

Mjerenje elektromagnetskog zračenja: Analizator spektra vs. dozimetar

Darko S. Šuka
Elektrotehnički fakultet
Istočno Sarajevo,
Republika Srpska, BiH
darko.suka@etf.unssa.rs.ba

Petar S. Međedović
Ministarstvo za ekonomske odnose i
regionalnu saradnju u vladi RS,
Republika Srpska, BiH
p.medjedovic@meoi.vladars.rs.net

Mirjana I. Simić
Elektrotehnički fakultet u Beogradu,
Republika Srbija
mira@etf.rs

Sadržaj — Cilj rada je da predstavi mjerne mogućnosti uređaja za mjerenje parametara elektromagnetskog zračenja RF izvora iz nejonizujućeg dijela EM spektra. Prikazana su dva različita postojeća mjerna sistema. Prenosivi analizatori spektra su izabrani kao polazna osnova. Predložena su višestruka proširenja analizatora spektra, a u radu su implementirana samo ona softverske prirode. U zavisnosti od snimljenih podataka za gustinu snage ili jačinu električnog polja, u radu su prikazani rezultati mjerenja na mjernoj lokaciji u *outdoor* urbanom okruženju. Posebna pažnja je posvećena jačini električnog polja, jer je ovu veličinu bilo najlakše mjeriti upotrebom odgovarajuće mjerne opreme. U fokusu je i gustina snage EM polja, jer se ovaj parametar u literaturi i standardima najčešće koristi kao najpogodniji pokazatelj izloženosti populacije EM zračenju.

Ključne reči — Analizator spektra, dozimetar, RF zračenje

I. UVOD

Interesovanja o dozimetrima zračenja značajno su povećana u poslednjih nekoliko godina imajući u vidu da je, usljed naglog tehnološkog razvoja u oblasti radiosistema, elektromagnetska interferencija sve izraženija u okruženjima u kojima borave ljudi. Dok sa jedne strane stanovništvo postaje sve zabrinutije zbog povećanja EM emisije u svom okruženju [1], Vlade država se smatraju odgovornim za regulisanje emitovane snage kojih se „bežična industrija“ mora pridržavati u cilju zaštite stanovništva, [2]. Sve ovo povećava potrebu za relativno jeftinim uređajima sposobnim za davanje tačnih informacija o stvarnoj gustini emitovane snage od strane izvora EM emisije [3]. Cilj ovog rada je da predstavi jeftine, prenosive, frekventno-podesive uređaje za mjerenje RF zračenja, te da uporedi rezultate mjerenja dobijene pomoću nekih od njih. Opisane su dvije vrste prenosivih instrumenata, lični mjerači izloženosti (dozimetri) i analizatori spektra, sa odgovarajućim prednostima i nedostacima. Prenosivi analizator spektra je uzet kao polazna osnova, te mu je proširena upotreba u svrhu postizanja zadatih ciljeva.

II. POSTOJEĆI MJERNI SISTEMI

Za dozimetrijska mjerenja jačine električnog polja i gustine snage dostupna su bila dva uređaja za mjerenje opisana u nastavku. Prvi uređaj je lični mjerač izloženosti PEM (*Personal Exposure Meters*) ili dozimetar. Dozimetri su lagani i prenosivi uređaji koji se koriste za procjenu izlaganja stanovništva EM poljima u svakodnevnom okruženju, a koji obično daju ukupnu vrijednost polja u širokom opsegu, na primjer, u rasponu od 10MHz do 4GHz (neki čak i do 6GHz). Po završetku mjerenja podatke sa dozimetra je moguće prebaciti na računar i različitim statističkim procjenama i korelacijama analizirati izlaganje ljudskog tijela na različitim mjestima i od strane različitih RF izvora. Glavne prednosti mjerenja sa ovim uređajima su jednostavna upotreba i velika količina podataka o ličnoj izloženosti, kreiranje vremenskog profila individualne izloženosti, mogućnost dugotrajnog snimanja, te relativno laka obrada podataka. Međutim, postoje i nedostaci, a to su interakcija ljudskog tijela i samog uređaja, što dovodi do uticaja na mjerenje jačine električnog polja (dozimetar se nalazi u sjeni tijela). Takođe, prag detektovanja signala je relativno visok u poređenju sa vrijednostima iz svakodnevnog života. Njihova upotreba je ograničena i zbog nedostatka informacija o frekvenciji. Nijedan od njih nema mogućnost podešavanja frekventnog opsega.



Slika 1. (a) Nardalert XT; (b) NBM – 550, Narda-STS



Slika 2. EME SPY 140, Satimo

Jedino se može izmjeriti ukupna jačina polja ili gustina snage u unaprijed definisanim frekventnim opsezima. Neki napredniji modeli mogu prikazati ukupnu jačinu polja ili gustinu snage u funkciji vremena. Tipični primjeri dozimetara su *Nardalert XT* i *NBM-550* proizvođača *Narda STS*, Sl. 1.

EME Spy 140 proizvođača *Satimo* (ex. *Antennessa*) je lagani prenosivi izotropski dozimetar koji kontinuirano i selektivno mjeri nivo izloženosti ljudskog tijela EM polju u 14 različitih frekventnih opsega od 88 MHz do 5850 MHz, Sl. 2. Uređaj ima mogućnost da razdvaja doprinose signala različitih frekventnih opsega. Mjerni opseg uređaja iznosi 5 mV-5 V. Aksijalna izotropija varira od ± 0.5 do ± 2.5 dB, u zavisnosti od frekventnog opsega, [4]. Softver *EME Spy Analysis V3* isporučen sa uređajem omogućuje obradu podataka i podešavanje različite konfiguracije dozimetra. Uređaj nema ekran i potrebno je da bude konfigurisan na računaru. Stoga, predstavlja skupo rješenje, bez mogućnosti promjene frekventnih opsega. Druga kategorija uređaja koji se koriste za mjerenje gustine snage, električnog ili magnetskog polja su sistemi koji se kontrolišu pomoću računara. Generalno, ovi sistemi se sastoje od visokokvalitetnih omnidirekcionih električnih ili magnetskih sondi u kombinaciji sa mikroprocesorima. Ovi sistemi su prilično skupi, ali nisu prenosivi, te stoga ovde neće biti detaljnije analizirani. Posljednja vrsta mjernih uređaja su analizatori spektra (AS). Na tržištu uglavnom dominiraju poznatije kompanije kao što su *Agilent*, *Rohde&Schwarz* i *Anritsu*. Oni proizvode kvalitetne i pouzdane AS za profesionalnu upotrebu kao što je AS *FSH3* kompanije *Rohde&Schwarz*, Sl. 3. Nedostatak ovakvih AS je da su relativno skupi, a nijedan od njih nema mogućnost mjerenja ukupne snage u podesivom frekventnom opsegu. Samo jedan AS iz *Narda-STS* ima ugrađenu ovu opciju. Naime, *AS SRM-300*, proizveden od strane *Narda-STS*, nudi mogućnost da se izmjeri ukupna snaga u podesivom frekventnom opsegu, Sl. 3. Međutim, pošto se ovaj rad fokusira na jeftinija rješenja, ovaj uređaj nije detaljnije predstavljen kao jedna od opcija. Tipičan primjer ručnog profesionalnog AS je i model *MS2711 Anritsu*, Sl. 4.



Slika 3. (a) AS FSH3, Rohde&Schwarz; (b) AS SRM-300, Narda-STS



Slika 4. AS MS2711, Anritsu



Slika 5. (a) Spectran HF-4040; (b) HyperLOG 7040, Aaronia

Nedavno se pojavila i nova klasa ručnih AS, koji su jeftini i prenosivi, te su pogodni i za druge vrste aplikacija. Niža cijena rezultuje smanjenom preciznošću u poređenju sa profesionalnim AS. *Spectran HF-4040 REV3* kompanije *Aaronia* je primjer ove nove klase uređaja [5], Sl. 5. To je širokopojasni, frekventno-podesivi, programabilni, prenosivi mjerač EM polja koji mjeri jačinu električnog polja, jačinu magnetskog polja i gustinu snage polja u bliskoj i dalekoj zoni u frekventnom opsegu 100 MHz – 4 GHz. Napaja se punjivim baterijama od 7,2 V, kapaciteta 1300 mAh, tako da je moguć višesatni rad na terenu, bez dodatnog punjenja baterija. *Spectran HF-4040* može biti povezan na računar. Tipična tačnost deklarirana od *Aaronia* je ± 3 dB. Testovi vršeni u stvarnosti pokazuju da je ta vrijednost čak i veća od ± 3 dB. U mjernom kompletu su i dvije antene: *logperiodic* i *monopol* štap antena, koja nije razmatrana u ovom radu zbog njenog promjenljivog pojačanja. Uključena *logperiodic* antena je *HyperLOG 7040* koja pokriva frekventni opseg od 700MHz do 4GHz, Sl. 5. Pogodne karakteristike *logperiodic* antena su široki frekventni opseg, umjerene dimenzije, niska cijena [5]. Naravno, mogući su i drugi tipovi antena opisani u [4] i [5]. Mana navedene *logperiodic* antene je da nije izotropna. Rezultati mjerenja mogu značajno odstupati u zavisnosti od toga kako se antena drži pored tijela kada se vrše mjerenja, a uređaj se istovremeno koristi kao dozimetar uz primjenu softvera *MCS Spectrum Analyzer*, [5]. Isti problem se javlja i u slučaju [6] kada se uporede rezultati mjerenja druga dva dozimetra. Prednost modernih AS je njihova jednostavnost upotrebe u kombinaciji sa računarom. Na ovaj način je olakšano prebacivanje rezultata mjerenja na računar. Softver *MCS Spectrum Analyzer* nudi nevjerovatno mnogo mogućnosti. Jednostavnom instalacijom on pretvara PC u pravi sistem za automatizovano mjerenje, memorisanje i analizu rezultata mjerenja. Ipak, neke dozimetrijske funkcije, kao što su izračunavanje ukupne gustine snage u frekvencijskom opsegu, još uvijek nisu prisutne.

III. PROŠIRENE MOGUĆNOSTI MJERNIH UREĐAJA

Dobar uređaj za mjerenje RF zračenja u prostoru mora da ima nekoliko bitnih karakteristika. On mora da bude prenosiv, kompaktan, lagan i stalno napajan baterijama. Drugi važan element je njegova niska cijena. Uređaj mora da bude frekventno-podesiv i da pokriva širok frekventni opseg. Takođe su neophodne i napredne mogućnosti za čuvanje snimljenih podataka. Snimljene informacije moraju biti u funkciji frekvencije i vremena. Dobar displej i interfejs prema korisniku (GUI) predstavljaju dodatne pogodnosti. Da bi se ostvarili ovi zahtjevi predloženo je nekoliko proširenja. Prvi prijedlog je da se mogućnosti AS prošire pomoću softvera na računaru. Drugi prijedlog su hardverska proširenja različitih tipova AS.

A. Softverska proširenja

Softver napisan u cilju proširenja informacija dobijenih pomoću AS i transformacije istih u dozimetrijske informacije, predstavlja softversko proširenje. Ovaj softver je uglavnom besplatan i može se preuzeti sa interneta. Softver može lako da se koristi na uređajima: *Spectran* kompanije *Aaronia* i uređajima iz *SpectrumMaster* serije kompanije *Anritsu*. U prvom koraku korisnik može transformisati *log* fajlove *Spectrana* u različite *data* fajlove iz kojih se mogu izvući odgovarajući podaci. Sa druge strane, *SpectrumMaster* kompanije *Anritsu* ne treba ovu konverziju. Za razliku od *Spectrana*, registruje se samo jedno prebrisavanje frekventnog opsega, pa se ne može generisati informacija o vremenu. Zatim se u drugom koraku analiziraju odgovarajući *data* fajlovi. Da bi se izračunala ukupna gustina snage u podesivom frekventnom opsegu, neophodno je znati faktor pojačanja antene u tom opsegu. Za ovu konverziju se koristi formula (1),

$$S = \frac{10^{\left(\frac{p-G}{10}\right)}}{1000} \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} \quad (1)$$

gdje je S gustina snage (u W/m^2), p je izmjerena snaga (u dBm), G je faktor pojačanja antene u odnosu na izotropni radijator (u dBi) i λ je talasna dužina izvora (u metrima). Ukupna gustina snage je u stvari ukupna gustina snage za svako prebrisavanje frekvencije usrednjeno u vremenu. Za uređaje *SpectrumMaster* serije ovo usrednjavanje nije moguće. Takođe se računaju komponente električnog i magnetskog polja. Prag šuma (*noise floor*) treba da bude pravilno podešen u cilju izbegavanja sumiranja korisnog signala i signala šuma. U trećem koraku ove informacije se mogu posmatrati u vidu različitih vrsta dijagrama. Moguće je prikazati gustinu snage ili jačinu električnog polja, u zavisnosti od frekvencije ili vremena. Konačno, četvrti korak sadrži iste informacije, ali u vidu tabele. Na ovaj način, podaci se mogu eksportovati npr. u *Microsoft Excel* za dalju analizu. Prednosti softverskog proširenja su višestruke. Na ovaj način je lakše analizirati gustinu energije u vremenskom i u frekventnom domenu. To omogućava da se lociraju izvori EM zračenja, te njihovi pojedinačni doprinosi ukupnoj gustini snage. Tek kada se posmatra uski frekventni opseg, ukupna gustina snage može da se poredi sa propisanim granicama zračenja.

B. Hardverska proširenja

U prethodnom odjeljku su opisane idealne karakteristike koje jedan uređaj za mjerenje EM zračenja treba da ima. Takođe, navedeni tipovi AS imaju i nekoliko nedostataka. Ispod su dati prijedlozi za poboljšanje performansi istih.

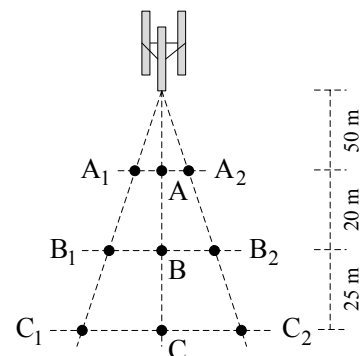
a) **Profesionalni analizatori spektra.** Prva važna stavka predstavlja prenosivost. Većina profesionalnih AS su znatno velikih dimenzija. Mala i integrisana antena mogla bi poboljšati prenosivost, ali spoljna veza za antenu treba da ostane. Važnija stavka je mogućnost snimanja različitih zastopnih prebrisavanja frekventnih opsega (*sweeps*).

Bez toga se ne može obezbijediti informacija o vremenskom domenu u dužem vremenskom periodu što za posljedicu ima nemogućnost dozimetrijske analize podataka. Npr., uređaji serije *SpectrumMaster Anritsu* nemaju ovu mogućnost.

b) **Niskotarifni analizatori spektra.** U smislu prenosivosti *Spectran* predstavlja prilično poboljšanje. Ipak, spoljna *HiperLOG* antena ostaje velika. Mala, omnidirekciona i integrisana antena bi predstavljala poboljšanje. Ova modifikacija ne bi išla na štetu prednosti kao što je širok frekventni opseg. Moguće rješenje bi bila upotreba troosne dipol antene čime bi se obezbijedila omnidirekcionalnost. Ipak, *SMA (SubMiniature version A)* konektor treba zadržati zbog povezivanja antene boljih karakteristika u slučajevima kada je to potrebno. Dodatna mogućnost bi dozvoljavala naknadno unošenje (*upload*) faktora pojačanja antene u sam uređaj, tako da se za svaku antenu može prikazati ukupna gustina snage ili jačina polja na displeju. Ostala hardverska proširenja za *Spectran* su povećanje interne memorije i optimizacija funkcija simanja (*logging*).

IV. REZULTATI MJERENJA

Mjerenja EM zračenja baznih stanica (BS) mobilne telefonije izvršena u ovom radu su samo jedan od segmenata iz oblasti mjerenja zračenja radiofrekventnih EM polja, u skladu sa [8], [9]. Mjerenja su obavljena u više tačaka u pristupačnoj zoni dalekog polja na platou Elektrotehničkog fakulteta Istočno Sarajevo. Sve mjerne tačke su odabrane kao najbolji reprezentanti raspodjele i maksimalnih nivoa EM polja, tako da je većina njih bila u osi glavnih snopova usmjerenih dijagrama zračenja antena, Sl. 6. Prilikom mjerenja korišten je AS *Spectran HF-4040* u kombinaciji sa računarnom uključujući *MCS Spectrum Analyzer* i dozimetar *EME SPY 140*.



Slika 6. Raspored mjernih tačaka u zoni dalekog polja

Prije obavljenih mjerenja, za svaku lokaciju su bili poznati sljedeći podaci:

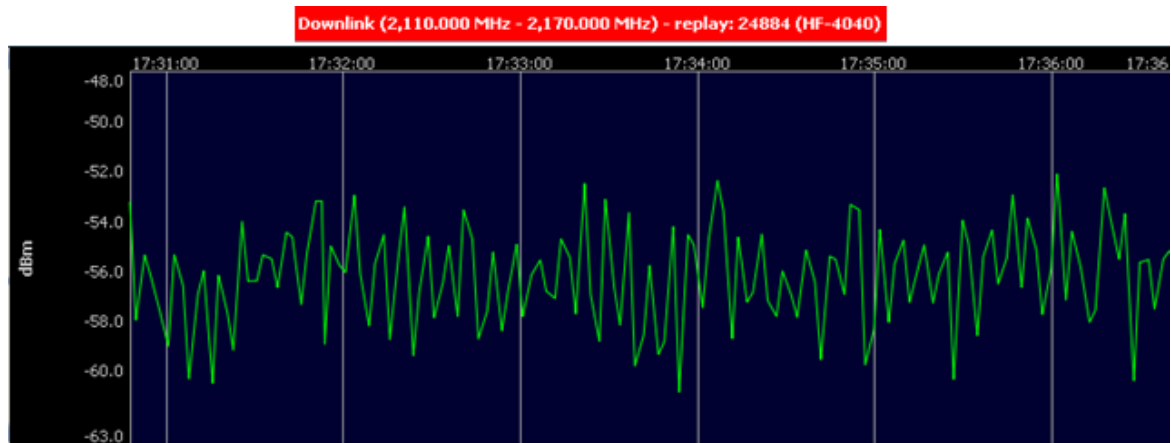
- podaci o tipu i nazivu bazne stanice i frekv. opsegu,
- geografske koordinate i visina primopredajnih antena,
- podaci o ostalim baznim stanicama u blizini,
- podaci o mjernoj opremi (tip, naziv, frekv. opseg),
- podaci o anteni kojom je izvršeno mjerenje (tip, naziv, kalibracija, frekv. opseg, faktor pojačanja antene)

Izmjerene su vrijednosti jačine električnog polja i gustine snage u opsegu frekvencija GSM900, GSM1800 i UMTS, u rasponu (SPAN) od 35MHz, 75MHz i 60MHz, respektivno. Rezultati mjerenja dati su u Tabeli I. Vremenski interval mjerenja u svakoj mjernoj tački iznosio je 6 minuta. U radu su prikazani dijagrami promjene signala u vremenu iz UMTS opsega snimljeni pomoću AS Spectran HF-4040 i EME SPY 140, Sl. 7 i 8, respektivno. Dobijeno rezultatno polje pomoću AS Spectran HF-4040, Tabela I, izračunato je prema zbiru jačina komponenti vektora električnog polja E na više zabilježenih frekvencija unutar posmatranog frekvencijskog opsega. Vrijednosti polja dozimetra EME SPY 140 predstavljaju usrednjene vrijednosti unutar posmatranog opsega. Podešavanja za RBW izabrana su po preporuci proizvođača, a u skladu sa izabranim opsegom i vrstom mjenjenog signala. Kod svih rezultata dobijenih u programu MCS Spectrum Analyzer, Tabela I, u obzir je uzeta mjerna netačnost instrumenta od ± 3 dB, pojačanje antene kao i slabljenje kalibrisanog kabla. Cijelo vrijeme snimanja je korištena opcija „Trace Maximum“, jer bi bez nje procedura mjerenja bila neizvodljiva, kako zbog promjena amplitude EM

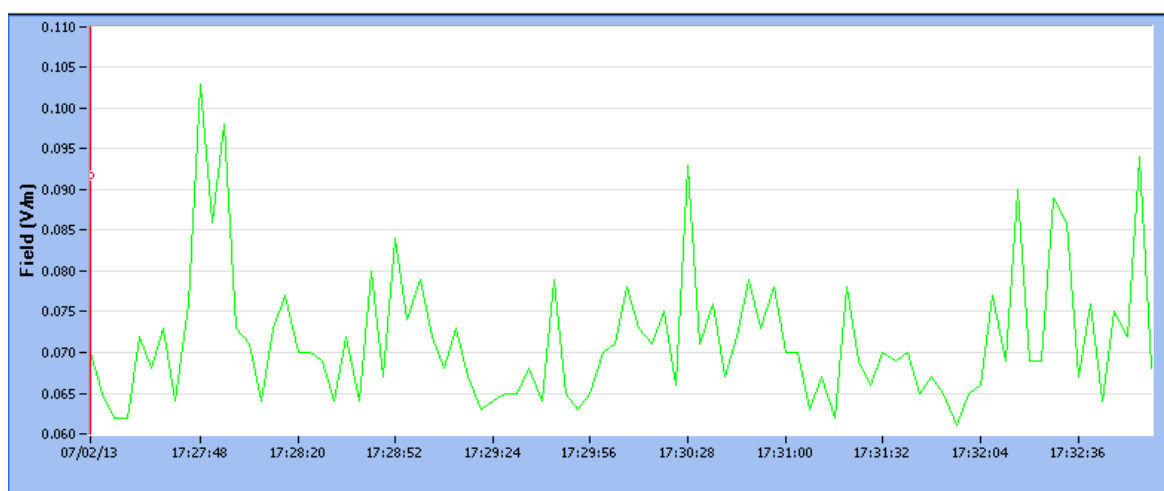
talasa u vremenu, tako i zbog dugog vremena mjerenja. Ako izvor signala na određenoj frekvenciji nije bio operativan prilikom skeniranja tog opsega, onda on nije bio uključen u procjenu izlaganja. Slično tome, ako su signali bili emitovani povremeno ili sa promjenljivim snagama, samo su maksimalni nivoi snage, tokom vremena skeniranja, bili zabilježeni, pa je, za određene frekvencije signala, izlaganje moglo biti precijenjeno. Stoga, ovi rezultati predstavljaju maksimalno izlaganje, koje se povremeno dešava na mjestu mjerenja. Dobijeni rezultati su upoređeni sa referentnim nivoima [2], te pokazuju da su gustine snage EM polja, u trenutku mjerenja, bile daleko ispod ovih vrijednosti, što je i u skladu sa [2], [8] i [9]. Rezultati mjerenja pomoću dozimetra EME SPY 140 pokazuju razliku izmjerenih vrijednosti između ova dva uređaja, koja se mogu objasniti akumulacijom greške tačnosti Spectrana HF-4040 [4] i dozimetra EME SPY 140 [6]. Drugi uzrok ovih razlika može biti vremenski aspekt. Ukupna gustina snage je veoma promjenljiva u vremenu. Takođe, prilikom mjerenja, bila je prisutna interferencija signala usljed smetnji od nekih drugih izvora (najčešće DECT telefona), što se ogleda u većem odstupanju izmjerene frekvencije u odnosu na centralnu ARFCN pojedinih kanala. Razlike su i u mogućnostima podešavanja samih parametara unutar mjernih uređaja (parametre za RBW i SPAN, širinu frekvencijnog opsega, kao i mjerenje jačine električnog polja i gustine snage po kanalima u GSM/UMTS mreži nije moguće podešavati kod dozimetra). Razlikuje se i vrijeme uzorkovanja signala tj. vrijeme prebrisavanja frekventnog opsega ova dva uređaja. Konačno, AS Spectran HF-4040, za razliku od dozimetra EME SPY 140, nema mogućnost izračunavanja ukupne gustine snage u posmatranom frekvencijskom opsegu.

TABELA I. REZULTATI MJERENJA ELEKTRIČNOG POLJA I GUSTINE SNAGE U GSM I UMTS OPSEGU

Koordinate MT		Opseg (MHz)	E_{HF4040} (V/m)	E_{EMESPY} (V/m)	Devijacija (V/m)	S_{HF4040} ($\mu W/m^2$)	S_{EMESPY} ($\mu W/m^2$)
A	N 43°49,377' E 018°22,480'	925-960	0,291	0,605	-0,314	224,6	970,89
		1805-1880	0,038	0,005	0,033	3,85	0,066
		2110-2170	0,040	0,061	-0,021	4,21	9,87
A1	N 43°49,377' E 018°22,469'	925-960	0,208	0,292	-0,084	114,59	226,16
		1805-1880	0,009	0,005	0,004	0,21	0,066
		2110-2170	0,083	0,084	-0,001	18,51	18,72
A2	N 43°49,381' E 018°22,489'	925-960	0,104	0,142	-0,038	28,65	53,48
		1805-1880	0,009	0,005	0,004	0,21	0,066
		2110-2170	0,023	0,031	-0,008	1,46	2,55
B	N 43°49,365' E 018°22,489'	925-960	0,210	0,193	0,017	117,02	98,80
		1805-1880	0,022	0,005	0,017	1,32	0,066
		2110-2170	0,132	0,106	0,026	46,02	29,80
B1	N 43°49,364' E 018°22,482'	925-960	0,322	0,449	-0,127	275,3	534,75
		1805-1880	0,010	0,005	0,005	0,26	0,066
		2110-2170	0,105	0,065	0,04	29,01	11,40
B2	N 43°49,368' E 018°22,497'	925-960	0,356	0,412	-0,056	337,69	450,23
		1805-1880	0,02	0,005	0,015	1,05	0,066
		2110-2170	0,105	0,078	0,027	29,3	16,14
C	N 43°49,354' E 018°22,496'	925-960	0,162	0,215	-0,053	70,313	122,61
		1805-1880	0,005	0,005	0	0,082	0,082
		2110-2170	0,050	0,064	-0,014	5,8	10,86
C1	N 43°49,352' E 018°22,485'	925-960	0,259	0,358	-0,099	179,045	339,96
		1805-1880	0,010	0,005	0,005	0,264	0,066
		2110-2170	0,093	0,068	0,025	23,04	12,27
C2	N 43°49,360' E 018°22,508'	925-960	0,128	0,202	-0,074	43,58	108,23
		1805-1880	0,013	0,005	0,008	0,42	0,066
		2110-2170	0,017	0,036	-0,019	0,796	3,44



Slika 7. Dijagram zračenja UMTS opsega u mjernoj tački A, AS HF-4040



Slika 8. Dijagram zračenja UMTS opsega u mjernoj tački A, EME SPY140

V. ZAKLJUČAK

BS mobilne telefonije su danas veoma interesantne sa aspekta procjene intenziteta EM zračenja. Razlog za to je što veliki procenat zračenja, kome je čovjek danas izložen, potiče upravo od njih. Ta procjena nije jednostavan zadatak, jer zavisi od relativnog položaja čovjeka i BS, karakteristika emitovanog signala, konfiguracije terena i antenskog sistema, stepena urbanizacije sredine, kao i mnogih drugih parametara. Nijedan od opisanih sistema ne ispunjava sve zahtjeve koje bi jedan uređaj za mjerenje RF zračenja trebao da ima.

U nedostatku finansijskih sredstava dobro i pouzdano rješenje je AS *Spectran HF-4040* sa dodatnom softverskom podrškom, te predstavlja moćan alat sa aspekta analize snimljenih podataka, čak i u vremenskom domenu (kreiranjem vremenskog profila izloženosti). To pokazuju i rezultati mjerenja AS koji neznatno odstupaju od onih dobijenih dozimetrom. Pri tome, AS *Spectran HF-4040* je mnogo jeftiniji (nekoliko puta) od dozimetra *EME SPY 140*. Konačno, izmjerene vrijednosti na terenu su, u trenutku mjerenja, u oba slučaja mjerne opreme, bile daleko ispod nivoa izloženosti propisanih u [2, 8, 9].

LITERATURA

- [1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, vol. 74, no. 4, 1998.
- [2] International Commission on Nonionizing Radiation Protection. www.icnirp.com
- [3] C. H. Durney, H. Massoudi, and M. F. Iskander, *Radiofrequency Radiation Dosimetry Handbook*. US Air Force, Last modification in 2002.
- [4] S. M. Mann, D. S. Addison, R. P. Blackwell, and M. Khalid, "Personal dosimetry of RF Radiation," Health Protection Agency (Mobile Telecommunications and Health Research Programme), Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0RQ, Tech. Rep. ISBN 0 85951 568 0, 2005. [Online]. Available: <http://www.mthr.org.uk>
- [5] Aaronia, *Spectran Manual*, 2007
- [6] C.A. Coget, and J. Fondu: "Design of an RF Dosimeter", Katholieke Universiteit Leuven, June 2008.
- [7] U. Knafl, H. Lehmann, and M. Riederer, *Electromagnetic Field Measurements Using Personal Exposimeters*, *Bioelectromagnetics* 29:160–162(2008)
- [8] Pravilo 37/2008 o ograničavanju emisija EM zračenja, Regulatorna agencija za komunikacije BiH
- [9] European Committee for Electrotechnical Standardization. www.cenelec.com

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the measurement capabilities of the devices suitable for measuring the electromagnetic radiation parameters of RF sources in nonionizing part of EM spectrum. Two different existing measurement systems are presented. Portable spectrum analyzers were chosen as the starting point. Multiple extensions have been proposed, but only the software ones have been implemented. Depending on the recorded data for the power density or field strength, the paper presents the results of measurements at the measurement location in

outdoor urban environment. Special attention is given to the strength of the electric field, because it was the easiest way to measure it by using the appropriate measuring equipment. Also, the power density of the EM field is in focus, because in literature and standards this parameter is used as the most suitable indicator of general population exposure to the electromagnetic radiation.

ELECTROMAGNETIC RADIATION MEASUREMENT: SPECTRUM ANALYZER VS. DOSIMETER

Darko S. Šuka, Petar S. Mededović, Mirjana I. Simić