



BILATERALNO POREĐENJE IZMEĐU KONTROLNOG TELA ELEKTRODISTRIBUCIJE SRBIJE I NACIONALNE METROLOŠKE INSTITUCIJE

BILATERAL COMPARISON BETWEEN THE CONTROL BODY OF THE ELEKTRODISTRIBUCIJA SRBIJE LTD. AND NATIONAL METROLOGICAL INSTITUTION

Tatjana CINCAR – VUJOVIĆ, „Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Srbija
Ivana NARANČIĆ, Dejan RADOSAVLJEVIĆ, Aleksandar NIKOLIĆ,
Zoran MAKSIMOVIĆ, Petar DEAK, „Elektrodistribucija Srbije” d.o.o. Beograd, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

U radu su prikazani rezultati bilateralnog poređenja između Kontrolnog tela Elektrodistribucije Srbije (laboratorija za kontrolisanje brojlara električne energije) i nacionalne laboratorije za električnu energiju Direkcije za mere i dragocene metale (DMDM).

Cilj bilateralnog poređenja je potvrđivanje najboljih mernih mogućnosti laboratorija za kontrolisanje brojlara električne energije Kontrolnog tela Elektrodistribucije Srbije.

Nacionalna metrološka institucija Srbije (DMDM) je odredila protokol i evaluirala rezultate bilateralnog poređenja. U svrhu artefakta, korišćeno je precizno brojilo aktivne električne energije klase tačnosti 0,2S. Nacionalna laboratorija za električnu energiju DMDM je, kao pilot laboratorija, izvršila merenja na početku i na kraju bilateralnog poređenja, a Kontrolno telo Elektrodistribucije Srbije je pilot laboratoriji dostavilo rezultate merenja i merne nesigurnosti tih rezultata.

Bilateralno poređenje je bilo uspešno i dokazana je ekvivalencija između rezultata merenja i budzeta merne nesigurnosti laboratorija učesnica.

***Ključne reči:** električna energije, poređenje, merna nesigurnost*

SUMMARY

In paper is described the bilateral comparison in the field of electricity meters between the Control body of the Elektrodistribucija Srbije Ltd. (laboratory for controlling electricity meters) and the National Laboratory for Electricity of the Directorate of Measures and Precious Metals (DMDM).

The aim of bilateral comparison was to verify best measurement capability of laboratories for controlling electricity meters of the Control Body of Elektrodistribucija Srbije Ltd.

National Laboratory for Electricity (DMDM) wrote Protocol and evaluated results of bilateral comparison.

For the purpose of the artifact, a precise meter for active electrical energy, class accuracy 0,2S was used.

The National Laboratory for Electricity, as a pilot laboratory, performed measurements at the beginning and end of the bilateral comparison. The control body of Elektrodistribucija Srbije Ltd. submitted its measurement results and measurement uncertainty to the pilot laboratory.

The bilateral comparison was successful and the equivalence between the measurement results and the uncertainty budget of the participating laboratories was proven.

***Key words:** electrical energy, comparison, uncertainty of measurement*

UVOD

Bilateralno poređenje između Kontrolnog tela Elektrodistribucije Srbije i Nacionalne Metrološke Institucije Srbije, realizovano je u skladu sa zahtevima standarda ISO/IEC 17043. Cilj poređenja je bio pokazivanje ekvivalencije rezultata merenja i budžeta merne nesigurnosti laboratorija učesnica poređenja.

Laboratorija za električnu energiju Nacionalne Metrološke Institucije Srbije je bila pilot laboratorija koja je odredila protokol, izvršila merenja na početku i na kraju poređenja i evaluirala rezultate poređenja.

Trofazno brojilo aktivne električne energije klase tačnosti 0,2 S je bilo izabrano za artefakt, a merne tačke su izabrane prema Pravilniku o brojlama aktivne električne energije klase tačnosti 0,2 S („Službeni glasnik RS”, broj 104/16).

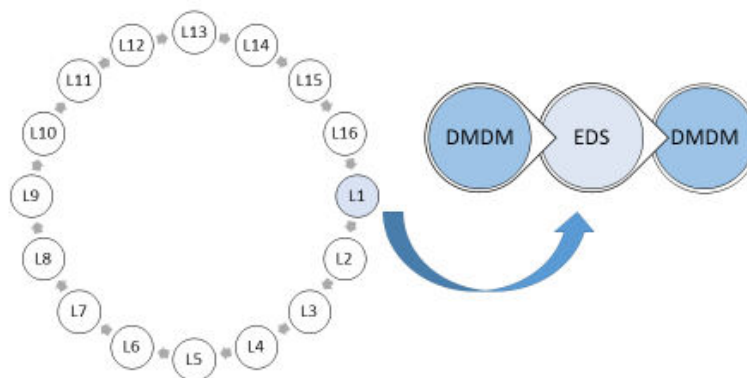
MEĐULABORATORIJSKO POREĐENJE

Bilaterelnom poređenju sa DMDM prethodila je interna PT šema 16 laboratorija za kontrolisanje brojila električne energije u Elektrodistribuciji Srbije, kojom je potvrđena ekvivalentnost metoda merenja i kompetentnost laboratorija za kontrolisanje brojila električne energije Elektrodistribucije Srbije.

U internoj PT šemi, za dogovorenu referentnu vrednost izabrana je jedna od 16 laboratorija za kontrolisanje brojila električne energije u Elektrodistribuciji Srbije, koja je imala ulogu pilot laboratorije u internoj PT šemi. Ista laboratorija za kontrolisanje brojila električne energije u Elektrodistribuciji Srbije je u bilateralnom poređenju sa DMDM bila izabrana za referentnu laboratoriju Kontrolnog tela Elektrodistribucije Srbije.

Šema poređenja prikazana je na slici 1.

Slika 1 Šema poređenja



METODA MERENJA I KORIŠĆENA OPREMA

Tokom izvođenja merenja, referentni uslovi u laboratoriji su bili:

Temperatura sredine: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Relativna vlažnost sredine: 50 % do 60 %.

Artefakt je skladišten u referentnim uslovima 24 časa pre početka merenja.

Korišćena je metoda direktnog poređenja registrovanja električne energije artefaktom sa registrovanjem električne energije etalon brojila, deklarisanosti tačnosti 0,05 % i odgovarajuće pridružene merne nesigurnosti koja je data u Uverenju o etaloniranju, u skladu sa standardom SRPS ISO/IEC 17025. U metodi merenja je korišćen i trofazni izvor napona i struje i računar sa odgovarajućim softverom. Zadavanje i merenje električne energije u zadatim mernim tačkama, definisanim protokolom, vođeno je preko računara.

Pilot laboratorija je u skladu sa zahtevima standarda ISO/IEC 17043 merila na početku i na kraju poređenja i sprovela je evaluaciju rezultata merenja i kriterijum za pozitivnu ocenu.

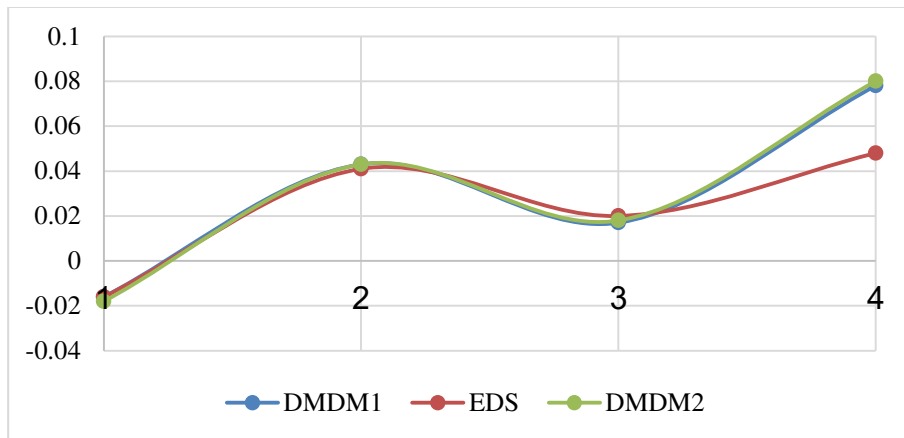
REZULTATI POREĐENJA

Rezultati merenja i merna nesigurnost pilot laboratorije i laboratorije Elektrodistribucije Srbije, dati su u tabeli 1 i na grafikonu 1. Rezultati laboratorije Elektrodistribucije Srbije obeleženi su oznakom ϵ_{EDS} a rezultati DMDM obeleženi su oznakama ϵ_{DMDM1} i ϵ_{DMDM2} , na početku i na kraju poređenja.

Tabela 1 Rezultati bilateralnog poređenja

R.br.	U (V)	I (A)	Faza	$\cos \varphi$	ε_{DMDM1} (%)	U_{DMDM1} (%)	ε_{EDS} (%)	U_{EDS} (%)	ε_{DMDM2} (%)	U_{DMDM2} (%)
1.	3x57/100	5	L1L2L3	1	-0,016	0,018	-0,016	0,07	-0,018	0,018
2.	3x57/100	5	L1L2L3	0,5 ind.	0,043	0,018	0,041	0,06	0,043	0,018
3.	3x57/100	5	L3	1	0,017	0,018	0,020	0,07	0,018	0,018
4.	3x57/100	5	L3	0,5 ind.	0,078	0,018	0,048	0,07	0,080	0,018

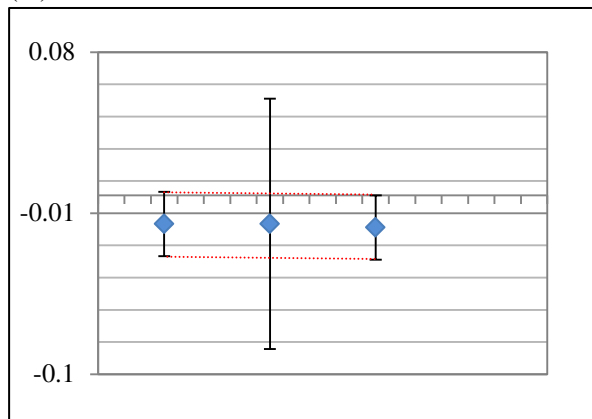
Grafikon 1 Rezultati bilateralnog poređenja



Na grafikonima od 2 do 5 su prikazane izračunate vrednosti za ekvivalentnost za datu mernu tačku.

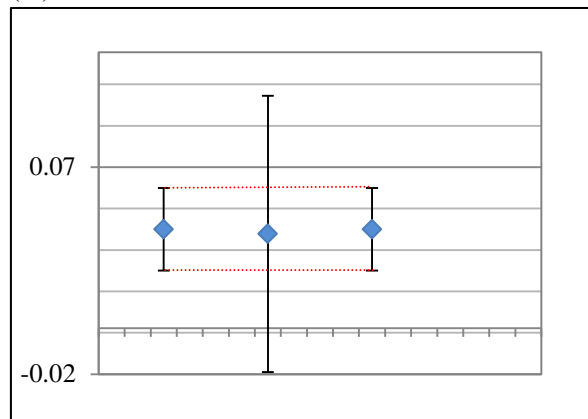
Grafikon 2 Ekvivalentnost za mernu tačku 1

(%)



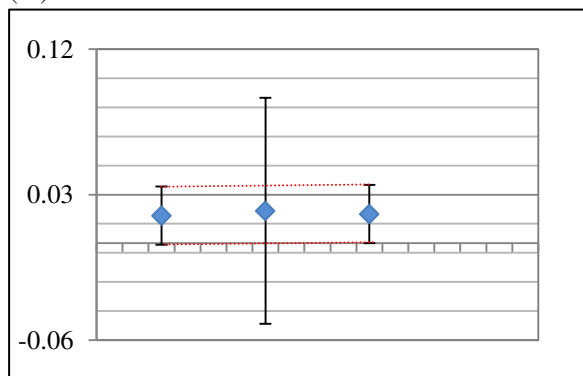
Grafikon 3 Ekvivalentnost za mernu tačku 2

(%)



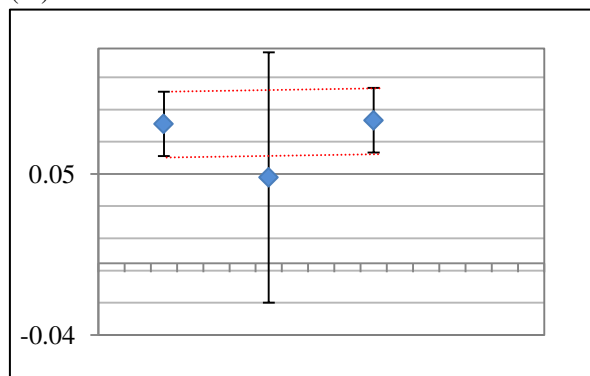
Grafikon 4 Ekvivalentnost za mernu tačku 3

(%)



Grafikon 5 Ekvivalentnost za mernu tačku 4

(%)



Za evaluaciju rezultata i proračun ekvivalentnosti korišćen je E_n broj. Za računanje je primenjena formula:

$$E_n = (\Delta x_{EDS} - \Delta x_{REF}) / \sqrt{(U_{EDS}^2 + U_{REF}^2)} \quad (1)$$

Evaluacija rezultata merenja i proračun vrednosti E_n broja, u odnosu na srednju vrednosti rezultata merenja pilot laboratorije data je u tabeli 2.

Tabela 2 Evaluacija rezultata merenja i proračun vrednosti E_n broja

R.br.	U (V)	I (A)	Faza	$\cos \varphi$	ε_{DMDMSr} (%)	U_{DMDMSr} (%)	ε_{EDS} (%)	U_{EDS} (%)	$ E_n $
1.	3x57/100	5	L1L2L3	1	-0,017	0,018	-0,016	0,07	0,014
2.	3x57/100	5	L1L2L3	0,5 ind.	0,043	0,018	0,041	0,06	0,032
3.	3x57/100	5	L3	1	0,0175	0,018	0,020	0,07	0,035
4.	3x57/100	5	L3	0,5 ind.	0,079	0,018	0,048	0,07	0,429

Laboratorija Elektrodistribucije Srbije je potvrdila svoje deklarisanе merne mogućnosti jer je zadovoljen uslov da apsolutna vrednost E_n broja bude manja ili jednaka jedinici ($|E_n| \leq 1$).

MERNA NESIGURNOST

Merna nesigurnost određena je prema „Uputstvu za izražavanje merne nesigurnosti” [3].

Polazna jednačina izražava odstupanje registrovanja električne energije artefakta od registrovanja električne energije referentnim etalon brojiлом, u procentima e (%).

$$e(\%) = \frac{W_x - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

gde su:

- W_x - energija koju registruje artefakt;
- W_s - energija koju registruje referentno etalon brojilo.

Pojave koje doprinose nesigurnosti mernog rezultata nazivaju se izvorima nesigurnosti. Klasifikacija izvora nesigurnosti na tip A i tip B pokazuje dva različita načina procene komponenata nesigurnosti. Nesigurnosti tip A predstavlja statističku analizu serije merenja, a za nesigurnosti tip B razmatrali smo nesigurnost etalon brojila, kao što su deklarisanа tačnost i pridružena merna nesigurnost.

Kombinovanu standardnu mernu nesigurnost u_c određujemo iz kvadratnog korena kombinovanih varijansi, a proširenu mernu nesigurnost iz jednačine:

$$U = k \cdot u_c(e) \quad (3)$$

gde su:

- U - proširena merna nesigurnost;
- k - faktor prekrivanja/obuhvata i odabira se na osnovu nivoa pouzdanosti;
- u_c - kombinovana merna nesigurnost.

Proširena merna nesigurnost data je kao standardna merna nesigurnost, pomnožena faktorom prekrivanja/obuhvata $k \approx 2$, koji za normalnu raspodelu odgovara verovatnoći prekrivanja/obuhvata približno 95 %.

Primer proračuna budžeta merne nesigurnosti laboratorije Elektrodistribucije Srbije, dat je, u tabeli 3, za mernu tačku 1, u specifičnoj formi budžeta merna nesigurnosti.

Tabela 3 Budžet merne nesigurnosti laboratorije Elektrodistribucije Srbije

Veličina X_i	Procena x_i (%)	Standardna merna nesigurnost $u(x_i)$ (%)	Raspodela verovatnoće / Metoda vrednovanja (A, B)	Koeficijent osetljivosti c_i	Relativni doprinos merne nesigurnosti $c_i u(x_i)$ (%)	Broj stepeni slobode ν_i
e_{sr}	-0,016	0,0175	Normalna / Tip A	1	0,0175	9
δ_E	0	0,028868	Pravougaona / Tip B	1	0,028868	∞
δ_U	0	0,006	Normalna / Tip B	1	0,006	50
$e =$	-0,016					$\nu_{eff} = 133,13$
Комбинована стандардна мерна несигурност						$u_C = 0,034275$
Проширена мерна несигурност (95 % фактор обухвата $k = 1,98$ ($k \approx 2$))						$U = 0,07$

ZAKLJUČAK

Bilateralno poređenje između laboratorije Elektrodistribucije Srbije i nacionalne laboratorije Srbije je bilo uspešno jer je pokazana ekvivalencija rezultata merenja.

Rezultat bilateralnog poređenja je nedvosmislena potvrda kompetentnosti i važan aspekt kontrole kvaliteta rezultata merenja laboratorija Elektrodistribucije Srbije za obezbeđenje prepoznavanja i prihvatanja rezultata merenja, te utvrđivanje i osiguranje poverenja u rezultate merenja.

Dokazana tehnička kompetentnost pruža mogućnost za napredovanje u ostvarivanju još boljih mogućnosti merenja primenom najboljih mernih tehnika i najtačnije merne opreme.

LITERATURA

1. Tehnički protokol DMDM;
2. SRPS ISO/IEC 17043 Ocenjivanje usaglašenosti - Opšti zahtevi za ispitivanje osposobljenosti;
3. EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration;
4. JCGM 100 Guide to the expression of uncertainty in measurement, Evaluation of measurement data;
5. ILAC-G13:08/2007 ILAC Guidelines for the Requirements for the Competence of Providers of Proficiency Testing Schemes;
6. ISO 13528 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison;
7. Jeff C. Gust, Developing a Proficiency Testing Plan for your Laboratory, Vice President Quametec Proficiency Testing Services Columbia City, IN 46725;
8. Henrik, Dr., Nielsen, S., Determining Consensus Values in Interlaboratory Comparisons and Proficiency Testing HN Metrology Consulting, Inc., HN Proficiency Testing, Inc., Indianapolis, Indiana, USA;
9. T. Cincar-Vujović, I. Narančić, D. Radosavljević, Z. Maksimović, P. Deak „Poređenje laboratorija za kontrolisanje brojila električne energije u Elektrodistribuciji Srbije”, XII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije, CIRED, 30.8. do 3.9.2021. Vrnjačka Banja
10. N. Vučijak, T. Cincar-Vujović, D. Horvat, R. Dereta „Bilateralno poređenje etaloniranja brojila električne energije između EIM-Grčka i DMDM-Srbija”, Kongres metrologa 2011, 17.-19.10.2011. Kladovo, Zbornik radova str. 246-252.