

ETALONIRANJE POKAZNIH MERNIH INSTRUMENATA KAO USLOV ZA IZVOĐENJE NASTAVNE VEŽBE „INSTRUMENT ZA MERENJE NAIZMENIČNE STRUJE I NAPONA“

Jelena Đorđević Kozarov¹, Marjan Urekar², Nemanja Gazivoda³, Marina Subotin⁴,
Đorđe Novaković⁵, Bojan Vujičić⁶, Stefan Mirković⁷

¹ Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

^{2,3,4,5,6,7} Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹ kozarov@elfak.ni.ac.rs, ² urekarm@uns.ac.rs, ³ nemanjagazivoda@uns.ac.rs, ⁴ marina.bulat@uns.ac.rs,

⁵ djordjenovakovic@uns.ac.rs, ⁶ bojanvuj@uns.ac.rs, ⁷ mirkovicst@gmail.com

Kratak sadržaj: Zadatak u nastavnoj vežbi "Instrument za merenje naizmjenične struje i napona", koja se izvodi u okviru predmeta Električna merenja, jeste da se proširi merni opseg instrumenta sa kretnim kalemom. U tu svrhu koriste se analogni pokazni merni instrumenti. Da bi funkcionisanje mernih instrumenata, a samim tim i pokaznih mernih instrumenata koji se koriste u pomenutoj nastavnoj vežbi, uvek bilo usklađeno sa međunarodnim sistemom jedinica, potrebno je da isti budu periodično etalonirani u akreditovanoj laboratoriji za metrologiju.

U ovom radu je opisan postupak etaloniranja pokaznih mernih instrumenata u akreditovanoj Laboratoriji za metrologiju na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Prikazane su najbolje mogućnosti merenja, opisana je priprema za merenje, navedena je merna oprema koja se koristi, opisani su postupci merenja koje treba sprovesti i prikazana je obrada dobijenih rezultata. Dat je tabelarni prikaz primera analize merne nesigurnosti rezultata etaloniranja pokaznog voltmetra, mernog opsega od 150 V, klase tačnosti 1,5. Svi termini i definicije su u skladu sa SRPS ISO 9001:2015, IEC 17025:2017 i Međunarodnim rečnikom osnovnih i opštih termina u metrologiji.

Ključne reči: Akreditacija / Edukacija / Etaloniranje / Metrologija / Merna nesigurnost / Pokazni merni instrumenti

CALIBRATION OF INDICATIVE MEASURING INSTRUMENTS AS A REQUIREMENT FOR THE PERFORMANCE OF THE TEACHING EXERCISE "INSTRUMENT FOR MEASURING ALTERNATING CURRENT AND VOLTAGE"

Abstract: The task in the teaching exercise "Instrument for Alternating Current and Voltage Measurement", which is carried out within the course of the Electrical Measurement, is to extend the measuring range of the instrument with a moving coil. Analog indicative measuring instruments are used for this purpose. In order to have correct functioning of the measuring instruments, and therefore of the indicative measuring instruments that are used in the aforementioned teaching exercise, always harmonized with the international system of units, they need to be periodically calibrated in an accredited metrology laboratory.

This paper describes the procedure for calibration of indicative measuring instruments in an accredited Metrology Laboratory at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad. The optimal ways of measuring are presented in this paper. The preparation for measurement and list of measuring equipment that has been used is described. Paper also features measurement procedures to be carried out, and shows the processing of the measurement results. The table given in the paper shows an example of the measurement uncertainty analysis of voltmeter calibration results, with measuring range of 150 V and accuracy class 1.5. All terms and definitions are in accordance with SRPS ISO 9001:2015, IEC 17025:2017 and follow International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology.

Keywords: Accreditation / Education / Calibration / Metrology / Measurement Uncertainty / Indicative measuring instruments

1. UVOD

Instrument sa kretnim kalemom je namenjen za merenje jednosmernih (DC) veličina. U naizmjeničnom (AC) režimu, instrument sa kretnim kalemom skreće srazmerno srednjoj vrednosti. Primenom ispravljača, jednostranog ili dvostranog, od naizmjenične veličine dobija se jednosmerna „pulsirajuća“ veličina. Srednja vrednost ispravljene naizmjenične veličine više nije nula, tako da ju je moguće izmeriti instrumentom sa kretnim kalemom. Ova srednja vrednost je srazmerna (nije jednaka) očekivanoj efektivnoj vrednosti ulaznog signala. Da bi instrument sa kretnim kalemom pokazivao efektivnu vrednost ulazne veličine, ispravljeni signal se mora skalirati određenim koeficijentom. Fizički ekvivalent ovog skaliranja postiže se kalibrisanjem (podešavanjem) mernog instrumenta. Tako skaliran instrument sa kretnim kalemom meri srednju vrednost

skaliranog ispravljeog ulaznog napona i pokazuje efektivnu vrednost tog napona.

Zadatak u nastavnoj vežbi "Instrument za merenje naizmjenične struje i napona", koja se izvodi u okviru predmeta Električna merenja, jeste da se proširi merni opseg instrumenta sa kretnim kalemom. U tu svrhu koriste se analogni pokazni merni instrumenti. Da bi funkcionisanje mernih instrumenata, a samim tim i pokaznih mernih instrumenata koji se koriste u pomenutoj nastavnoj vežbi, uvek bilo usklađeno sa međunarodnim sistemom jedinica, potrebno je da isti budu periodično etalonirani u akreditovanoj laboratoriji za metrologiju.

U ovom radu je opisan postupak etaloniranja pokaznih mernih instrumenata u akreditovanoj Laboratoriji za metrologiju na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu (u daljem tekstu: Laboratorija).

U Tabeli 1. prikazane su merne mogućnosti etaloniranja pokaznih mernih instrumenata raspoloživom opremom *Laboratorije*. Merna nesigurnost iskazana u ovom radu je proširena merna nesigurnost, gde je standardna merna nesigurnost pomnožena faktorom obuhvata $k = 2$, što za slučaj normalne raspodele greške odgovara verovatnoći od približno 95 %.

Tabela 1. Najbolje mogućnosti merenja

Veličina	Predmet etaloniranja	Opseg	Merna nesigurnost
Jednosmerni napon	Voltmetar	od 0 V do 1000 V	$\leq 0,005 \%$
Jednosmerna struja	Ampermetar	od 0 A do 100 A	$\leq 0,01 \%$
Naizmjenični napon	Voltmetar	od 0 V do 1000 V	$\leq 0,02 \%$
Naizmjenična struja	Ampermetar	od 0 A do 100 A	$\leq 0,1 \%$
Električna otpornost	Ommetar	od 0 Ω do 1 T Ω	$\leq 0,02 \%$
Aktivna električna snaga	Vatmetar	od 0 W do 10 kW	$\leq 0,1 \%$
Reaktivna električna snaga	Varmetar	od 0 Var do 10 kVar	$\leq 0,1 \%$

2. PRIPREMA ZA RAD

Priprema za ispitivanja pokaznih mernih instrumenata podrazumeva vizuelni pregled objekta ispitivanja, konstataciju da je objekt pripremljen za ispitivanje i proveru referentnih uslova ispitivanja. Vizuelnim pregledom se utvrđuje opšte stanje objekta ispitivanja: konstatuju se eventualna oštećenja i postojanje identifikacionih oznaka. Utvrđuje se, takođe, i postojanje dokumentacije relevantne za ispitivanje. Potrebno je, radi aklimatizacije, da objekt ispitivanja bude u Laboratoriji najmanje 12 sati pre početka ispitivanja.

Referentni uslovi za merenje u Laboratoriji su:

3. Temperatura okoline: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
4. Relativna vlažnost vazduha: $(45 \pm 15) \%$.

Referentni uslovi u Laboratoriji se održavaju stalno, a provera podrazumeva ispunjenje navedenih zahteva neposredno pre merenja.

3. MERNA OPREMA

Oprema neophodna za ispitivanje mernih pretvarača struje navedena je u Tabeli 2.

Tabela 2. Spisak merne opreme za ispitivanje mernih pretvarača struje

Naziv	Tip
Digitalni multimetar	Fluke 8846 A
Kalibrator	5025
Dvokanalni izvor funkcija	
Dekadne kutije otpornosti	
Konvertor snage	MSP-1

4. POSTUPAK MERENJA

4.1 Metod merenja

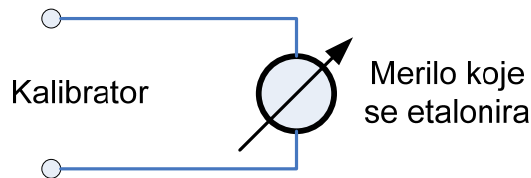
Pokazni merni instrument se ispituje tako što se na ulaz instrumenta dovede veličina za koju je instrument predviđen, potom se očitava pokazivanje instrumenta i na kraju izračuna razlika očitane i zadate vrednosti.

Razlika očitane i zadate vrednosti nosi informaciju o greški, koja se iskazuje u uverenju o etaloniranju.

4.2 Etaloniranje pokaznih mernih instrumenta

Pokazni instrument se etalonira u osnovnom mernom opsegu, u kardinalnim tačkama. Za merne opsege koji nisu osnovni opseg, etaloniranje se vrši u dve tačke: blizu početka i pri kraju mernog opsega.

Tipična šema merenja za etaloniranje pokaznog mernog instrumenta data je na slici 1.



Slika 4. Etaloniranje pokaznog mernog instrumenta

Model izračunavanja greške $G(X)$ dat je izrazom

$$G(X) = X - (X_E + k_E) \quad (1)$$

gde su:

$G(X)$ - greška merenja veličine X pokaznim mernim instrumentom,

X - vrednost veličine X , očitane na instrumentu,

X_E - etalonska vrednost veličine X ,

k_E - korekcija etalonske vrednosti.

Merna nesigurnost rezultata etaloniranja izračunava se kao

$$u(X) = u(k_E) \quad (2)$$

5. PRIMER REZULTATA MERENJA

Primer analize merne nesigurnosti etaloniranja pokaznog mernog instrumenta – voltmetra -prikazan je u Tabeli 3.

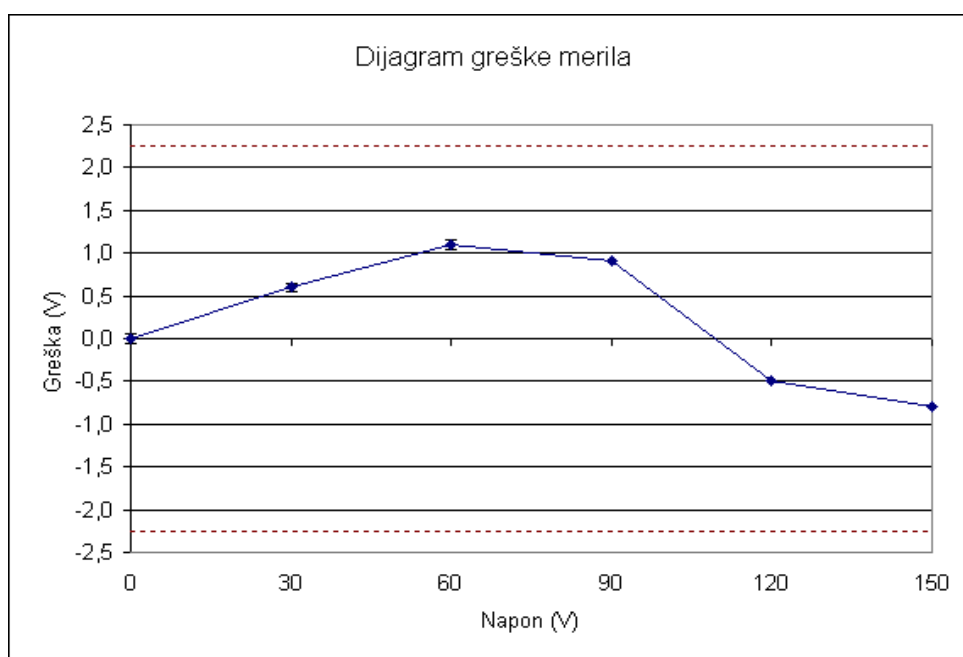
Tabela 3. Analiza merne nesigurnosti rezultata etaloniranja pokaznog voltmetra, mernog opsega od 150 V, klase tačnosti 1,5.

Naziv veličine	Simbol	Vrednost	Parcijalna nesigurnost	Tip nesigurnosti	Raspodela	Koeficijent osetljivosti	Doprinos nesigurnosti
Rezultat merenja pokaznim merilom	U	100 V	-				
Etalonska vrednost	U_E	99,50 V	-				
Korekcija izlaznog napona	k_E	0	2,25 V	B	pravougaona	-1	2,25 V
Greška merenja napona	$G(U)$	-0,50 V					2,25 V

Proširena merna nesigurnost, za faktor obuhvata $k = 2$, iznosi 4,5 V.

Na slici 2. dat je Prilog uz Uverenje o etaloniranju.

Etalon	Merilo		Rezultat merenja	
Zadana vrednost	Merni opseg	Očitanje	Greška	*Merna nesigurnost
V	V	V	V	V
0	150	0,0	0,0	0,05
30		30,6	0,6	0,05
60		61,1	1,1	0,05
90		90,9	0,9	0,05
120		119,5	-0,5	0,05
150		149,2	-0,8	0,05



*Merna nesigurnost iskazana u ovom Uverenju je proširena merna nesigurnost, gde je standardna merna nesigurnost pomnožena faktorom obuhvata $k = 2$, što za slučaj normalne raspodele greške odgovara verovatnoći od približno 95 %.

- Kraj Uverenja -

Slika 5. Izgled Priloga uz Uverenje o etaloniranju pokaznog voltmetra

6. LITERATURA

- [1] Q3.LM.06, v1, „Pokazni instrumenti“, Radno uputstvo, Laboratorija za metrologiju, 2015.
- [2] Marjan Urekar, Dragan Pejić, *Uputstvo za laboratorijske vežbe iz predmeta Električna merenja, Merenja u elektronici, Električna i elektronska merenja u industriji*, Praktikum, FTN, Novi Sad, 2019.