

Ponovljivost rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji

Aleksandar M. Kovačević, Nenad Munić

Apstrakt—Ponovljivost rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji, tokom vremena, na jednom uređaju informacione tehnologije, treba da omogući donošenje konačne odluke o usaglašenosti uređaja. Istovremeno, ponovljivost rezultata navedenih merenja treba da omogući akreditovanoj laboratoriji da preispita svoje rezultate ispitivanja radi obezbeđenja njihove validnosti.

Ključne reči—Validnost; ponovljivost; merenje; električno polje smetnji.

I. UVOD

ELEKTRONSKA oprema se danas smatra kritičnim projektnim elementom sredstava i sistema naoružanja i vojne opreme (NVO). Pri tome, savremene telekomunikacione uređaje karakteriše s jedne strane velika snaga ultraširokopojasnih predajnika, a sa druge strane osetljivost prijemnika [1]. Pored toga, tome doprinosi i veoma brz razvoj informatičke tehnike, tako da postaje sasvim jasno da ispravan rad svakog uređaja ponaosob i svih zajedno nije moguć bez analize međusobnih elektromagnetskih uticaja.

U Tehničkom opitnom centru [2], specijalizovanoj vojnoj naučnoistraživačkoj ustanovi, u okviru Odeljenja za elektromagnetsku kompatibilnost i uticaje okoline, već više decenija se obavljaju ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti (EMC) sredstava i sistema NVO prema standardima posebne namene (Standardi odbrane Republike Srbije – SORS) [3-5]. Takođe, za potrebe ispitivanja se koriste i drugi vojni standardi od kojih je najpoznatiji MIL-STD-461 [6].

Pored toga, Odeljenje za elektromagnetsku kompatibilnost i uticaje okoline je akreditovano u oblasti ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti (u daljem tekstu Odeljenje za EMC i uticaje okoline), pa je u obavezi da u sklopu obezbeđenja validnosti rezultata ispitivanja redovno vrši sledeće aktivnosti: funkcionalnu proveru merne opreme i opreme za ispitivanje, međuprovere ključne merne opreme, ponavljanje ispitivanja korišćenjem istih metoda i sl. [7].

Veliki broj ponavljanja ispitivanja karakteristika EMC nije uvek moguć, ali u nekim situacijama može biti opravdan (npr. kada se izmerena vrednost menja i po frekvenciji i po

amplitudi), jer se nakon navedenih ispitivanja treba da donese odluka o usaglašenosti uređaja [8].

U ovom radu je prikazano ponavljanje merenja nivoa električnog polja EM smetnji na jednom sredstvu NVO (uređaj informacione tehnologije), tokom vremena, radi donošenja konačne odluke o usaglašenosti uređaja (usvajanje uređaja u naoružanje Vojske). Istovremeno, navedeno ponavljanje je omogućilo akreditovanoj laboratoriji da preispita rezultate svojih ispitivanja radi njihove validnosti [7]. Merenja nivoa električnog polja EM smetnji su obavljena na jednom uređaju informacione tehnologije (u daljem tekstu IT uređaj) prema standardima SORS 1029/89 i SORS 1762/89 [3, 4].

II. USLOVI ISPITIVANJA

Merenja nivoa električnog polja EM smetnji su obavljena na jednom IT uređaju prema standardima [3, 4]. IT uređaj predstavlja laptop računar i robustan (eng. rugged) AC/DC adapter za napajanje iz izvora naizmjenične struje.

Ispitivanje je izvršeno u opsegu od 30 MHz do 300 MHz, sa odgovarajućom prijemnom antenom (bikonusna antena), koja je postavljena na rastojanje 1 m od IT uređaja, na visini 1,2 m od poda Faradejevog kaveza. IT uređaj je postavljen na sto, visine 80 cm, i priključen AC/DC adapterom, preko ekvivalentne mreže i razdvojnog transformatora, na mrežu za napajanje. Pri tome, drveni sto je bio dimenzija: dužina 1 m, širina 1 m i visina 0,8 m, na kome se nalazi referentna provodna ploča (od bakra), dužine 2,6 m i širine 1 m (površina ploče 2,6 m²), pri čemu je ploča savijena pod pravim uglovima na dva mesta (Sl. 1).



Sl. 1. Ispitivanje nivoa električnog polja EM smetnji.

Aleksandar M. Kovačević – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: aleksandar.kovacevic@ftn.kg.ac.rs). Nenad Munić – Tehnički opitni centar, Generalštab Vojske Srbije, Vojvode Stepe 445, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: nenadmunic@yahoo.com).

Robustni adapter i kabl su odvojeni od provodne površine izolacionom podlogom dimenzija 1,8 m x 0,5 m, debljine 3 cm, koja je postavljena iza uređaja na rastojanju od 15 cm. Rastojanje između ekvivalentne mreže i IT uređaja je iznosilo 60 cm. Na uređaju je emitovano više paralelnih multimedijalnih sadržaja.

Pre početka merenja nivoa električnog polja EM smetnji izvršena je kontrola smetnji okoline kada je IT uređaj isključen (nivo smetnji ambijenta).

Merenje električnog polja EM smetnji vrši se tako što se mernim prijemnikom (meračem polja) pretraži zadati frekvencijski opseg, i merenje obavi na najmanje 3 frekvencije po oktavi na kojima je nivo EM smetnji najveći. Pri tome, beleži se najveća vrednost električnog napona. Pored toga, merenja treba obaviti i na kritičnim frekvencijama za ispitivano sredstvo (npr. frekvencija lokalnog oscilatora, međufrekvencija itd.) [4]. U ovom slučaju, korišćen je vršni – Pk (eng. Peak) detektor analizatora spektra.

Za navedena merenja korišćena su sledeća merna sredstva i oprema:

- EMC analizator spektra E7402A, Agilent, od 100 Hz do 3 GHz;
- Bikonusna antena SAS-542, A.H. Systems, od 20 MHz do 330 MHz;
- Ekvivalentna V-mreža ENV216, R&S;
- Stoni računar ASUS sa aplikacijom za automatizaciju merenja (EMC Measurement Application E7415A);
- RF limiter 11867A, Agilent;
- Razdvojni transformator MA 4801, ISKRA;
- Kabl RG-214/U.

Pre početka ispitivanja je konstatovano da je navedena merna oprema metrološki ispravna jer ima prihvatljivu metrološku sledivost, koju prate dokumenta o pregledu, odnosno isprave o usaglašenosti merne opreme sa propisanim zahtevima, a u skladu sa Pravilnikom o metrološkoj delatnosti u oblasti odbrane [9].

Uslovi okoline:

- temperatura okoline: $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,
- relativna vlažnost vazduha: $50\% \pm 15\%$.

III. KRITERIJUM ZA OCENU REZULTATA MERENJA

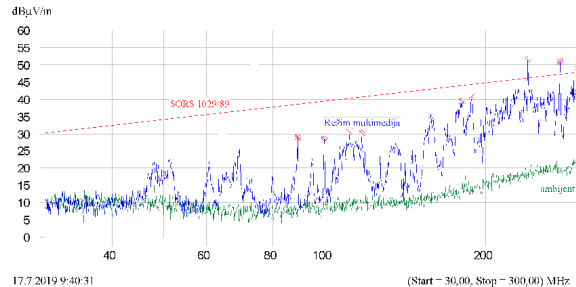
Nivo električnog polja EM smetnji u zadatom frekvencijskom opsegu treba da bude manji od graničnih vrednosti [3]. S obzirom da IT uređaj nije ispunio zahteve standarda u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 300 MHz, nakon nekoliko meseci je izvršeno ponavljanje merenja na istom uređaju. Naime, ponavljanje merenja nivoa električnog polja EM smetnji na istom IT uređaju, trebalo je da omogućiti donošenje konačne odluke o usaglašenosti uređaja (usvajanje uređaja u naoružanje Vojske).

Pri tome, razmatrane su one frekvencije na kojima je nivo električnog polja EM smetnji bio iznad graničnih vrednosti. Kao kriterijum za ocenu rezultata merenja je uzeto da razlika u dobijenim vrednostima između ta dva merenja bude u granicama merne nesigurnosti U_m – proširena merna

nesigurnost merenja nivoa električnog polja EM smetnji (za faktor proširenja ili prekrivanja $k = 2$).

IV. REZULTATI MERENJA

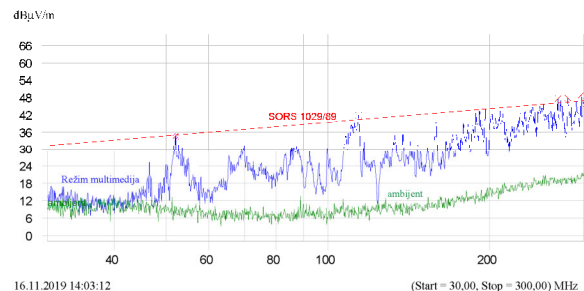
Grafički prikaz rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji (rezultati I) je dat na Sl. 2.



Sl. 2. Grafički prikaz rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji (rezultati I).

Na osnovu Sl. 2 može se konstatovati da IT uređaj, u režimu multimedija, generiše električno polje EM smetnji iznad dozvoljene granične vrednosti [3], i to na 3 frekvencije: 255 MHz, 272 MHz i 298 MHz. Pri tome, maksimalno premašenje iznosi 5 dB (na frekvenciji od 255 MHz).

Nakon nekoliko meseci, izvršeno je ponavljanje merenja na istom uređaju u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 300 MHz. Grafički prikaz rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji (rezultati II) je dat na Sl. 3.



Sl. 3. Grafički prikaz rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji (rezultati II).

Na osnovu Sl. 3 može se konstatovati da IT uređaj, u režimu multimedija, generiše električno polje EM smetnji iznad dozvoljene granične vrednosti [3], i to na 5 frekvencija: 55 MHz, 120 MHz, 260 MHz, 270 MHz i 295 MHz. Pri tome, maksimalno premašenje iznosi 2 dB (na frekvenciji od 295 MHz).

Proširena merna nesigurnost, U_m , za merenje nivoa električnog polja EM smetnji ($k = 2$), kada se za merenje koristi bikonusna antena, iznosi 5,3 dB i u skladu je sa preporukama standarda CISPR 16-4-2:2018 [10]. Pri tome, obračun merne nesigurnosti za električno polje EM smetnji

dat je detaljno u internoj Proceduri za određivanje merne nesigurnosti kod ispitivanja EMC [11].

Na osnovu dobijenih rezultata (Sl.2 i Sl.3) i postavljenog kriterijuma, konstatovana je ponovljivost rezultata ispitivanja, odnosno ponovljivost smetnji na približno istim frekvencijama. Razlog manjih odstupanja, može biti razlika u napunjenosti baterije IT uređaja, odnosno struji punjenja u trenutku ispitivanja. Pored toga, utvrđeno je da je razlika u dobijenim vrednostima u granicama merne nesigurnosti, tako da je obezbeđena validnost rezultata merenja.

V. ZAKLJUČAK

U Tehničkom opitnom centru, specijalizovanoj vojnoj naučnoistraživačkoj ustanovi, u okviru Odeljenja za elektromagnetsku kompatibilnost i uticaje okoline, već više decenija se obavljaju ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti (EMC) sredstava i sistema NVO prema standardima posebne namene (SORS).

Kako je Odeljenje za EMC i uticaje okoline akreditovano u oblasti ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti, u obavezi je da u sklopu obezbeđenja validnosti rezultata ispitivanja redovno vrši funkcionalnu proveru merne opreme i opreme za ispitivanje, međuprovere ključne merne opreme, ponavljanje ispitivanja korišćenjem istih metoda i sl.

U ovom radu je prikazano ponavljanje merenja nivoa električnog polja EM smetnji, u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 300 MHz, na jednom IT uređaju (sredstvo vojne opreme), tokom vremena, radi donošenja konačne odluke o usaglašenosti uređaja (usvajanje uređaja u naoružanje Vojske). Pri tome, navedeno ponavljanje je omogućilo akreditovanoj laboratoriji da preispita rezultate svojih ispitivanja radi njihove validnosti.

Na osnovu dobijenih rezultata, konstatovana je ponovljivost rezultata ispitivanja na približno istim frekvencijama. Razlog manjih odstupanja, može biti razlika u napunjenosti baterije IT uređaja, odnosno struji punjenja u trenutku ispitivanja. Pored toga, utvrđeno je da je razlika u dobijenim vrednostima

u granicama merne nesigurnosti, tako da je obezbeđena validnost rezultata merenja.

LITERATURA

- [1] C.R. Paul, *Introduction to Electromagnetic Compatibility*, second ed., Wiley, New York, 2006.
- [2] <http://www.toc.vs.rs>.
- [3] *Elektromagnetske smetnje, ZAHTEVI*, SORS 1029/89, Biro za standardizaciju i metrologiju u JNA, 1989.
- [4] *Elektromagnetske smetnje, MERENJA*, SORS 1762/89, Biro za standardizaciju i metrologiju u JNA, 1989.
- [5] *Elektromagnetska kompatibilnost*, SORS 4077/89, Biro za standardizaciju i metrologiju u JNA, 1989.
- [6] *Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment*, MIL-STD-461F, Department of Defense, USA, 2007.
- [7] *Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje*, SRPS ISO/IEC 17025, ISS, 2017.
- [8] A. Kovačević, V. Jokić, P. Osmokrović, "Utvrđivanje usaglašenosti pri merenju smetnji provođenja kada meri prijemnik pokazuje promenljive vrednosti koje su bliske granici", Zbornik radova 55. konferencije ETRAN-a, Banja Vrućica, Teslić, str. ML1.1-1-4, 6-9.06.2011.
- [9] *Pravilnik o metrološkoj delatnosti u oblasti odbrane*, Službeni vojni list br. 19, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, 2018.
- [10] *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modeling – Measurement instrumentation uncertainty*, CISPR 16-4-2, IEC, 2018.
- [11] *Procedura za određivanje merne nesigurnosti kod ispitivanja EMC*, Interni dokument, TOC, 2018.

ABSTRACT

The repeatability of EM interference electric field level measurement results, over time, on an information technology device, should enable a final decision on the conformity of the device. At the same time, the repeatability of the results of these measurements should allow the accredited laboratory to review its test results to ensure their validity.

Repeatability of EM interference electric field level measurement results

Aleksandar M. Kovačević, Nenad Munić