетског биланса парног система ХИП Петрохемија, Машински факултет, Београд, 2013. LTT-02/15
11. Петровић, М., Деспић, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Ђукановић, Д., Generalni projekat sa prethodnom studijom opravdanosti postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije sa gasnim turbinama u MSK Kikinda, Машински факултет, Београд, 2013. LTT-01/13
12. Петровић, М., Деспић, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Ђукановић, Д., Техничко решење са анализом оправданости модернизације турбине блока 5 у ТЕ Колубара А, Машински факултет, Београд, 2013. ЛТТ-02/13
13. Петровић, М., Деспић, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Ђукановић, Д., Студија оправданости са идејним пројектом санације и адаптације блока А3 снаге 305 MW у ТЕ "Никола Тесла" А - Део парна турбина и парно турбопостројење, Машински факултет, Београд, 2013. LTT-03/13
14. Петровић, М., Деспић, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Ђукановић, Д., Испитивање парног турбопостројења ТЕ Никола Тесла А5 снаге 344.4 MW, ИЦ Машинског факултета у Београду, LTT-01/12, 2012, рађено за ТЕ Никола Тесла, Обреновац
15. Петровић, М., Деспић, М., **Милић, С.**, Бањац, М., Ђукановић, Д., Пријемно испитивање парне турбине високог притиска ТЕ Никола Тесла А5, ИЦ Машинског факултета у Београду, LTT-02/12, 2012, рађено за ТЕ Никола Тесла, Обреновац
16. Петровић, М., Деспић, М., **Милић, С.**, Бањац, М, Ђукановић, Д., Испитивање парног турбопостројења ТЕ Никола Тесла Б1 снаге 665 MW, ИЦ Машинског факултета у Београду, LTT-03/12, 2012, рађено за ТЕ Никола Тесла, Обреновац

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат г. **Срђан Милић**, студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду је завршио Машинском факултету у Београду студије и стекао диплому мастер инжењера машинства. Током докторских студија положио је све предвиђене испите планом докторских студија који укључују и лабораторијски рад и припреме за пријаву дисертације и стекао 120 ЕСПБ бодова. Одбранио пројекат идеје за израду дисертације. Одржавао је наставу више година на Машинском факултету у Београду, објавио је више радова на међународним конференцијама и учествовао у изради више научних пројеката и техничких решења.

Кандидат је уведен у проблематику докторске дисертације припремом и полагањем предмета, израдом и презентацијом радова на међународним конференцијама, истраживачко-развојним пројектима и интезивним лабораторијским радом. Тиме су се стекли формални и стварни услови за наставак рада докторској дисертацији са предложеним насловом.

2. Предмет и циљ истраживања

Највећи део електричне енергије се данас у свету производи у термоелектранама на фосилна горива. Према свим прогнозама такво стање ће се задржати у току наредних 30 или више година. У Србији се више од 70% електричне енергије производи у термоелектранама на угаљ. Резерве лигнита у колубарском и костолачком басену су довољне да се наша земља у енергетици и у наредном периоду ослони на постројења базирана на примени угља.

Енергетика се развија у условима либерализације тржишта електричне енергије која је довела до оштре конкуренције корисника и испоручиоца енергетске опреме, расту цена фосилних горива уз свест о ограничениости њихових резерви, уз велика ограничења у погледу емисије штетних материја у димним гасовима и у условима све масовније примене обновљивих извора енергије и планским мерама за штедњу свих видова енергије. Ови услови су довели оштрих захтева који се постављају за развој термоенергетске опреме на фосилна горива који се односе на пораст термодинамичког степена корисности, смањење емисије уз тежњу ка нултој емисији, порасту флексибилности у погледу промене оптерећења, могућности брзог старта и заустављања, порасту поузданости и расположивости. Сведоци смо веома интензивног развоја термоенергетских постројења у последњих 20-25 година. У овом периоду степен корисности гасне турбине је повећан за око 50%: са 28-32% на 42-44%. Степен корисности парног блока на угаљ је достигао вредност од 43-46% а код комбинованих постројења гасне и парне турбине вредност од 64% са јасном тенденцијом даљег раста. Овакав обим истраживања и развоја довео је ангажовања огромних научних ресурса на универзитетима и фирмама који су углавном сконцентрисани у технолошки најразвијенијим земљама света.

Систем који је предмет овог истраживања треба да:

- детаљан и ефективан прорачун најкомпликованијих топлотних шема које се могу јавити код најмодерних постројења и
- оптимизацију конфигурације и параметара за нова постројења.

Са друге стране се од термоелектрана у погону се захтева висока расположивост и поузданост као и висок степен корисности у експлоатацији како би се смањили трошкови горива и трошкови одржавања. У току нормалног погона долази до одступања у радним основним термодинамичким параметрима као и у радним карактеристикама опреме. Због тога термоенергетска постројења раде са нижим степеном корисности, односно, од доведене количине топлоте кроз контролну границу произведу мању количину ел. енергије. Ово умањење се креће у распону 3-10% од номиналне снаге у зависности од стања опреме и организованости електране. С обзиром да ово умањење снаге се не манифестује никаквим механичким проблемима, у термоелектранама нема сазнања да постоје одступања у раду постројења, па се не предузимају никакве мере ради отклањања недостатака. Стога, систем који се развија треба да, поред примене за прорачун и оптимизацију нових постројења има и функцију праћења стања и дијагностиковања проблема у погону у постојећим електранама.

Систем прорачун топлотних шема треба да у себи садржи:

- модуле за прорачун парне турбине високог, средњег и ниског притиска;
- модул кондезатора;
- модуле за сваки загрејач напојне воде/главног кондензата;
- модуле за кондензатну и напојну пумпу;
- модул система расхладне воде;
- модул гасне турбине;
- модул грејне коморе.

Систем треба да омогући:

- прорачун номиналне топлотне шеме парног блока са номиналним протоком свеже паре;
- прорачун топлотне шеме за било који парцијални режим са другачијим протоком радног тела и основним термодинамичким параметрима или стањем опреме у односу на пројектно;
- одређивање главних термодинамичких параметра за номинални и парцијалне режиме;

- за сваку компоненту систем треба да да основне конструктивне параметре (мод за прорачун) и понашање на променљивим режимима (мод за анализу).

Систем за прорачун топлотних шема парних турбопостројања треба да има флексибилну структуру какоа би се омогућило варирање параметара и конфигурације шема, односно, оптимизација у циљу постизања највишег степена корисности и минималних трошкова производње електричне енергије.

На бази развијеног модела прорачуна топлотних шема биће развијен модел за праћење, анализу и дијагностику рада турбопостројења.

Систем се развија специфично за сваки блок и у себи мора имати учитану:

- конфигурацију турбопостројења са пројектованим основним термодинамичким параметрима за номинални режим;
- пројектне радне карактеристике компонената (унутрашњи степени корисности ТВП, ТСП, ТНП, температурске разлике кондензатора, загрејача напојне воде, пад притисака и убризгавање воде у догрејач паре, падове притиска и температуре у пароводима одузимања);
- геометријске параметре опреме: турбине, кондензатора (површина, број и распоред цеви, пречник, дебљина, дужина, материјал цеви, број и распоред носећих плоча итд), за сваки загрејач напојне воде/главног кондензатора (слично као код кондензатора).

Систем за анализу рада турбопостројења треба да може да буде инсталисан у реалном постројењу где за сваки сет учитаних мерних података мерења:

- прорачунава масене и енергетске билансе, одређује величине стања и масене протоке на свим карактеристичним местима турбопостројења;
- одређује тренутне (експлатационе) радне карактеристике свих компонената турбопостројења;
- упоређује тренутне радне карактеристике компонената турбопостројења са пројектним (сведеним на тренутне радне параметре турбопостројења);
- одређује утицај одступања основних термодинамичких параметара и радних карактеристика компонената на степен корисности турбопостројења и електричну снагу блока.

Систем треба да обавља прорачуна on-line и да у реалном времену даје резултате како би се интервенцијама у току погона или у застојима блока отклонили узроци одступања и поправио степен корисности.

Систем ће бити демонстриран на бази експерименталних података добијених из тестова на једном реалном постројењу.

Следи списак неких радова из области истраживања:

- [1] Berkovich, Y., Glickman, S., Levin, L., Eitan, U., and Gordinsky, A., 2006, "On-Line Turbine Internal Efficiency Monitoring for Steam Turbine Condition Diagnostics", ASME Paper No. POWER2006-88080, pp. 161-168
- [2] Cafaro, S., Traverso, A., Massardo, A. F. and Bittarello, R., 2009, "Bottoming Cycle Performance in Large Size Combined Cycle Power Plants—Part A: Health Monitoring System", ASME Paper No. GT2009-59060, pp. 859-870
- [3] Cotton, K. C., "Evaluating and Improving Steam Turbine Performance" (2nd ed.), Cotton Fact Inc. (1998), p. 332
- [4] Gay, R., "Power Plant Performance Monitoring" (1st ed.), R-Squared Publishing (2004)
- [5] Jee, C., Jang, S., Lee, I., Heo, G., "Thermal Efficiency Degradation Diagnosis Method Using Regression Model," ICI 2011 (ISOFC, CSEPC, ISSN 2011), Daejeon, Korea, August 21-25, 2011.
- [6] Jiang, X., Foster, C., 2013, "Remote Thermal Performance Monitoring and Diagnostics – Turning Data into Knowledge", ASME Paper No. POWER2013-98246
- [7] Kler, A. M., Maksimov, A. S., Stepanova, E. L., High-speed mathematical models of cogeneration steam turbines: optimization of operation at heat and power plants, Journal Thermo-Physics and Aeromechanics 13 (2006), pp. 141-148
- [8] Li, P., Flynn, D., Cregan, M., "Statistical Model for Power Plant Performance Monitoring and Analysis," Proceedings of the 42nd International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 4-6 September 2007, pp. 121-126, Brighton, UK
- [9] Mah, R., Stanley, G., Downing, D., "Reconciliation and Rectification of Process Flow and Inventory Data", Ind. & EC Proc. Des. Dev., 15 (1) (Jan. 1976), pp. 175-183

- [10] Maksimov, A. S., Modernization of SMPP and applications to a problem of adaptation of mathematical models of cogeneration steam turbines, Progress in Power Engng., SEI SB RAS, Irkutsk, 2004, pp. 120–129.
- [11] Munukutla, S., Sistla, P., 2000, "A novel approach to real-time performance monitoring of a coal-fired power plant", Proceedings DRPT 2000 International Conference, pp. 273-277
- [12] Nagel, C., 2007, "Steam Turbine Condition Monitoring (TCM)", ASME Paper No. POWER2007-22062
- [13] Perz, E., 1990, "A Computer Method for Thermal Power Cycle Calculation", ASME Journal of Engineering for Gas Turbine and Power, pp. 184-189
- [14] Piscitelli, V., "Performance Monitoring to Increase Power Plant Efficiency," Cogeneration & On-Site Power Production, September – October 2010
- [15] Roy, R. P., Ratisher, M., and Gokhale, V. K., 2001. "A computational model of a power plant steam condenser". Journal of Energy Resources Technology, 123, pp. 81–91.
- [16] Sonnenshein, H., A, 1982, "Modular Optimizing Calculation Method of Power Station Energy Balance and Plant Efficiency", ASME Journal of Engineering for Power, pp. 255 – 259.
- [17] Spencer, R. C., Cotton, K. C., Cannon, C. N., 1974, "A Method of Predicting the Performance of Steam Turbine Generators 16,500 kW and Larger", General Electric Co., Publication GER-2007C
- [18] Świrski, K., "Power Plant Performance Monitoring using Statistical Methodology Approach," Journal of Power Technologies 91(2), pp. 63-76
- [19] von Spakovsky, R., Evans, R. B., 1990, "The Design and Performance Optimization of Thermal System", ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, pp. 86-93.

3. Полазне хипотезе

У овој докторској дисертацији полази се од следећих основних хипотеза:

- Производна цена електричне енергије у највећој мери зависи од степена корисности као и од висине инвестиционих трошкова постројења. Степен корисности парних и гасних турбопостројења зависи од основних термодинамичких параметара постројења као и од сложености и конфигурације топлотне шеме. Са друге стране постизање одређених погодних параметара као и усложњавање топлотне шеме има за последицу пораст инвестиционих трошкова. Развојем флексибилног система за прорачун топлотних шема са модулима за одређивање главних конструктивних параметара се може постићи оптималан избор параметара и канфигурације једног терменергеског постројења;
- Термоенергетска постројења велики део свог радног времена раде са сниженом снагом у односу на номиналну. Моделирањем понашања постројења на овим режимима у току пројектовања се могу добити кључни подаци битни за избор опреме и параметара;
- Основи термодинамички параметри као и радне карактеристике компонената одступају у току погона у односу на номиналне што утиче на степен корисности и снагу блока. На основу мерења која се спроводе у термоелектранама могу се одредити радне карактеристике компонената и читавог постројења као и основни термодинамички параметри. На основу прорачуна променљивих режима рада постројења могу се детектовати одступања у раду блока и утицај сваког одступања на главне термодинамичке параметре. Отклањањем узорака одступања се може повећати снага блокова без додатног сагоревања горива.

4. Научне методе истраживања

Методе које ће се у истраживањима користити обухватају:

- моделирање термодинамичких и струјних процеса трансформације унутрашње енергије у механички рад;
- моделирање пролаза топлоте у термоенергетским постројењима;
- моделирање променљивих режима рада термоенергетских постројења;
- нумеричке методе решавања система нелинеарних једначина;
- програмирање и развој рачунарског програма;
- експерименталне методе испитивања термоенергетских постројења;
- статистичка обрада измерених података;

- математички модели за праћење и валидацију измерених података;
- верификација резултата прорачуна са резултатима добијеним на основу спроведених испитивања.

5. Очекивани резултати и научни допринос

Очекују се вишеструки резултати и доприноси ове дисертације, како научни, тако и практични:

- нова методологија за прорачун топлотних шема термоенергетских постројења парним турбинама која ће имати флексибилну структуру и омогућаваће прорачун најасложенијих конфигурација ових постројења. Методологија треба да обухвати моделирање понашања постројења на променљивим режимима рада;
- развој нових модела за сваку компоненту термоенергетског постројења. Ови модели треба да имају могућност рада
 - о у режиму прорачуна (дизајн мод), када се за задате карактеристике и пројектне параметре одређује геометрија и главне димензије и
 - о у режиму анализе, када се за задату геометрију и променљиве услове рада одређују радне карактеристике компонената;
- развој новог експертског система за праћење и анализу рада парних турбопостројења који на бази прорачуна променљивих режима рада и мерења кључних параметара процеса у реалном времену израчунава радне карактеристике постројења и појединих компонената, одређује утицај одступања у параметрима процеса и радним карактеристикама компонената на степен корисности и снагу термоенергетског постројења, указује на узроке одступања и начин отклањања.
- Очекује се да ће развијени систем имати примену у пракси и то:
 - о у фази прорачуна термоенергетских постројења за оптимизацију параметара и топлотне шеме;
 - о код постројења у погону као експертски систем за праћење и анализу рада.
- Очекује се да се применом овог система може значајно повећати економичност рада термоенергетских постројења и унапредити систем прорачуна нових термоелектрана.

6. План истраживања и структура рада

Планом истраживања предвиђене су следеће целине:

1. Развој модела за прорачун топлотне шеме термоенергетских постројења са парним турбинама;
2. Развој математичких модела компонената парних турбопостројења;
3. Моделирање рада термоенергетских постројења на променљивим режимима;
4. Спровођење комплексних испитивања једног термоенергетског постројења ради прикупљања експерименталних података за развој и демонстрацију система;
5. Развој система за on-line праћење и анализу рада термоенергетских постројења;
6. Демонстрација развијеног система на једном комплексном примеру.

Структура докторске дисертације обухвата следеће оквирне целине које ће бити обрађене:

1. Уводна разматрања и опис проблема који се истражује;
2. Приказ и дискусија постојећих математичких модела и системе за прорачун;
3. Развој математичког модела, система за нумеричко решавање система једначина из развијеног математичког модела и рачунарског програма;
4. Спровођење испитивања и обрада експерименталних података за једно комплексно термоенергетско постројење;
5. Валидација математичког модела и верификација нумеричких резултата;
6. Закључак о оствареним резултатима и научном доприносу докторске тезе и предлог наставка истраживања у овој научно-техничкој области.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног приказа предложене теме и досадашњих активности кандидата, Комисија је дошла до следећих закључака:

Предложена тема **Систем за прорачун топлотних шема и анализу рада термоенергетских постројења са парним турбинама** је актуелна с обзиром на растући значај енергетике и потребе за даљим усавршавањем термоенергетских постројења. Подручје истраживања обећава остваривање предвиђених научних доприноса. Предвиђа се примена модерних аналитичких, нумеричких метода. Предвиђени научни доприноси ће допринети унапређењу научних знања у области термоенергетике и унапређењу методологије за прорачун топлотних шема, оптимизацији као и унапређењу рада термоенергетских постројења.

Кандидат, студент докторских студија г. **Срђан Милић**, испунио је све услове предвиђене програмом ових студија за пријаву дисертације. Положио је испите који укључују и лабораторијски рад, изложио је више радова на међународним конференцијама, учествовао је у домаћим и међународним научноистарживачким пројектима и израдио више техничких решења. Кандидат је више година одржавао вежбе из Групе предмета топлотне турбомашине и термоенергетска постројења на Машинском факултету у Београду.

Комисија предлаже да се студенту докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, г. **Срђану Милићу**, одобри израда докторске дисертације под насловом **Систем за прорачун топлотних шема и анализу рада термоенергетских постројења са парним турбинама** у оквиру уже научне области **Термоенергетика**.

Београд, јула 2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

проф. др Милан Петровић, ред. професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет, ментор

проф. др Драган Туцаковић, ред. професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет

проф. др Будимир Росић, в. професор
Универзитет у Оксфорду, Факултет инжењерских наука, В. Британија

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата МSc **Срђана Милића**

Име и презиме ментора: **Проф. др Милан Петровић**

Звање: **редови професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Banjac M., Petrovic M.V., Wiedermann A., 2015, Secondary Flows, Endwall Effects, and Stall Detection in Axial Compressor Design. **Trans of the ASME, J. Turbomach.** 137(5), pp. 051004 (12 pages); ISSN 0889-504X, doi:10.1115/1.4028648 IF(2015)=0.896 M23
2. Banjac, M., Petrovic, M.V., Wiedermann, A., A New Loss And Deviation Model For Axial Compressor Inlet Guide Vanes, **Trans of the ASME. J of Turbomach.**, 136 (7), p. 071011(1-13) (2014); ISSN: 0889-504X, doi:10.1115/1.4025956 IF(2014)=1,302 M22
3. Petrovic, M. V., Wiedermann, A.: Through-Flow Analysis of Air-Cooled Gas Turbines, **Trans of the ASME. J of Turbomach.**, 135 (6). p. 061019 (1-8), ISSN: 0889-504X 2013, doi:10.1115/1.4023463 IF(2013)=1.214 M22
4. Tucakovic, D., Stupar, G., Zivanovic, T., Petrovic, M., Belosevic, S.: Possibilities for reconstruction of existing steam boilers for the purpose of using exhaust gases from 14 MW or 17 MW gas turbine, **Applied Thermal Engineering**, 56(1-2), 2013, p. 83-90, ISSN: 1359-4311 <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.03.028> IF(2013)=2,88, M21a
5. Alus, M., Petrović, M.V.: Optimization of the triple-pressure combined cycle power plant, **Thermal Science**, Vol. 16, issue 3, 2012, p. 901-914, ISSN: 0354-9836 DOI: 10.2298/TSCI120517137A, IF(2012)=0.872
6. Petrovic, M.V., Banjac, M.B. Wiedermann, A. Entwicklung eines neuen Meridionalverfahrens für mehrstufige kompakte Axialverdichter und Validierung durch Experimente und CFD-Berechnungen, **Forschung Im Ingenieurwesen**, Springer-Verlag, 2011, Vol. 75, No. 2, pp 45-60, ISSN: 1434-0860, IF(2011)=0.268, DOI 10.1007/s10010-011-0136-5 IF(2011)=0.308
7. Petrovic, M. V., Wiedermann, A., Banjac, M. B. Development and validation of a new universal through flow method for axial compressors, **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy**, 2010, vol. 224, No 6, pp 869-880, ISSN: 0957-6509, IF(2010)=0.787 DOI 10.1243/09576509JPE991,
8. Petrovic, M. V., Dulikravich, G. S. and Martin, T. J.: Optimization of Multistage Turbines Using a Throughflow Code, **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A, Journal of Power and Energy**, Vol. 215, 2001, p. 559-569, ISSN 0957-6509, IF(2001)=0.232, doi: 10.1243/0957650011538802
9. Petrovic, M. V., Dulikravich, G. S. and Martin, T. J.: Maximizing Multistage Turbine Efficiency by Optimizing Hub and Shroud Shapes and Inlet and Exit Conditions of Each Blade Row, **International Journal of Turbo & Jet-Engines**, vol. 17, 2000., p. 267-278, ISSN 0334-0082, IF(2000)=0.340
10. Petrovic, M. and Riess, W.: Off-Design Flow Analysis of Low Pressure Steam Turbines. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A, Journal of Power and Energy**, Vol. 211, 1997, 215-224., ISSN 0957-6509, IF(1998)=0.218, doi:10.1243/0957650971537123
11. Mohamed, S.M., Petrovic, M.V., Thermo-economic Optimization Of Triple Pressure Hrsg Operating Parameters For Combined Cycle Plants, **Thermal Science**. ISSN: 0354-9836, doi: [10.2298/TSCI131124040M](https://doi.org/10.2298/TSCI131124040M)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум _____

М.П. _____