

# Međulaboratorijsko poređenje merenja napona smetnji na mrežnim priključcima

Aleksandar M. Kovačević, Nenad Munić, Veljko Nikolić

**Apstrakt**—U radu je prikazano međulaboratorijsko poređenje merenja napona smetnji na mrežnim priključcima. Međulaboratorijsko poređenje su pokrenule i organizovale dve akreditovane laboratorije s ciljem da potvrde svoju tehničku kompetentnost za merenje navedene veličine.

**Ključne reči**—Međulaboratorijsko poređenje; napon smetnji; akreditovane laboratorije.

## I. UVOD

UČEŠĆE akreditovanih laboratorija u međulaboratorijskim poređenjima ili PT šemama je obaveza koja proizilazi iz zahteva standarda SRPS ISO/IEC 17025:2006 [1].

Međulaboratorijska poređenja (MLP) koriste se za utvrđivanje sposobnosti laboratorije za ispitivanje ili etaloniranje. Pri tome, pod pojmom međulaboratorijsko poređenje podrazumeva se organizovanje, izvođenje i vrednovanje ispitivanja/etaloniranja istih ili sličnih predmeta ispitivanja/etaloniranja koje su sprovele dve ili više laboratorija u skladu sa unapred utvrđenim uslovima. Učešće u međulaboratorijskim poređenjima pruža laboratorijama objektivni način za ocenjivanje i prikazivanje pouzdanosti podataka do kojih one dolaze, poređenjem rezultata ispitivanja i merenja [2].

Sprovođenje i učešće u međulaboratorijskim poređenjima, kao i sam učinak laboratorije u istim predstavlja važan dokaz kod ocene tehničke kompetentnosti laboratorije od strane akreditacionih tela [2]. Pri tome, veoma je važno razlikovati vrednovanje kompetentnosti laboratorije ocenom njenog ukupnog rada u odnosu na prethodno utvrđene zahteve, i vrednovanje rezultata učešća laboratorije u međulaboratorijskom poređenju. Naime, MLP se može smatrati samo informacijom o tehničkoj kompetenciji laboratorije za ispitivanje u jednom trenutku, pod specifičnim uslovima nekog ispitivanja (ili za više ispitivanja), u okviru jedne određene šeme.

Međulaboratorijsko poređenje su pokrenule i organizovale dve akreditovane laboratorije, Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost iz Tehničkog opitnog centra (TOC) [3] i Laboratorija za merenje radio frekvencijskih smetnji iz Bezbednosno-informativne agencije (BIA) [4], koje imaju sličan obim akreditacije za oblast, Elektrotehnika,

Aleksandar M. Kovačević, Nenad Munić, Veljko Nikolić – Tehnički opitni centar, Generalštab Vojske Srbije, Vojvode Stepe 445, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: aleksandarkovacevic1962@yahoo.com).

Elektromagnetska kompatibilnost (EMC), a radi ispunjenja zahteva iz standarda SRPS ISO/IEC 17025:2006 [1]. Zbog svega navedenog, Tehnički opitni centar (TOC) [3], specijalizovana vojno naučnoistraživačka ustanova, izradila je Protokol PT-EMC-2-2012 [5]. Na osnovu Protokola, kao i standarda SRPS ISO/IEC 17025:2006 [1] i SRPS ISO/IEC 17043:2011 [6], planirano je i realizovano međulaboratorijsko poređenje merenjem napona smetnji na mrežnim priključcima prema standardu SRPS EN 55014-1:2010/A2:2012 [7, 8].

Cilj međulaboratorijskog poređenja je da se, na osnovu analize dobijenih rezultata prema zadatim kriterijumima, za svaku od laboratorija učesnica, utvrdi prihvatljivost rezultata, i, na taj način, potvrdi tehnička kompetentnost laboratorija za merenje određene veličine (napona smetnji na mrežnim priključcima).

## II. USLOVI MEĐULABORATORIJSKOG POREĐENJA

Međulaboratorijsko poređenje je obavljeno ispitivanjem poznatog (referentnog) uzorka koji daje signal stabilne frekvencije i stabilne amplitude (nivoa), čime se obezbeđuje ponovljivost merenja u obe laboratorije i mogućnost egzaktnog poređenja rezultata merenja obe laboratorije, kao što je prikazano na Sl. 1.



Sl. 1. Merenje napona smetnji na mrežnom priključku.

Pri tome, predmet međulaboratorijskog poređenja (MLP) je bio signal generator, proizvođača HEWLETT PACKARD, tip HP 8656B, serijski broj 2819U04947 (videti Sl. 1).

Laboratorije učesnice međulaboratorijskog poređenja: Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost iz Tehničkog opitnog centra (LAB1) i Laboratorija za merenje radio frekvencijskih smetnji iz Bezbednosno-informativne agencije (LAB2), za ispitivanje elektromagnetskih

karakteristika poznatog uzorka koristile su sledeću metodu: merenje napona smetnji (kondukciona emisija) na mrežnim priključcima prema standardu SRPS EN 55014-1:2010/A2:2012 [7, 8]. Merenje napona smetnji je vršeno u 3 frekvencijska podopsega iz mernog opsega koji propisuje navedeni standard, i to: 150 kHz - 500 kHz, 500 kHz - 5 MHz i 5 MHz - 30 MHz.

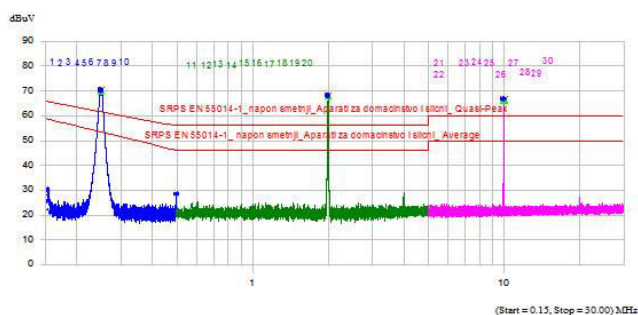
Na ulaz ekvivalentne mreže (LISN), iz signal generatora doveden je sinusni signal frekvencija 250 kHz (za podopseg 150 kHz - 500 kHz), 2 MHz (za podopseg 500 kHz - 5 MHz) i 10 MHz (za podopseg 5 MHz - 30 MHz), respektivno, nivoa 70 dBμV (videti Sl. 2), pri čemu je merenje ponavljano 10 puta za svaku frekvenciju. U okviru svakog merenja, izvršeno je 3 puta prebrisavanje frekvencijskog podopsega, pri čemu je kao rezultat merenja uzimana najveća vrednost.

Merenja su vršena sa sva 3 detektora analizatora spektra (vršni – Pk, kvazivršni – QP, detektor srednje vrednosti – AVG).



Sl. 2. Zadana vrednost na signal generatoru HP 8656B.

Rezultati merenja napona smetnji na mrežnim priključcima u LAB1 prikazani su na Sl. 3.



Sl. 3. Rezultati merenja napona smetnji na mrežnim priključcima.

Za navedena merenja korišćena su sledeća merna sredstva i oprema:

- Signal generator hp 8656B, „HEWLETT PACKARD“, od 100 kHz do 990 MHz, ser.br. 2819U04947,
- Analizator spektra E7402A, „AGILENT“, od 100 Hz do 3 GHz, ser. br. MY45119726,
- Ekvivalentna mreža R&S ENV216, „ROHDE

SCHWARZ“, ser. br. 100278,

- Stoni računar ASUS sa aplikacijom za automatizaciju merenja (EMC Measurement Application E7415A). Pri tome, karakteristike merne opreme zadovoljavaju propisane standarde [9, 10].

Uslovi okoline:

- temperatura okoline: 23 °C ± 2 °C,
- relativna vlažnost vazduha: 50 % ± 15 %.

### III. KRITERIJUMI MEĐULABORATORIJSKOG POREĐENJA

Kao kriterijum za ocenu rezultata međulaboratorijskog poređenja, uzevši u obzir specifičnosti ovog poređenja, usvojen je  $E_n$  broj. Kako su samo dve laboratorije učestvovalе u MLP i nije bilo moguće odrediti prihvatljivu dodeljenu (referentnu) vrednost  $X$ , formula za  $E_n$  je modifikovana [11, 12]. Kao dodeljena vrednost  $X$ , praktično su uzete izmerene vrednosti jedne od laboratorija učesnica. Poređenje je vršeno na osnovu izmerenih rezultata dve laboratorije, a rezultati jedne laboratorije su uzeti za dodeljenu vrednost.

$E_n$  broj treba da pokaže da li izmerena vrednost laboratorije značajno odstupa od vrednosti druge laboratorije, tj. od dodeljene vrednosti, uzimajući u obzir mernu nesigurnost oba rezultata, odnosno da li je razlika u rezultatima veća od kombinovane proširene merne nesigurnosti oba rezultata.

$E_n$  broj se izračunava na sledeći način [11, 12]:

$$E_n = \frac{X_{lab1} - X_{lab2}}{\sqrt{U_{lab1}^2 + U_{lab2}^2}} \quad (1)$$

gde su:

$X_{lab1}$  – izmereni nivo napona smetnji (dBμV) u LAB1,

$X_{lab2}$  – izmereni nivo napona smetnji (dBμV) u LAB2,

$U_{lab1}$  – proširena merna nesigurnost (faktor proširenja ili prekrivanja  $k = 2$ ) u LAB1,

$U_{lab2}$  – proširena merna nesigurnost ( $k = 2$ ) u LAB2.

Pri tome, merna nesigurnost je izračunata i prikazana u skladu sa smernicama datim u [13]. Vrednost  $E_n$  broja treba tumačiti na sledeći način:

$$|E_n| \leq 1 \text{ – zadovoljavajući (prihvatljiv) rezultat,}$$

$$|E_n| > 1 \text{ – nezadovoljavajući (neprihvatljiv) rezultat.}$$

### IV. REZULTATI MEĐULABORATORIJSKOG POREĐENJA

Rezultati međulaboratorijskog poređenja, za napon smetnji (kondukciona emisija) na mrežnim priključcima, dati su u Tabeli 1, odnosno prikazani na Dijagramu 1 (videti Sl. 4). Kao što se može videti u Tabeli 1 i Dijagramu 1, vrednost  $E_n$  broja za LAB1 i LAB2 je ista, ali je suprotnog znaka, tako da je prema (1) razmatrana samo jedna vrednost  $E_n$ .

Rezultati ispitivanja elektromagnetskih karakteristika poznatog (referentnog) uzorka, merenja napona smetnji

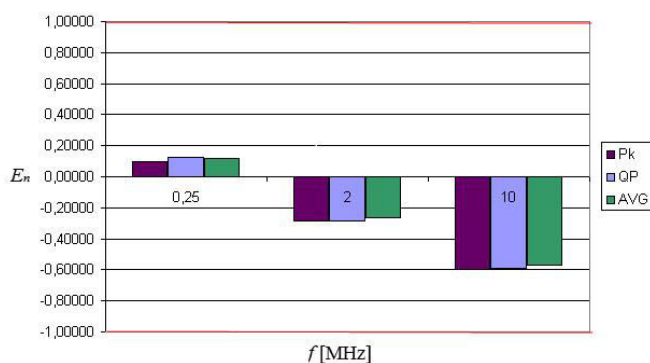
(kondukcionalna emisija) na mrežnim priključcima, u međulaboratorijskom poređenju, pokazali su da je dobijena vrednost  $E_n$  broja od 0,09619 do -0,59620 (videti Tabelu 1 i Dijagram 1). Kako su sve dobijene vrednosti  $|E_n| \leq 1$ , to ukazuje da su rezultati merenja obe laboratorije prihvatljivi i da nisu potrebne korektivne mere.

TABELA I  
VREDNOSTI  $E_n$  BROJA ZA NAPON SMETNJI NA MREŽNIM  
PRIKLJUČCIMA

$f$ [MHz]	Detektor	$X_{lab1}$ [dB $\mu$ V]	$U_{lab1}$ [dB]	$X_{lab2}$ [dB $\mu$ V]	$U_{lab2}$ [dB]	$E_n$
0,25	Pk	70,08046	4,17233	69,54874	3,62635	0,09619
	QP	70,14858	4,17499	69,44279	3,62606	0,12763
	AVG	70,09398	4,17232	69,44279	3,62606	0,11780
2	Pk	68,01505	4,17233	69,57990	3,62635	-0,28308
	QP	68,00585	4,17499	69,58220	3,62606	-0,28506
	AVG	68,03034	4,17232	69,50060	3,62606	-0,26598
10	Pk	66,47030	4,17233	69,76610	3,62635	-0,59620
	QP	66,46459	4,17499	69,73140	3,62606	-0,59076
	AVG	66,48970	4,17232	69,65110	3,62606	-0,57191

Treba napomenuti, procena merne nesigurnosti je vršena na osnovu podataka iz proizvođačke specifikacije i kalibracionih sertifikata.

Iz Tabele I, može se videti da proširena merna nesigurnost  $U_{lab1}$  iznosi 4,17 dB za napon smetnji (kondukcionalna emisija) na mrežnim priključcima, odnosno proširena merna nesigurnost  $U_{lab2}$  iznosi 3,62 dB. Pri tome, preporučena vrednost za proširenu mernu nesigurnost  $U_{CISPR}$ , za kondukcionalnu emisiju, u frekvencijskom opsegu od 150 kHz do 30 MHz, iznosi 3,44 dB [14].



Sl. 4. Dijagram 1: Grafički prikaz vrednosti  $E_n$  broja za napon smetnji na mrežnim priključcima.

## V. ZAKLJUČAK

Međulaboratorijsko poređenje (MLP) koristi se za utvrđivanje sposobnosti laboratorije za ispitivanje (ili etaloniranje) korisnicima usluga, Akreditacionom telu Srbije (ATS) i drugim zainteresovanim stranama. Veoma je važno razlikovati vrednovanje kompetentnosti laboratorije ocenom njenog ukupnog rada u odnosu na prethodno utvrđene zahteve, i vrednovanje rezultata učešća laboratorije u

međulaboratorijskom poređenju. Pri tome, MLP se može smatrati samo informacijom o tehničkoj kompetenciji laboratorije za ispitivanje u jednom trenutku, pod specifičnim uslovima nekog ispitivanja (ili za više ispitivanja), u okviru jedne određene šeme.

Međulaboratorijsko poređenje su pokrenule i organizovale dve akreditovane laboratorije, Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost iz Tehničkog opitnog centra i Laboratorija za merenje radio frekvencijskih smetnji iz Bezbednosno-informativne agencije. Cilj međulaboratorijskog poređenja je da se, na osnovu analize dobijenih rezultata prema zadatim kriterijumima, za svaku od laboratorija učesnica, utvrdi prihvatljivost rezultata, i, na taj način, potvrdi tehnička kompetentnost laboratorija za merenje napona smetnji na mrežnim priključcima prema standardu SRPS EN 55014-1:2010/A2:2012.

Kako se dobijene vrednosti  $E_n$  broja kreću od 0,09619 do -0,59620, (zadovoljen kriterijum  $|E_n| \leq 1$ ), to ukazuje da su rezultati merenja obe laboratorije prihvatljivi i da nisu potrebne korektivne mere.

## ZAHVALNICA

Želeli bi da se zahvalimo Danijeli Dobrosavljević na obradi rezultata.

## LITERATURA

- [1] *Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje*, SRPS ISO/IEC 17025, ISS, 2006.
- [2] *Pravila o učešću u međulaboratorijskim poređenjima i programima za ispitivanje osposobljenosti*, Interni document ATS-PA02, ATS, 2011.
- [3] <http://www.toc.vs.rs>.
- [4] <http://www.bia.rs>.
- [5] *Protokol PT-EMC-2-2012*, Interni dokument, TOC, 2012.
- [6] *Ocenjivanje usaglašenosti - Opšti zahtevi za ispitivanje osposobljenosti*, SRPS ISO/IEC 17043, ISS, 2011.
- [7] *Elektromagnetska kompatibilnost - Zahtevi za aparate za domaćinstvo, električne alate i slične uređaje - Deo 1 : Emisija*, SRPS EN 55014-1, ISS, 2010.
- [8] *Elektromagnetska kompatibilnost - Zahtevi za aparate za domaćinstvo, električne alate i slične uređaje - Deo 1 : Emisija - Izmena 2*, SRPS EN 55014-1/A2, ISS, 2012.
- [9] *Specifikacija aparata i metoda za merenje radio-smetnji i imunosti - Deo 1-1: Aparati za merenje radio-smetnji i imunosti - Merni aparati*, SRPS EN 55016-1-1:2011/A1:2012/A2:2015, ISS.
- [10] *Specifikacija aparata i metoda za merenje radio-smetnji i imunosti - Deo 1-2: Aparati za merenje radio-smetnji i imunosti - Sprežni uređaji za merenje kondukcionalnih smetnji*, SRPS EN 55016-1-2: 2014, ISS.
- [11] L. Brunetti, Y. Shan, L. Oberto, C.W. Chua, M. Sellone, P. Terzi, "High frequency comparison with thermoelectric power sensors between INRIM and NMC", *Measurement*, 45, 4, pp. 1180-1187, February, 2012.
- [12] *Interlaboratory Comparisons*, EA-02/03 Guide, EAL. <<http://www.european-accreditation.org>>.
- [13] *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*, EA-04/02 Guide, EAL. <<http://www.european-accreditation.org>>.
- [14] L. Brunetti, L. Oberto, M. Sellone, "Alternative power standard realization at radio frequency", XIX IMEKO World Congress, Lisbon, Portugal, September, 2009.
- [15] *Specifikacija aparata i metoda za merenje radio-smetnji i imunosti-Deo 4-2: Nepouzdanosti, statistike i modeliranje granica - Merna nepouzdanost instrumenata*, SRPS EN 55016-4-2:2013/A1:2014, ISS.

## ABSTRACT

This paper presents an interlaboratory comparison of the terminal disturbance voltage measurement. The interlaboratory comparison are initiated and organized by two accredited laboratories with the goal of confirming their technical competence for measurement of the specified quantity.

## **Interlaboratory comparison of the terminal disturbance voltage measurement**

Aleksandar M. Kovačević, Nenad Munić, Veljko Nikolić