

Ag. 12.3.

8.6.2011

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU

Predmet: Izveštaj Komisije o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidatkinje mr Branke Radojčić dipl. inž. elektrotehnike

Na 732. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 24.05.2011. godine, određeni smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije mr Branke Radojčić dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom „Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora“. Nakon pregleda urađene doktorske disertacije podnosimo Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta sledeći

IZVEŠTAJ

1. UVOD

Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija mr Branke Radojčić dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom „Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora“, napisana je na 151 strani ćirilčnim pismom, sadrži pet poglavlja, citirano je 100 referenci, ima 80 slika od čega je 52 vezano za eksperimentalne rezultate i rezultate simulacije.

Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Mr Branka Radojčić dipl. inž. elektrotehnike prijavila je doktorsku disertaciju pod nazivom „Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora“, sa obrazloženjem teme za izradu doktorske disertacije a u skladu sa Pravilnikom o doktorskoj disertaciji Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu. Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta predložena je Komisija za ocenu uslova i prihvatanje teme na 659. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu od 23.01.2007.god a Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovalo je članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije mr Branke Radojčić, dipl.ing.elektrotehnike, pod naslovom “Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora” u sastavu prof. dr Rifat Ramović, prof. dr V.Milanović, prof. dr Obrad Aleksić, nauč.savetnik. Za mentora disertacije predložen je prof. dr Rifat Ramović.

Nakon uvida u dostavljeni materijal Komisija je podnela izveštaj a na 661. sednici izbornog i Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, održanoj 06.03.2007.godine, Naučno-nastavno Veće se izjasnilo o Izveštaju Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije. Pozitivan izveštaj Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije prihvaćen je na 661. sednici izbornog i Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu i Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta dalo je saglasnost i odobrilo izradu doktorske disertacije pod naslovom „Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora“. Na 661. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, održanoj 06.03.2007. godine, prihvaćen je predlog Komisije i potvrđena je predložena Komisija za ocenu uslova i prihvatanja teme kao i predloženi mentor. Na osnovu izveštaja Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme i prateće dokumentacije doktorske disertacije “Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora” predložena tema je usvojena na 661. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, održanoj 06.03.2007. godine, a 11.05.2007. godine od strane Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Na sednici Komisije za treći stepen konstatovano je da je kandidatkinja mr Branka Radojčić dipl. inž. elektrotehnike, predala urađenu doktorsku disertaciju, pa je na osnovu uvida u disertaciju i pratećih dokumenata, a u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta, Komisija za treći stepen potvrdila ispunjenost potrebnih uslova za podnošenje predloga Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta za formiranje komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije. Komisija za treći stepen je predložila Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta Komisiju za pregled i ocenu u sastavu: dr Miloš Vujisić, docent (Elektrotehnički fakultet u Beogradu) - mentor, dr Nikolić Maria Vesna viši naučni saradnik (IMSI Beograd), dr Predrag Osmokrović, red. prof. (Elektrotehnički fakultet u Beogradu). Na 732 sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, od 24.05.2011. godine, prihvaćen je predlog Komisije za treći stepen, s tim što je Komisija za pregled i ocenu urađene doktorske disertacije proširena sa dva člana i to sa dr Obrad Aleksić, naučni savetnik, (IMSI Beograd), dr Vladimir Blagojević docent (Elektrotehnički fakultet u Beogradu).

Mesto doktorske disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Doktorska disertacija pod naslovom „Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora“ pripada naučnoj oblasti Fizičke elektronike pri čemu sadrži i elemente iz oblasti elektrotehničkih materijala.

Biografski podaci o kandidatu

Branka Radojčić rođena je 10.06.1967.godine u Beogradu gde je završila osnovnu školu i gimnaziju matematičko-tehničke struke. Diplomirala na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1995.god. na Odseku za tehničku fiziku. Diplomski rad radila iz oblasti mikroelektronike i tehnologije materijala u elektronici, pod nazivom "Analiza osnovnih postupaka u tehnologiji površinske montaže".

Na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu kandidat je nakon položenih ispita na postdiplomskim studijama, smer Elektrotehnički materijali i tehnologije i odbrane magistarskog rada pod naslovom "Modelovanje i analiza raspodele temeperature u SMT i hibridnim modulima snage", 2002. godine, stekla akademsko zvanje Magistra elektrotehničkih nauka oblast elektrotehnike, Elektrotehnički materijali i tehnologije.

Od 1996. godine zaposlena je u Institutu bezbednosti gde i danas radi kao istraživač. Osnovna oblast kojom se bavi su tehnologije u elektronici i mikroelektronici, a bavi se i projektovanjem sistema tehničke zaštite. Objavila je do sada u svojstvu autora i koautora ukupno 25 radova i to 1 rad u vrhunskom međunarodnom časopisu, 2 rada u međunarodnom časopisu, 5 radova na međunarodnim naučnim skupovima štampanim u celini, 3 rada u časopisima nacionalnog značaja, 7 radova na domaćim konferencijama štampani u celini, 7 radova saopštenih na skupovima međunarodnog značaja, štampanih u izvodu i odbranjena magistarska teza.

2. OPIS DISERTACIJE

Struktura i sadržaj disertacije

Doktorska disertacija pod naslovom "Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora" podeljena je na 5 poglavlja. Poglavlja doktorske disertacije su: 1. Uvod; 2. Teorijski deo; 3. Eksperimentalni deo; 4. Diskusija rezultata modelovanja i simulacije; 5. Zaključak. Na kraju teze dat je spisak korišćene literature u delu pod nazivom Reference.

Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U uvodu je izložen problem, date osnovne hipoteze, definisan osnovni cilj i obrazložena primenjena metodologija. U drugoj glavi data je analiza postupaka i materijala u tehnologiji debelih slojeva kao i primena debelih slojeva kod NTC termistora. Opisani su materijali za debele slojeve, podloge za debele slojeve i paste za sitoštampanje debelih slojeva, kao i priprema - nanošenje debelih slojeva, priprema sita, nanošenje fotoemulzije na sita, dobijanje likova, i štampanje, sušenje i sinterovanje hibridne paste. Opisana je jednoslojna i višeslojna tehnologija debelih slojeva. Data je primena tehnologije debelih slojeva u izradi NTC termistora i geometrijski oblici debeloslojnih NTC termistora. Dato je opšte o NTC termistorima, građa i dobijanje NTC termistora, kondukcionni mehanizam kod niskotemperaturnih NTC termistora i osnovna svojstva NTC termistora. U nastavku opisana su električna i toplotna svojstva NTC termistora, otpornost na sobnoj temperaturi, zavisnost otpornosti od temperature, kašnjenje termistora i starenje termistora. Analiza osnovnih postupaka u tehnologiji dobijanja NTC materijala – nikl manganita (mehanička aktivacija, sinterovanje), strukturna analiza (rentgensko-strukturna analiza, skenirajuća elektronska mikroskopija, spektroskopija u infracrvenoj oblasti) i merenje električnih svojstava (DC merenja, merenja impedanse, primena Van der Pow metode) opisane su ukratko u nastavku. Primena NTC termistora razmotrena je sa stanovišta merenja temperature, merenja toplotnog fluksa, gradijenta i prenosa toplote, merenja protoka fluida, kompenzacije promene otpornosti u električnim kolima. Posebna pažnja data je primeni NTC planarnih termistora za merenje temperature primenom NTC debeloslojnih termistora, merenje vlage primenom NTC debeloslojnih termistora, merenje protoka primenom NTC debeloslojnih termistora, primena debeloslojnih NTC termistora u kolima za kašnjenje, zatim primeni debeloslojnih NTC termistora kao zaštite od velike struje pri uključenju, primeni debeloslojnih NTC termistora kao termistorskog bolometra i primeni flip-čip NTC debeloslojnih mikrotermistora kao senzora temperature pri merenju temperature raspodele elektronskih modula. Treća glava - eksperimentalni deo obuhvata sintezu i karakterizaciju NTC termistorske paste, modelovanje i simulaciju debeloslojnih NTC termistora različitih oblika geometrije, primenu segmentiranog NTC termistora kao senzora protoka vazduha, analizu i modelovanje toplotnih gubitaka RCV protokometra (merača protoka vode) primenom teorijskog i semiempirijskog modela i specifične namenske senzore temperature i protoka vode. Ukratko deo koji se odnosi na modelovanje i simulaciju debeloslojnih NTC termistora različitih oblika geometrije sadrži projektovanje debeloslojnih NTC termistora različitih oblika geometrije, opšti generalni matematičko fizički model, eksperimentalni rezultati i NTC efekat kod planarnih termistora različitih oblika geometrije i uticaj efekta elektrode na zapreminsku otpornost NTC termistora. Uticaj efekta elektrode na zapreminsku otpornost NTC termistora analiziran je kao zapreminska otpornost za različite geometrije NTC debeloslojnih termistora i zapreminska otpornost debeloslojnog termistora kao funkcija debljine NTC sloja. Modelovanje planarnih termistora primenom predloženog modela sadrži modelovanje pravougaonog debeloslojnog NTC termistora, modelovanje češljastog debeloslojnog NTC termistora, modelovanje segmentiranog debeloslojnog NTC termistora, modelovanje višeslojnog debeloslojnog NTC termistora, modelovanje sendvič debeloslojnog NTC termistora. Na kraju data je analiza zavisnosti otpornosti od geometrijskih parametara, modelovanje češljastog debeloslojnog NTC termistora i modelovanje segmentiranog debeloslojnog NTC termistora. Primena segmentiranog NTC termistora kao senzora protoka vazduha i senzora protoka vode, konstrukcija i građa realizovanog segmentiranog NTC termistora i novi NTC debeloslojni senzori protoka vazduha i vode opisani su u nastavku. Merenje protoka vazduha novim NTC debeloslojnim termistorom i objašnjenje principa merenja protoka vazduha, regulacije protoka vazduha i merenje laminarnog protoka vazduha dato je u nastavku eksperimentalnog dela. Analiza i modelovanje toplotnih gubitaka RCV protokometra (merača protoka vode) izvršena je primenom teorijskog i semiempirijskog modela. U uvodu su date osnovne postavke RCV protokometra, konstrukcija RCV protokometra, debeloslojni segmentirani termistori kod RCV protokometra, RCV postupak i način rada. Odziv RCV protokometra na protok vode, modelovanje gubitka toplote kod RCV termičkog protokometra, određivanje ravnoteže toplote RCV protokometra ako imamo

konvekciju (radialno hlađenje), tolotna ravnoteža kod RCV protokometra posle uspostavljanja protoka (radijalno + aksijalno hlađenje) i modelovanje i fitovanje odziva RCV protokometra $I=f(Q)$. U četvrtoj glavi data je diskusija rezultata simulacije i eksperimentalnih merenja. Izvršena je uporedna analiza rezultata empirijskog i matematičko-fizičkog modela. Posebno je diskutovana primena matematičko-fizičkog modela u graničnim slučajevima odnosno analiza graničnih tehnoloških uslova. U nastavku data je analiza modelovanja idealnim modelom, analiza zavisnosti otpornosti po matematičko-fizičkom modelu, analiza modelovanja parametara $B(T)$ i $\alpha(T)$ i analiza zavisnosti otpornosti od vremena pri uključenju $R(t)$ na napon U . Na kraju izvršena je analiza složenog modela koji je multiparameterska funkcija različitih geometrijskih parametara, zapreminske otpornosti, temperature i vremena $p(d)f(T)R(l,w,d,n)f(t)$ i analizirana ograničenja primene metode simulacije. U petoj glavi dat je zaključak u kome su prikazani postignuti eksperimentalni i teorijski rezultati pri izradi ove doktorske disertacije, a koji se mogu svrstati u nekoliko grupa sa različitim doprinosima u istraživanju. Literatura se sastoji iz 100 referenci.

3. OCENA DISERTACIJE

Savremenost, originalnost i značaj

Problematika disertacije je izuzetno aktuelna pošto se odnosi na istraživanje u oblasti materijala za termičke senzore (termistore) i primenu istih za izradu debeloslojnih senzora protoka vode i vazduha. Dobijeni rezultati na prototipu senzora protoka na bazi gubitka toplote sa segmentiranim debeloslojnim termistorima zadovoljavaju klasu tačnosti sličnih senzora koji se primenjuju u industriji. Uz odgovarajuću digitalizaciju i obradu rezultata računom novorazvijeno rešenje postaje inteligentni senzor protoka. Doprinos modelovanju i simulaciji kao rezultat ima razvijen semi-empirijski model – praktičan alat za proračun termistora različitih geometrijskih oblika, zatim uračunava uticaj efekta elektrode i daje vrednost modelovanog termistora na bilo kojoj temperaturi. Korišćenjem tog modela i krivih baždarenja senzora protoka omogućava se izračunavanje brzine protoka na bilo kojoj temperaturi vode koja ulazi u senzor. Značaj disertacije pod naslovom „Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora” ogleda su u novom celovitom pristupu modelovanju od matematičko-fizičkog do semi-empirijskog modela i modela senzora protoka koji su provereni eksperimentalno. U nama dostupnoj literaturi ovaj pristup je po prvi put prezentiran od strane kandidata u vodećim časopisima za ovu oblast.

Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Literatura koje je korišćena u radu je pažljivo odabrana. Ona sadrži najnovije radove relevantne za problematiku disertacije, ali sadrži i klasične radove. U navedenim referencama se nalaze se i naučni radovi čiji je autor, odnosno koautor, Branka Radojčić.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

U disertaciji pod naslovom “Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora” primenjene su teoretske, eksperimentalne, matematičke i numeričke metode što ujedno predstavlja sve metode koje se koriste u inženjerskoj i naučnoj praksi. U radu je teoretskim putem, na osnovu poznatih efekata formiran matematičko-fizički model za proračun i simulaciju NTC debeloslojnih termistora. U cilju provere tako dobijenih originalnih izraza koncipirane su eksperimentalne metode koje su omogućavale da se, pod dobro kontrolisanim laboratorijskim uslovima, provere teoretski dobijene zavisnosti: geometrijski parametri debeloslojnih termistora, njihova temperaturna zavisnost i uticaj efekta elektrode na debeloslojnu otpornost. Eksperimenti su koncipirani i izvršeni po najvišim metrološkim standardima pri čemu je dobijena stoprocentna

reproduktivnost rezultata. Pomenute metode proverene na modelu i u eksperimentima poslužile su za baždarenje i modelovanje senzora protoka sa debeloslojnim segmentiranim termistorima. Merna nesigurnost odnosno greška merenja eksperimentalnih postupaka ni u jednom slučaju nije bila veća od 1.5%. Navedeni multidisciplinarni pristup, odnosno naučni metod, primenjen u radu u potpunosti odgovara problemu i postavljenom cilju rada, a i svakako je najadekvatniji u tom smislu.

Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Ovom tezom pokazano je na primeni NTC debeloslojnih termistora, da se celovitim pristupom od analize materijala (karakterizacija) preko novih debeloslojnih komponenti, modelovanja pojava na njima i njihove primene za merenje neelektričnih veličina električnim putem mogu realizovati kvalitetni senzori (klase tolerancije 1.5%) u poređenju sa senzorima drugih svetskih proizvođača koji rade na principu gubitka toplote. Čak i više od toga ovaj novorazvijeni senzor po karakteristikama i ceni izrade može uspešno konkurisati mnogim drugim senzorima protoka vode na drugom principu. Osim toga verifikovani su alati – modeli za proketovanje NTC debeloslojnih termistora različite geometrije kao što su: segmentirani, češljasti, sendvič, višeslojni i pravougaoni, koji se primenjuju u različitim uslovima (niskoomski, visookoomski i termistori srednje snage).

Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidatkinja Branka Radojčić je tokom izrade teze proširila svoja znanja na eksperimentalnom i teorijskom polju iz oblasti termistora i njihove primene, tako da je sada sposobna da sama nastavi da nadograđuje postignute rezultate koji su novi, originalni i u vrhu su istraživanja u toj oblasti u svetu.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U disertaciji Branke Radojčić ostvareni su sledeći naučni doprinosi:

1. Modelovanje više različitih oblika debeloslojnih NTC termistora na bazi semi-empirijskog modela.
2. Analiza svojstava debeloslojnih NTC segmentiranih senzora za potrebe izrade termičkih senzora.
3. Izrada i karakterizacija senzora protoka vazduha na bazi debeloslojnih NTC segmentiranih senzora sa funkcijom samozagrevanja.
4. Izrada i karakterizacija senzora protoka vode (tečnosti) na bazi debeloslojnih NTC segmentiranih senzora sa funkcijom samozagrevanja.
5. Uvođenje RCV inteligentnog izvora napajanja sa funkcijom skokovite promene napona u funkciji od temperature vode koja ulazi u senzor.
6. Karakterizacija debeloslojne paste NTC na bazi NiMn_2O_4 i modelovanje $R(T)$ i određivanje eksponencijalnog parametra β i α .
7. Merenje i modelovanje efekta elektrode na slojnu otpornost NTC termistora.

Kritička analiza rezultata istraživanja

Sagledavanjem postavljenih ciljeva istraživanja datih u planu za tezu i dobijenih rezultata datih u tezi konstatujemo da je kandidatkinja uspešno odgovorila na sva bitna pitanja i dileme koje suštinski proizilaze iz obrađivane problematike. Prikazana eksperimentalna rešenja i matematički i numerički algoritmi, i predstavljaju značajan naučni i stručni doprinos u oblasti mikroelektronike i senzora. Prikazani matematičko-fizički model, semi-empirijski model i model

senzora protoka sa samozagrevanim debeloslojnim termistorima su novi i originalni rezultati svetskog kvaliteta: sensori su potuno elektronski, nemaju pokretnih delova, precizno mere i troše vrlo malo energije (mogu da rade sa baterijama).

Očekivana primena rezultata u praksi

Dobijeni rezultati će svoju osnovnu primenu naći u praksi za merenje temperature, protoka vode, vazduha u više varijanti: merenja protoka vode u rekama, vodovodnim cevima, procesnoj industriji, laboratorijama i drugim mestima.

Verifikovani naučni doprinosi

Kandidatkinja Branka Radojčić u svojstvu autora i koautora do sada je objavila: 25 radova i to 1 rad u vrhunskom međunarodnom časopisu, 2 rada u međunarodnom časopisu, 5 radova na međunarodnim naučnim skupovima štampanim u celini, 3 rada u časopisima nacionalnog značaja, 7 radova na domaćim konferencijama štampani u celini, 7 radova saopštenih na skupovima međunarodnog značaja, štampanih u izvodu i odbranjena magistarska teza.

Užoj oblasti naučne disertacije pripadaju sledeći radovi:

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

M.V. Nikolić, B. M. Radojčić, O. S. Aleksić, M. D. Luković, P.M. Nikolić, „A Thermal Sensor for Water Using Self-Heated NTC Thick Film Segmented Thermistors, **IEEE Sensor Journal**, **2011**. Digital Object Identifier 10.1109/JSEN.2010.2103309. [IF: 1.581]

Рад у међународном часопису (M23)

B. Radojčić, R. Ramović, O. Aleksić, „ 2D Model for Thermal Analysis of Hybrid Power Modules”, Microelectronics International, September 2000, vol 17, pp. 21-26. [IF: 0.571]

O. S. Aleksić, B. M. Radojčić, R. M. Ramović, „Modeling and Simulation of NTC Thick Film Thermistor Geometries”, Microelectronics International, 2007, vol 27, pp 27-34. [IF: 0.571]

Саопштење са међународних научних скупова штампано у целини (M33)

O.S.Aleksić, P.M.Nikolić, S.Savić, D.Luković, V.Ž.Pejović, B.M.Radojčić „A Thick Film NTC Thermistor Air Flow Sensor”, Proc. of 24th. International Conference on Microelectronics, MIEL 2004, Niš. vol. pp. Vol 1, pp. 185-188.

O.Aleksić, B. Radojčić, R.Ramović, „ Electrode Effect on NTC Planar Thermistor Volume Resistivity”, Proc. of 25th. International Conference on Microelectronics, MIEL 2006, Beograd. Vol 2, pp.619-622, 2006.

A.B. Menićanin, O.S. Aleksić, M.V. Nikolić, S.M. Savić, B.M. Radojčić, Novel Uniaxial Anemometer Containing NTC Thick Film Segmented Thermistors, Proc. of 25th. International Conference on Microelectronics, MIEL 2008, Nis, vol.pp.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

O.S.Aleksić, P.M.Nikolić, D.Luković, S.Savić, B.M.Radojčić, V.Ž.Pejović, „Novi NTC debeloslojni senzor protoka vazduha”, ETRAN 2004. Čačak, vol.IV.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija kandidatkinje Branke Radojčić, pod naslovom **“Doprinos modelovanju i simulaciji debeloslojnih NTC termistora”** predstavlja savremen i originalan naučni doprinos multidisciplinarnom istraživanju dobijen kombinacijom teorijskog i eksperimentalnog rada u

oblasti debeloslojnih NTC termistora od izrade paste, modelovanja fizičkih pojava sa debelim slojevima do izrade novih debeloslojnih senzora i senzora protoka vode na bazi segmentiranih debeloslojnih termistora. Ocenjujući doktorsku disertaciju, kao i činjenicu da je analizirana problematika veoma aktuelna i savremena sa aspekta naučnog i stručnog doprinosa, verifikovana objavljivanjem u relevantnom časopisu sa SCI liste, a i podatak da su najvažniji rezultati dobijeni samostalnim radom, Komisija konstatuje da je kandidatkinja Branka Radojčić ispunila sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Statutom i Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, te, sa zadovoljstvom, predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta da ovaj Izveštaj prihvati, i u skladu sa zakonskom procedurom, uputi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na konačno usvajanje i davanje odobrenja kandidatkinji da pristupi usmenoj odbrani.

U Beogradu,
08.06.2011. godine

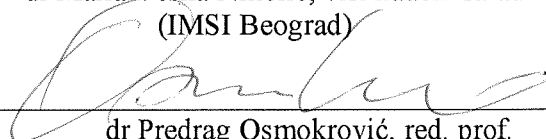
Komisija



dr Miloš Vujić, docent
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)



dr Maria Vesna Nikolić, viši naučni saradnik
(IMSI Beograd)



dr Predrag Osmokrović, red. prof.
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)



dr Obrad Aleksić, naučni savetnik
(IMSI Beograd)



dr Vladimir Blagojević, docent
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)