



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Република Србија •
Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

Универзитет у Београду
Већу научних области техничких наука

З А Х Т Е В

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно чл. 128. Закона о високом образовању (Сл.гласник РС бр.76/2005) дате сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом:

„Алгоритам за одређивање фазне разлике синусних сигнала ниских учестаности“
коју је пријавила **мр Нада Вучијак**.
Научна област: **електротехника**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

Име, име једног од родитеља и презиме кандидата

Мр НАДА (Мирко) ВУЧИЈАК

Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање

Електротехнички факултет у Београду

Година дипломирања: **1979.године**

Назив магистарске тезе кандидата

„Развој система за проверу метролошких карактеристика електроенцефалографа“

Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:

Електротехнички факултет у Београду

Година одбране магистарске тезе: **2002.године**

Назив факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: /

Одсек, смер или група: /

Година завршетка докторских студија: /

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Електротехничког факултета на седници одржаној **19.4.2011.године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела Факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

ДЕКАН
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Миодраг Поповић



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Република Србија •
Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

На основу чл.128 Закона о високом образовању и чл.66 и 68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће на седници од 19.4.2011.године, донело је

О Д Л У К У

О ПРИХВАТАЊУ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Прихвата се тема докторске дисертације под насловом: **„Алгоритам за одређивање фазне разлике синусних сигнала ниских учестаности“** коју је пријавила **мр Нада Вучијак**.

За ментора је именован др Лазар Сарановац, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Д Е К А Н

Електротехничког факултета

Проф. др Миодраг Поповић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Нада Вучијак

Име и презиме ментора: Лазар Сарановац

Звање: доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. N. Vučijak, **L. Saranovac** „A Simple Algorithm for the Estimation of Phase Difference Between Two Sinusoidal Voltages” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (ISSN: 0018-9456) Vol. 59, no. 12, December 2010, pp. 3152-3158

DOI: 10.1109/TIM.2010.2047155

2. P. Pejović, **L. Saranovac**, M. Popović, “Comments on "new algorithm for measuring 50/60-Hz AC values based on the usage of slow A/D converters" and "measuring of slowly changing AC signals without sample-and-hold circuit" IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (ISSN: 0018-9456) Vol. 52, no. 5, October 2003, pp. 1688-1692

DOI: 10.1109/TIM.2003.817917 (IF: 0.703)

3. P. Pejović, **L. Saranovac**, M. Popović, “Computation of Average Values of Synchronously Sampled Signals,” IEE Proceedings-Electric Power Applications (ISSN: 1350-2352) Vol. 149, no. 3, May 2002, pp. 217-222

DOI: 10.1049/ip-epa:20020137 (IF: 0.441)

4. **L. Saranovac**, P. Pejović, M. Popović "Comment: Digital Method for Power Frequency Measurement Using Synchronous Sampling" IEE Proceedings-Electric Power Applications (ISSN: 1350-2352) Vol. 148, No. 2, March 2001., pp. 225-226

DOI: 10.1049/ip-epa:20010287 (IF: 0.518)

5. **L. Saranovac** "Digital Realization of Frequency Insensitive Phase Shifter for Reactive Var-Hour Meters", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (ISSN: 0018-9456) Vol. 49, No. 4, August 2000., pp. 802-808

DOI: 10.1109/19.863928 (IF: 0.584)

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 (Релевантка листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као М24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство и науке класификује као М11, М12; М13, М14, М41 и М51)

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.

Датум _____

М.П.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na 728. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu održanoj 22. 02. 2011. godine, određeni smo za članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije mr Nade Vučijak, dipl. inž. elektrotehnike pod naslovom „Algoritam za određivanje fazne razlike sinusnih signala niskih učestanosti“. Nakon pregleda dobijenog materijala, Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

Mr Nada M. Vučijak je rođena u Zenici, BiH; osnovnu školu i gimnaziju završila je u Čapljini, BiH; diplomirala je i magistrirala na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Magistarsku tezu pod naslovom „Razvoj sistema za proveru metroloških karakteristika elektroencefalograma“ odbranila je 2001. godine.

Bila je zaposlena kao nastavnik u srednjoj elektrotehničkoj školi „Rade Končar“ u Beogradu, gde je držala predavanja i laboratorijske vežbe za grupu predmeta elektrotehničke struke. Zatim se zaposlila kao metrolog za električne veličine u ovlašćenoj metrološkoj laboratoriji u preduzeću „Teleoptik“ i „Teleoptik-Žiroskopi“. Od 1997. godine zaposlena je u Zavodu za mere i dragocene metale (danas Direkcija za mere i dragocene metale) gde i danas radi kao metrolog za električnu snagu i energiju.

Govori engleski jezik, a služi se i nemačkim i ruskim jezikom.

Do sada je objavila 28 radova, od toga: jedan rad u stranom časopisu sa IF, koautor jedne knjige, poglavlje u jednoj knjizi, dva rada na međunarodnim konferencijama, sedam radova u domaćim časopisima i 16 radova na domaćim kongresima, konferencijama i simpozijumima. Do sada publikovani radovi relevantni za temu doktorske disertacije:

- 1) N. Vučijak, L. Saranovac „A Simple algorithm for Phase Difference Determination“, *IEEE Transaction on instrumentation and measurements*, vol. 59, no 12, 2010., p. 3152 – 3158 DOI 10.1109/TIM.2010.2047155.
- 2) L. Saranovac, N. Vučijak „Algoritmi za određivanje fazne razlike između dva sinusna signala“, *Tehnika broj 4-5, 2003, Kvalitet, standardizacija i metrologija*, strana 9-14, Beograd.
- 3) N. Vučijak, N. Radojević „Three, Four and Seven Parameters Sine-fitting Algorithms Applied in Electric Power Calibrations“, *EUROCON 2005, Computer as a tool*, 21. do 24.11.2005., Beograd, Proceedings vol.2 strana 1148-1150, DOI 10.1109/EURCON.2005.1630156.
- 4) N. Vučijak, N. Radojević, R. Lapuh., Z. Svetik „An application of sine wave fitting algorithm in electric power measurement“, *Kongres metrologa 2005.*, Zbornik radova, strana 119-124, Beograd.
- 5) N. Vučijak „Etaloniranje uređaja za merenje harmonika električne struje, harmonika električnog napona i flikera“, *ETRAN 2010*, Zbornik radova CD, Donji Milanovac.
- 6) N. Vučijak, P. Marinković „Ocenjivanje nesigurnosti rezultata merenja električne snage korišćenjem metode Monte Karlo“, *Elektroprivreda* br. 3, 2008. str.88 – 94, Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd.

Na osnovu dosadašnjeg stručnog rada i publikovanih naučnih rezultata može se uočiti da je kandidat mr Nada Vučijak kvalifikovana za rad na izradi algoritma za određivanje fazne razlike sinusnih signala niskih učestanosti i izradi doktorske disertacije na predloženu temu.

2. Predmet i cilj istraživanja

Pouzđano merenje faznih uglova, odnosno, najčešće fazne razlike, je neophodno u mnogim mernim sistemima. O faznoj razlici između dve električne veličine govorimo samo ako su te veličine periodične funkcije vremena i ako imaju istu učestanost promene. Fazna razlika se meri tako da se upoređuju faze dveju istorodnih veličina (dva napona ili dve električne struje). Merenje fazne razlike između napona i električne struje svodi se na merenje fazne razlike između dva napona.

Fazna razlika se, danas, najčešće određuje koristeći vremenski diskretne odmerke dva analogna signala. Vremenski diskretni signali se zatim konvertuju u amplitudno diskretne a zatim obrađuju koristeći različite algoritme za određivanje fazne razlike. Za vremensku i amplitudni diskretizaciju najčešće se koriste analogno digitalni konvertori, koji u proces obrade unose odgovarajuće greške.

Osvrt na relevantne bibliografske izvore

U mernim sistemima koji se koriste za etaloniranje električne snage u sinusoidnim uslovima opisanim u [1] fazna razlika između električnog napona i struje određuje se tako što se struja transformiše u električni napon i zatim se određuje fazna razlika između ta dva naponska signala. Uz rezultate merenja danas se obavezno daje i procena merne nesigurnosti sa kojom su određeni rezultati. Merna nesigurnost rezultata se može proceniti na dva načina: koristeći Uputstvo za izražavanje nesigurnosti rezultata merenja (GUM) [2] i koristeći metodu Monte Karlo [3].

Pomoću dvokanalnog sistema za semplovanje signala može se meriti fazna razlika između dva sinusna signala koristeći različite algoritme. Standard [4] preporučuje fitovanje odmeraka na sinusoidu metodom fitovanja tri ili četiri parametra i određivanje fazne razlike između signala. U referenci [5] autor je uporedio šest algoritama za merenje fazne razlike sinusnih digitalizovanih signala niske učestanosti. Algoritmi su upoređeni u identičnim uslovima (vrednosti odnosa signal-šum *SNR*, vrednosti ukupnog harmonijskog izobličenja *THD* i jednosmernog pomeraja signala) i za identične parametre algoritama (rezoluciju analogno digitalnog konvertora ADC, opseg ADC i broj odmeraka signala u periodi). U [6] su upoređeni rezultati za faznu razliku dobijeni korišćenjem devet algoritama primenjenih na odmerke sinusnih signala frekvencije 50 Hz u uslovima nekoherentnog odmeravanja signala. Problemi u vezi fitovanja odmeraka signala na sinusoidu su predstavljeni i rešeni u mnogim radovima, a u [7] predložen je nov algoritam istovremenog fitovanja dve sinusoide fitovanjem sedam parametara i određivanje fazne razlike između signala. Fazna razlika između odmeraka dve sinusoide određena je u [8] koristeći metodu QDE (quadrature delay estimator) koja je u [9] poboljšana i predstavljena kao metoda UQDE (unbiased quadrature delay estimator).

Relevantne reference:

- [1] N. Oldham, T. Nelson, R. Bergeest, G. Ramm, R. Carranza, A. C. Corney, M. Gibbes, G. Kyriazis, H. M. Laiz, L. X. Liu, Z. Lu, U. Pogliano, K.-E. Rydler, E. Shapiro, Eddy So, M. Temba, and P. Wright „An International Comparison of 50/60 Hz Power (1996–1999),” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 50, pp. 356–360, April 2001.
- [2] ISO IEC GUIDE 98-3 „Uncertainty of measurement-Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)”.
- [3] ISO IEC GUIDE 98-3/Suppl.1 „Uncertainty of measurement-Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)”, Supplement 1: „Propagation of distributions using Monte Carlo method”.
- [4] *IEEE Standard for terminology and test methods for analog-to-digital converters*, IEEE Standard 1241, 2000.

- [5] M. Sedlaček „Digital measurement of phase difference of LF signals – a comparison of DSP algorithms“, *Proceedings XVII IMEKO World Congress, Metrology in the 3rd Millennium*, p. 639–644, 2003., Dubrovnik, Hrvatska.
- [6] M. Sedlacek and M. Krumpholtz “Digital measurement of phase difference - a comparative study of DSP algorithms,” *Polish Academy of Sciences, Metrology and Measurement Systems*, vol. XII, pp. 427–448, 2005.
- [7] P. M. Ramos and A Cruz Serra “A new sine-fitting algorithm for accurate amplitude and phase measurements in two channel acquisition systems,” *Measurement* vol. 41, pp. 135–143, 2008.
- [8] H. C. So “A Comparative Study of Two Discrete – Time Phase Delay Estimators,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 54, pp. 2501–2504, December 2005.
- [9] D. L. Maskell and G. S. Woods “The discrete-time quadrature subsample estimation of delay,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 51, no. 1, pp. 133–137, Feb. 2002.

POLAZNE HIPOTEZE

U radu će se početi od hipoteze da je potrebno odrediti faznu razliku između dva realna sinusna signala bez jednosmenog ofseta. Na osnovu poznatih algoritama će se razviti i testirati novi algoritam. Korišćenjem postojećih signala, uvešće se dva nova signala dobijena od komponente koja je u fazi sa postojećim signalom i komponente koja je fazno pomerenjena za $\pi/2$. Testiraće se hipoteza da je izborom faznog kašnjenja moguće dobiti vrednost fazne razlike između dva signala koristeći samo po dva odmerka svakog signala. A takođe i da se koristeći nešto složeniju formulu može odrediti vrednost fazne razlike sa znatno manjom mernom nesigurnošću.

NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja u okviru predložene doktorske disertacije sastojace se u sledećem:

- analiza postojećih algoritama za merenje fazne razlike sinusnih signala niskih učestanosti,
- razvoj novog algoritma za merenje fazne razlike sinusnih signala niskih učestanosti,
- simulacija i eksperimentalna provera predloženog novog algoritma za merenje fazne razlike sinusnih signala niskih učestanosti,
- poređenje novog algoritma sa postojećim algoritmima za određivanje fazne razlike.

OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Ciljevi ove doktorske teze mogu se formulirati na sledeći način:

- pregledom odgovarajuće literature izvršiti detaljnu analizu postojećih metoda za određivanje fazne razlike iz odmeraka dva sinusna signala,
- razviti novi algoritam za određivanje fazne razlike iz odmeraka dva sinusna signala,
- primeniti postojeće algoritme i novi algoritam za određivanje fazne razlike na realne odmerke signala dobijene merenjem, i uporediti dobijene rezultate,
- analizirati primenjivost, prednosti, nedostatke i mernu nesigurnost rezultata određivanja fazne razlike koristeći novi algoritam.

Na osnovu utvrđenih ciljeva očekuje se da iz rada na ovoj tezi proisteknu sledeći rezultati: razvoj novog algoritma za određivanje fazne razlike iz odmeraka dva sinusna signala, analiza primenjivosti novog algoritma i ocena merne nesigurnosti rezultata.

PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

Plan istraživanja obuhvatiće analizu mogućnosti merenja i etaloniranja faznog ugla, koje se kraće označavaju CMC (calibration and measurement capabilities), nacionalnih metroloških institucija pojedinih država objavljene na sajtu BIPM (Međunarodni biro za tegove i mere) <http://kcdb.bipm.org/AppendixC/default.asp>, pošto ih je prethodno odobrila regionalna metrološka organizacija EURAMET (European Association of National Metrology Institutes).

Zatim će biti analizirane primene merenja faznog ugla. O faznom uglu mora da se vodi računa u mnogim primenama, kao što su: analiza pojačavača sa povratnom spregom, kola oscilatora i filtera, merenje aktivne i reaktivne električne snage i energije, faktora snage, harmonika električnog napona i struje, određivanje kompleksnog odnosa izlaznog i ulaznog signala mernih pretvarača (delitelji napona i strujni šantovi).

Osim fazmetara koji se koriste za direktno merenje faznog ugla, često se koristi i indirektno merenje faznog ugla. Oprema koja se koristi pri indirektnom merenju faznog ugla električnih signala (digitalni voltmetri, strujni šantovi, delitelji napona, merni transformatori, kablovi) unosi fazni pomeraj u merenje, koji se mora poznavati i uzeti u obzir.

U disertaciji će biti analizirani postojeći algoritmi za određivanje fazne razlike iz odmeraka dva sinusna signala: metode zasnovane na detekciji prolaska kroz nulu dva merena signala, metode zasnovane na diskretnoj Furijeovoj transformaciji, metode zasnovane na fitovanju oblika signala na sinusoidu i metode zasnovane na množenju odmeraka dva signala sa odmercima referentnih signala ili sa odmercima fazno pomerenih signala.

Zatim će biti razvijen i analiziran novi algoritam za određivanje fazne razlike iz odmeraka dva sinusna signala. Biće dat matematički model, računarska simulacija i rezultati konkretnih merenja.

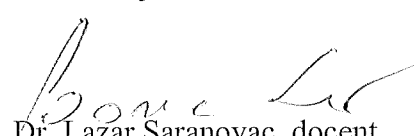
Rezultati dobijeni primenom novog algoritma za određivanje fazne razlike odmeraka realnih električnih signala biće upoređeni sa rezultatima dobijenim primenom drugih postojećih algoritama na iste odmerke signala. To će omogućiti da se verifikuju i uporede karakteristike postojećih i predloženog algoritma za merenja fazne razlike i dokažu pretpostavljene hipoteze istraživanja. Biće analizirana merna nesigurnost rezultata, prednosti novog algoritma i validacija.

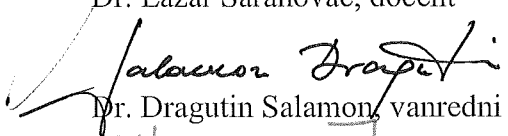
ZAKLJUČAK I PREDLOG

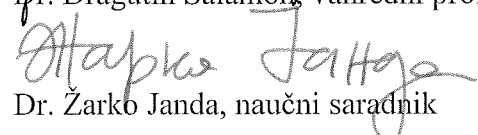
Na osnovu izloženog, Komisija konstatuje da kandidat mr Nada Vučijak ispunjava sve formalne i suštinske uslove za pristupanje izradi doktorske disertacije, kao i da je predložena tema naučno aktuelna u oblasti merenja u elektrotehnici. Zato Komisija predlaže Naučno-nastavnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da kandidatu odobri izradu doktorske disertacije pod naslovom „Algoritam za određivanje fazne razlike sinusnih signala niskih učestanosti“, pod rukovodstvom mentora docenta dr. Lazara Saranovca.

U Beogradu, 12.04.2011. godine

Komisija:


Dr. Lazar Saranovac, docent


Dr. Dragutin Salamon, vanredni profesor


Dr. Žarko Janda, naučni saradnik