

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

855/6
(Број захтева)

Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

22.05.2014.
(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

ПРОРАЧУН МЕРИДИЈАНСКОГ СТРУЈАЊА У ВИШЕСТУПНИМ АКСИЈАЛНИМ
ТУРБОКОМПРЕСОРИМА ПРИ РАДУ НА НОМИНАЛНИМ И ПРОМЕНЉИВИМ РЕЖИМИМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Термоенергетика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МИПАН (Бранислав) БАЊАЦ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд

3. Година дипломирања: 2006.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____ / _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____ / _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ / _____

Година уписа докторских студија: 2007.

Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 22.05.2014.
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 855/5
Датум: 22.05.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Милана Бањца, дипл.инж.маш., бр. 855/1 од 17.04.2014. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Милан Петровић, проф.др Милош Недељковић, проф.др Цветко Црнојевић и др Мирољуб Томић, ред.проф. МФ у пензији, број 855/4 од 20.05.2014. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 22.05.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«ПРОРАЧУН МЕРИДИЈАНСКОГ СТРУЈАЊА У ВИШЕСТУПНИМ АКСИЈАЛНИМ ТУРБОКОМПРЕСОРИМА ПРИ РАДУ НА НОМИНАЛНИМ И ПРОМЕНЉИВИМ РЕЖИМИМА»** докторанта **МИЛАНА БАЊЦА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту Милану Бањцу, именује се **проф.др Милан Петровић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Проф. др Милан Петровић, редовни професор Машинског факултета у Београд
Проф. др Милош Недељковић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду
Проф. др Цветко Црнојевић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду
Проф. др Миролjub Томић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији 19.05.2014.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАД

Предмет: Подобност теме и кандидата г. Милана Бањца, дипл. инж. маш. за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 855/3 од 08.05.2014. именовани смо за чланове комисије за оцену подобности теме и кандидата **г. Милана Бањца**, дипл. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милан Б. Бањац је рођен 1980. године у Зрењанину, где је завшио основну школу и Гимназију - природни смер. После матуре, 1999. године, уписује Машински факултет у Београду. Дипломирао је 2006. године, на смеру за Термоенергетику, са просечном оценом 8,46 (осам и 46/100). Дипломски рад ради на тему: „Развој математичког модела и рачунарског програма за дводимензијски прорачун струјања у аксијалним турбинама“, код ментора, проф. др Милана Петровића и дипломира са оценом 10 (десет).

Од 2007. године, запослен је у Иновационом Центру Машинског факултета, а 2008. године ступа у радни однос на Машинском факултету, где и тренутно, ради као асистент на Катедри за термоенергетику. Тренутно држи вежбе из пет предмета, углавном на мастер академским студијама.

Докторске студије је уписао 11. 01. 2008. године. У току студија му је одобрена једна година мировања.

Учествовао је у изради више различитих стручних студија и експертиза, из области термоенергетике, као и теренских испитивања парних турбопостројења. Његова ужа научна област је Термоенергетика - *Топлотне турбомашине и термоенергетска постројења*, а бави се истраживањем и развојом модела меридијанског и CFD прорачуна за струјања у вишеступним аксијалним топлотним турбинама и турбокомпресорима.

Говори енглески језик.

Познаје програмске језике FORTRAN, C, C++, MATLAB, Qt Frameworks, OpenGL и корисничке рачунарске програме: Star CCM+, Mises, Ansys CFX, ICEM, TurboGrid, OpenFOAM, AutoCAD. Такође, познаје основну администрацију на оперативним системима GNU/Linux i Windows.

Водећи је аутор и коаутор у три рада објављена у часописима од међународног значаја. Такође је, 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				8 (осам)
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	Режими и енергетска ефикасност термоенергетских постројења	проф. др Б. Савић	5				10 (десет)
5	Одабрана поглавља из механике флуида	проф. др С. Чантрак		5			10 (десет)
6	Оптимизација термоенергетских постројења	проф. др Б.Савић		5			10 (десет)
7	Напредни термоенергетски циклуси	проф. др М. Петровић		5			10 (десет)
8	Моделирање турбулентних струјања	проф. др М. Лечић			5		10 (десет)
9	Струјање у топлотним турбомашинама	проф. др М. Петровић			5		10 (десет)
10	Истраживање и публикавање I	проф. др М. Петровић		10			10 (десет)
11	Истраживање и публикавање II	проф. др М. Петровић		15			10 (десет)
12	Истраживање и публикавање III	проф. др М. Петровић			20		10 (десет)
13	Истраживање и публикавање IV	проф. др М. Петровић				25	10 (десет)
14	Припрема за пријаву дисертације					5	

Просечна оцена 9,84 (девет и 84/100).

1.2.2. Списак објављених радова

Радови објављени у часописима од међународног значаја

- 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., Vol 136 (7), p. 071011(1-13), 2014.
- 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, Vol 75, 2011, 45–60 Springer-Verlag, DOI 10.1007/s10010-011-0136-5.
- Petrovic, M. V., Wiedermann, A., **Banjac, M. B.**: *Development and Validation of a New Universal Through Flow Method for Axial Compressors*, Journal of Power and Energy, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A, 2010, Vol 224 No A6, 869-880.

Радови представљени на научним скуповима

- Banjac, M.**, Petrovic, M. V., Wiedermann, A.: *Secondary Flows, Endwall Effects and Stall Detection In Axial Compressor Design*, ASME Paper: GT2014-25115, Dusseldorf, June, 2014.
- Banjac, M.B.**, Petrovic, M.V., Wiedermann, A.: *A New Loss And Deviation Model For Axial Compressor Inlet Guide Vanes*, **ASME Turbo Expo 2013** (GT2013) June 3-7, 2013, San Antonio, Texas, USA, GT2013-95020, doi:10.1115/ GT2013-95020
- Banjac M.**, Petrovic M. V.: *End Wall Boundary Layer Treatment in Practical Calculations of Flow in Axial Compressors*, symposium: Contemporary Problems of Fluid Mechanics, Belgrade, 2011.
- Banjac M. B.**, Despić, M. M., Petrovic, M. V.: *Proračun strujanja i karakteristika aksijalnih turbokompresora i ventilatora*, skup Elektrane, Vrnjačka Banja, 2010.
- Petrovic, M.V., Wiedermann, A., **Banjac, M.B.**: *Development and Validation of a New Universal Through Flow Method for Axial Compressors*, ASME Turbo Expo 2009 (GT2009) June 8–12, 2009 , Orlando, Florida, USA, doi:10.1115/GT2009-59938

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат г. **Милан Бањац**, студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду је завршио Машинском факултету у Београду студије и стекао диплому дипломираног инжењера машинства еквивалентну дипломи MSc машинства. Током докторских студија положио је све предвиђене испите планом доктоских студија који укључују и лабораторијски рад и припреме за пријеву

дисертације и стекао 120 ECTS бодова. Одржавао је наставу више година на Машинском факултету у Београду и објавио 3 рада у часописима са СЦИ листе.

Кроз положене предмете, затим преко израде радова у часописима на SCI листи и на конференцијама, кандидат је уведен у проблематику докторске дисертације. Тиме су се стекли формални и стварни услови за наставак рада докторској дисертацији са предложеним насловом.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет и циљ истраживања су развој математичког модела и програмског система за аеродинамички прорачун аксијалних турбокомпресора, примењив уједно, за инверзне проблеме прорачуна струјања код постојећих машина и за директне проблеме, код развоја и пројектовања нових компресора. У склопу развоја целокупног програмског система предвиђа се развој потпуно нових оригиналних модела губитака и скретљивости решетки, модела секундарних струјања и граничног слоја као и модела предвиђања границе пумпања.

Развој оваквог прорачунског модела је битан ради поузданог предвиђања перформанси и радних карактеристика компресора. Квалитет рада самог компресора може имати пресудан утицај на поузданост и економичност целокупног енергетског или процесног система чија је он компонента.

Како се аксијални турбокомпресори користе за сабијање ваздуха код великих запреминских протока, њихова примена је најчешћа у великој и индустријској енергетици у склопу постројења гасне турбине. Такође, значајна примена је у индустрији, када је процесно постројење потребно снабдевати великим количинама ваздуха или другог гаса. Са становишта развоја и унапређења компресора, битна је и њихова улога у ваздухопловној индустрији где се код турбо-погонских група примењују турбокомпресори аксијалног типа. Све ово указује на шири значај коју турбокомпресор, као компонента, има у енергетици и индустрији. Велики развој гасних турбина у последње две деценије њихова све већа примена енергетици и индустрији додатно потенцира потребу за истраживањима у области турбокомпресора. Код произвођача опреме постоји потребу за прецизним и поузданим методама предвиђања степена корисности и стабилности рада компресора. Како је због постојања такозване *границе пумпања*, рад компресора условно стабилан, предвиђање границе стабилног рада је пресудно са аспекта поузданости и безбедности рада саме машине и целог постројења.

Поступак аеродинамичког прорачуна компресора се ради у етапама, почев од једнодимензијског прорачуна. Оваквим прорачуном се формира основни концепт машине, у смислу избора главних параметара и броја појединих ступњева. Други део прорачуна је дводимензијски прорачун струјања, којим се дефинише меридијанска контура проточног пресека машине и прелиминарна геометрија радних и статорских кола, у свим радијалним пресецима. На крају се спроводе тродимензијски прорачуни, углавном комерцијалним CFD пакетима, који се раде због завршног, финог, подешавања геометрије аеропрофила и лопатица. Уз овакву методологију комплетног прорачуна, дводимензијске методе се користе у главној етапи код процеса развоја и дизајнирања нових машина, без обзира на тренутни напредак комерцијалних CFD пакета. Такође, дводимензијски прорачун захтева много мање рачунарска капацитета и процесорског времена и изискује неупоредиво мањи утрошак времена на припрему улазних података, док су резултати, у општем случају, поузданији.

Дводимензијска метода прорачуна се састоји од интеграције струјних једначина, у домену меридијанског проточног пресека компресора, за случај осносиметричног струјања. При томе је нумеричко решавање ових једначина спрегнуто са класичним прорачуном губитака и скретљивости у појединим радним и статорским колима. Иако је нумеричка шема изузетно битна са становишта стабилности прорачуна, добијени резултати, у највећој мери зависе од метода за прорачун губитака и скретљивости, као и осталих пратећих ефеката, који се посебно моделирају.

Такође, иако постоји велика број радова који се баве целокупном темом или посебним аспектима ових метода прорачуна, и даље постоји простор за њихово значајно унапређење.

Следи списак неких од кључних радова из области:

- [1] Adkins, G.G. and Smith, L.H., 1981, "Spanwise Mixing in Axial Flow Turbomachines," ASME Paper No. 81-GT-57.
- [2] Bosman, C. and Marsh, H., 1974, "An Improved Method for Calculation the Flow in Turbo-Machines, including a Consistent Loss Model," J. Mech. Eng. Sci., Vol. 16, No. 1, pp. 25-31
- [3] Çetin, M., Üçer, A. S., Hirsch, Ch., Serovy, G. K., 1989, "An Off-Design Loss and Deviation Prediction Study for Transonic Axial Compressors," ASME Paper 89-GT-324.
- [4] Davis, W. R., 1970, "A Computer Program for Analysis and Design of the Flow in Turbomachinery, Part B - Loss and Deviation Correlations," Report ME/A70-1, Division of Aerothermodynamics, Carleton University, Ottawa.
- [5] Denton, J.D., 1978 "Throughflow Calculation for Axial Flow Turbines" Trans. of the ASME, J. of Eng. for Power, Vol. 100, pp. 212-218
- [6] Denton, J. D., 1993, "Loss Mechanisms in Turbomachines," ASME Journal of Turbomachinery, 115, pp. 621-656.
- [7] Fottner, L., 1972, "Kennfeldrechnung für Axialverdichter," Technischer Bericht Nr. 72/008, MTU-München.
- [8] Gallimore, S.J., 1986, "Spanwise Mixing in Multistage Axial Flow Compressors: Part II - Throughflow Calculations Including Mixing," Trans. of the ASME, J. of Turbomachinery, 108, pp. 10-16.
- [9] Grieb, H., Schill, G., Gumucio, R., 1975, "A Semiempirical Method for the Determination of Multistage Axial Compressor Efficiency," ASME Paper No. 75-GT-11.
- [10] Hirsch, Ch. and Deconinck, H., 1985, "Through Flow Models for Turbomachines: Stream Surface and Passage Averaged Representations", in: "Thermodynamics and Fluid Mechanics of Turbomachinery", Vol. I, ed. by Ucer, AS., Stow, P., Hirsch, Ch., Martin Nijhoff Publishers, Dordrecht
- [11] Hirsch, Ch., Denton, J. D., 1981, "Through Flow Calculations in Axial Turbomachines," AGARD-AR-175, pp. 229-255.
- [12] Hirsch, Ch., Warzee, G., 1976, "A Finite Element Method for Through-Flow Calculations in Turbomachines", ASME Paper No. 76-FE-12
- [13] Jansen, W., 1967, "The Application of End-Wall Boundary Layer Effects in the Performance Analysis of Axial Compressors," ASME 67-WA/GT-11.
- [14] Jansen, W., Moffat, W. C., 1967, "The Off-Design Analysis of Axial-Flow Compressors," ASME Journal of Engineering for Power, 89, pp. 453-462.
- [15] Koch, C. C., Smith, L. H., Jr., 1976, "Loss Sources and Magnitudes in Axial-Flow Compressors," ASME Journal of Engineering for Power, 98, pp. 411-424.
- [16] Koenig W. M., Hennecke, D. K., Fottner, L., 1996, "Improved Blade Profile Loss and Deviation Angle Models for Advanced Transonic Compressor Bladings: Part I - A Model for Subsonic Flow," ASME Journal of Turbomachinery, 118, pp. 73-80.
- [17] Lakshminarayana, B., 1970, "Methods of Predicting the Tip Clearance Effects in Axial Flow Turbomachines," ASME Journal of Basic Engineering, 92, pp. 467-482.
- [18] Lieblein, S., 1965, "Experimental Flow in Two-Dimensional Cascades" in: *Aerodynamic Design of Axial-Flow Compressors*, by Johnsen, I. A. and Bullock, R. O., NASA SP-36, pp. 183-225.
- [19] Lieblein, S., 1959, "Loss and Stall Analysis of Compressor Cascades," ASME Journal of Basic Engineering, 81, pp. 387-400.
- [20] Mattiske, B. 1994, "Experimentelle Untersuchung einer mehrstufigen Axialverdichterbeschufelung mit Randzonen-Korrektur," Fortschritt-Berichte, VDI Reihe 7, Nr. 252, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [21] Petrovic, M. V. , 1995, "Berechnung der Meridian Strömung in mehrstufigen Axialturbinen bei Nenn- und Teillastbetrieb," Fortschritt-Berichte VDI. Reihe 7: Strömungstechnik, No. 280, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [22] Petrovic, M. V. and Riess, W., 1997a, "Off-Design Flow Analysis of LP Steam Turbines," Proceedings of Institute of Mechanical Engineers, Part A, Vol 211, pp. 215-223.
- [23] Petrovic, M. V. and Riess, W. , 1997b, "Off-Design Flow Analysis and Performance Prediction of Axial Turbines," Paper No. 91-GT-55, ASME Turbo Expo, Orlando, Florida, USA , June 2-5, 1997
- [24] Pfitzinger, W. E., 1998, "Kennfeldberechnung für Axialverdichter mit systematischer Untersuchung der Verlust und Umlenkeigenschaften von Schaufelgittern," Fortschritt-Berichte VDI Reihe 7 Nr. 337, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [25] Robbins, H. W., Jackson, J. R., Lieblein, S., 1965, "Blade-Element Flow in Annular Cascades," in: *Aerodynamic Design of Axial-Flow Compressors*, by Johnsen, I. A. and Bullock, R. O., NASA SP-36, pp. 227-252.
- [26] Roberts, W. B., Serovy, G. K., Sandercock, D. M., 1986, "Modeling the 3-D Flow Effects on Deviation Angle for Axial Compressor Middle Stages," ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 108, pp. 131-137.
- [27] Sandercock, M. D., Kovach, K., Lieblein, S., 1954, "Experimental Investigation of a Five-Stage Axial-Flow Research Compressor with Transonic Rotors in All Stages I-Compressor Design," NACA-RM-E54F24, NACA, Washington.
- [28] Smith, L.H., 1966: "The Radial-Equilibrium Equation of Turbomachinery", Trans. of the ASME, J. of Eng. for Power, Vol. 88, pp. 1-12.
- [29] Swan, W. C., 1961, "A Practical Method of Predicting Transonic-Compressor Performance," ASME Journal of Engineering for Power, 83, pp. 322-330.
- [30] Taylor, W. E., Murrin, T. A., Colombo, R. M., 1969, "Systematic Two-Dimensional Cascade Tests. Volume 1 - Double Circular-Arc Hydrofoils," NASA-CR-72498, NASA, Lewis Research Center, Cleveland, Ohio.
- [31] Traulsen, D., 1989, "Axialverdichterpruefstand zur Untersuchung von Randzonenströmungen," Fortschritt-Berichte, VDI Reihe 7, Nr. 161, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [32] Urasek, D. C., Gorrell, W. T., Cunnann, W. S., 1979: "Performance of Two-Stage *Fan* Having Low-Aspect-Ratio, First-Stage Rotor Blading," NASA TP-1493.
- [33] Wu, C. H., 1952, "A General Theory of Three-Dimensional Flow in Subsonic und Supersonic Turbomachines of Axial-, Radial- and Mixed-flow Types," NACA TN 2604.
- [34] Waltke, U., 1995, "Berechnung des Meridianströmungsfeldes in Axialverdichtern mit der Methode der Finiten Elemente," Fortschritt-Berichte VDI Reihe 7 Nr. 261, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [35] Zimmey, C.M., Lappi, V. M., 1945: Data for Design of Entrance Vanes from Twodimensional Tests of Airfoils in Cascade. NACA Advance Confidential Report L5G18, 1945

3. Полазне хипотезе

Основна претпоставка је, да је метод прорачуна, чији је развој предложен у овој дисертацији, и даље поузданији и робустнији од постојећих RANS CFD модела за просторни прорачун струјања. Такви модели, у много већој мери, зависе од нумеричке грешке услед дискретизационе шеме и, што је битније, од непоузданости модела турбуленције. Такође, поуздано предвиђање границе пумпања је отежано код CFD прорачуна.

Још једна предност оваквих метода је лака приступачност основним геометријским параметрима, који се лако могу мењати и адаптирати, у различитим фазама развоја, или при оптимизацији унутар самог прорачуна. Ово код CFD кодова увек изискује одређену количину активности, у виду поновне израде мреже и/или пре-процесирања.

Код предложеног истраживања се полази од претходно развијених, аналитичких модела за дводимензијски прорачун струјања у турбомашинама. Струјно поље се третира као осносиметрично, док се утицај лопатичних апарата на реално струјно поље, моделира дејством запреминских сила. Код решавања струјних једначина се користе стандардне, опробане нумеричке шеме, развијене специјално за овакве проблеме. Развој осталих, пратећих модела, од којих резултати зависе у највећој мери, тема је предложеног рада. То су модели губитака у радним и статорским колима, модели меридијанског граничног слоја, модели радијалног мешања, као и модели међусобне интеракције ових, засебних механизма.

4. Научне методе истраживања

Истраживање се спроводи у следећим фазама:

- Развој рачунарског програма за меридијански прорачун дводимензијског, осносиметричног, струјања компресибилног флуида. Развој се ради на основу постојећих нумеричких метода, прилагођених за прорачун аксијалних компресора.
- Развој целокупног модела за прорачун скретљивости и губитака у колима аксијалних компресора; прикупљање постојећих корелација за израчунавање утицај различитих физичких ефеката на губитак и скретљивост; њихово тестирање и развој оригиналних корелација, у случајевима где не постоје задовољавајући модели.
- Тестирање постојећих и развој нових модела за прорачун меридијанских граничних слојева.
- Развој математичког апарата за моделирање радијалног транспорта масе и енергије, у компресорским ступњевима - тзв. радијалног мешања.
- Развој пост-процесора за графички приказ резултата прорачуна.
- Поређење резултата добијених прорачуном са експерименталним резултатима.
- Развој модела за једnodимензијски и дводимензијски дизајн компресора.
- Развој методологије и рачунарског програма за дефинисање геометрије компресорских лопатица са конвенционалним аеропрофилима.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да истраживање планирано у оквиру ове дисертације да следеће научне доприносе:

- Нова метод и рачунарски систем за прорачун струјања у вишеступним аксијалним компресорима при раду на номиналном и широком опсегу парцијалних режима. Метод ће моћи да на основу релативно малог броја улазних података и у веома кратком временском периоду да одреди карактеристике компресора, границе стабилног рада и друге радне параметре. За сваки прорачунати режим се добија комплетно струјно поље и радни параметри свих кола и ступњева. Такође, прати се и понашање меридијанских граничних слојева. Добијени резултати при томе морају бити поуздани.
- Потпуно нови оригинални модели губитака и скретљивости решетки, модели секундарних струјања и граничног слоја као и модели предвиђања границе пумпања што ће представљати посебно значајан допринос целокупној теорији топлотних турбомашина.

- Модел и рачунарски алат за концептуални дизајн компресора, у смислу избора броја ступњева и њихових основних параметара, као и за накнадно дефинисање геометрије појединачних кола.

6. План истраживања и структура рада

Структура предвиђених фаза и активности у истраживању и преглед области које се предвиђају да буду обрађене у дисертацији:

1. Струјање у топлотним турбомашинама
2. Модел губитака и скретљивости
3. Модел меридијанских граничних слојева и радијалног мешања
4. Демонстрација и валидација методе
5. Аеродинамички дизајн компресора
6. Конструисање аеропрофила и решетки

7. Закључак и предлог

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

Предложена тема **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** је актуелна с обзиром на растући значај енергетике и потребе за даљим усавршавањем класичних 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 турбомашина као и унапређењу рада термоенергетских постројења.

Кандидат, студент докторских студија г. **Милан Бањац**, 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 и објавио три рада у индексираним часописима. 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. **Милан Бањацу**, одобри израда докторске дисертације под насловом **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** у оквиру уже научне области **Термоенергетика**. За ментора се предлаже проф. **Dr.-Ing. Милан Петровић**, редовни професор Машинског факултета у Београду.

Београд, маја 2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милан Петровић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду

Проф. др Милош Недељковић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду

Проф. др Цветко Црнојевић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду

Проф. др Мирољуб Томић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата MSc **Милан Б. Бањац**Име и презиме ментора: Проф. др Милан ПетровићЗвање: редови професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. 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)=?, IF(2012)=1.01
2. 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)=?, IF(2012)=1.01
3. 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)=?, IF(2012)=2.488
4. 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
5. 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
6. 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,
7. 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
8. 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
9. 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
10. 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. _____