

# Automatizovana antenska merenja korišćenjem COM programskog modela za računarsko upravljanje analizatorom mreža

Milivoje Miletić, Aleksandar Zečević, Dragan Olčan, Miodrag Tasić

**Apstrakt**—Kada se koristi kao deo postavke za merenje dijagrama zračenja antena, analizator mreža pogodno je kontrolisati spoljašnjim računom. Savremenim analizatorima mreža spolja se može upravljati korišćenjem dva programska modela: COM (Component Object Model) i SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). COM koristi binarni protokol i efikasniji je od SCPI modela, koji koristi tekstualni protokol. U ovom radu prikazaćemo kako se koristi COM model i ilustrovaćemo rad sistema za merenje dijagrama zračenja.

**Cljučne reči**—analizator mreža; COM model; dijagram zračenja antene.

## I. UVOD

Analizator mreža namenjen je merenju s-parametara mikrotalasnih sklopova. U okviru standardne postavke za merenje dijagrama zračenja antene na njegove pristupe priključene su pobudna i ispitivana antena. Merenjem s-parametara za različite položaje ovih antena moguće je odrediti dijagram zračenja ispitivane antene. U tom cilju, potrebno je da rad analizatora mreža bude usklađen sa drugim delovima merne postavke, pre svega sa sistemom za pozicioniranje antena. Premda savremeni analizatori mreža u sebi sadrže samostalni računar sa operativnim sistemom, prilagodljivije rešenje je korišćenje spoljašnjeg računara za upravljanje svim delovima merne postavke.

Savremenim analizatorima mreža daljinski se može upravljati korišćenjem dva programska modela: COM (Component Object Model) i SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). COM koristi binarni protokol i efikasniji je od SCPI modela, koji koristi tekstualni protokol. Naime, SCPI tekstualne komande se najpre tumače i zatim se pozivaju odgovarajuće COM procedure. Stoga je COM efikasniji pri izvršavanju komandi. Pri korišćenju COM modela, udaljeni računar se na analizator mreža povezuje posredstvom lokalne mreže (LAN, Local Area Network).

Milivoje Miletić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: mm155016p@student.etf.rs).

Aleksandar Zečević – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: za163012m@student.etf.bg.ac.rs).

Dragan Olčan – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: olcan@etf.rs).

Miodrag Tasić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: tasic@etf.rs).

Premda se LAN može koristiti za povezivanje i kod SCPI modela, tradicionalno se za ovaj model koristila namenska veza poznata pod nazivom GPIB (General Purpose Interface Bus). GPIB koncept je podrazumevao postojanje hardverskog interfejsa između udaljenog računara i analizatora mreža, što je poskupljivalo rešenje.

U poglavlju dva opisaćemo način na koji se udaljeni računar spreže sa računom analizatora mreža Agilent PNA 5227A, korišćenjem COM modela. U poglavlju tri prikazaćemo primer automatizovanog merenja dijagrama zračenja antene.

## II. COM PROGRAMSKI MODEL ZA UPRAVLJANJE ANALIZATOROM MREŽA

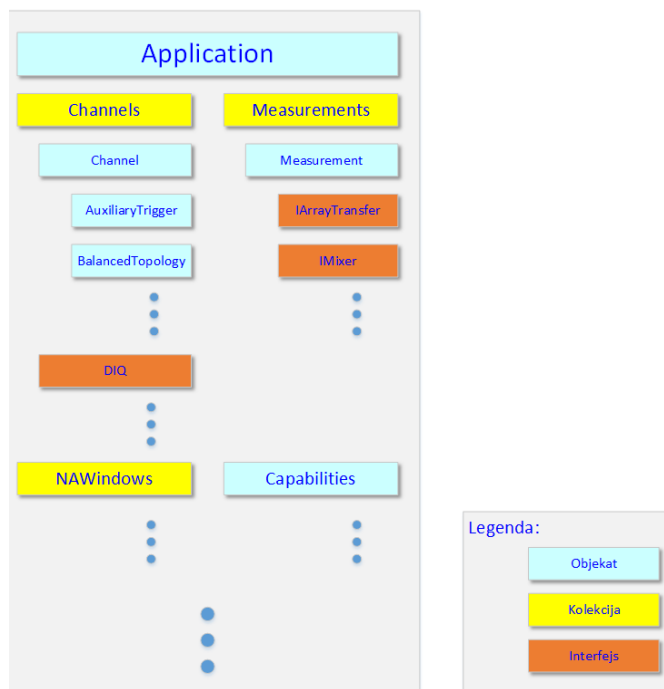
Korišćemo analizator mreža N5227A PNA kompanije Keysight Technologies [1]. Pored mikrotalasnog hardvera, ovaj uređaj poseduje i računarski hardver i radi pod Windows XP Professional operativnim sistemom. On preko svog displeja korisniku pruža interfejs poput desktop računara. Upravljanje mikrotalasnim hardverom vrši se PNA aplikacijom, softverom instaliranom na računarskom delu analizatora. PNA aplikacija podržava dva načina za realizovanje udaljenog pristupa istoj: COM (Component Object Model) i SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) [2].

Odlučili smo da računarsko upravljanje analizatorom mreža vršimo preko COM modela, zbog veće fleksibilnosti i direktnijeg pristupa. U COM modelu imamo potpunu kontrolu nad svakim pozivom funkcije i njenim argumentima, dok u SCPI modelu ne možemo uvek biti sigurni šta se tačno dešava jer imamo više enkapsulacije u vidu njegovih komandi [3].

Dakle, PNA aplikacija poseduje svoj objektni model, a u okviru tog modela nalaze se metode kojima se može pristupiti podacima kojima sama aplikacija raspolaže (npr. izmerenim s-parametrima). Ideja je da se metoda za preuzimanje izmerenih s-parametara pozove na svaki pomeraj pozicionera, a svi dobijeni podaci smeštaju u jedan tekstualni fajl. Po završetku merenja, kada su s-parametrima poznati za svaki od ukupnog broja zadatih uglova, podaci iz tog tekstualnog fajla se mogu iskoristiti za crtanje 2D dijagrama zračenja antene.

Hijerarhija objektnog modela PNA aplikacije (slika 1) je takva da postoji jedan glavni objekat koji sadrži sve ostale objekte, kolekcije i interfejsne (isključivo se preko skupa odgovarajućih funkcija može manipulirati podacima objekata, te funkcije se zovu metode i upravo one čine interfejs). Ovaj

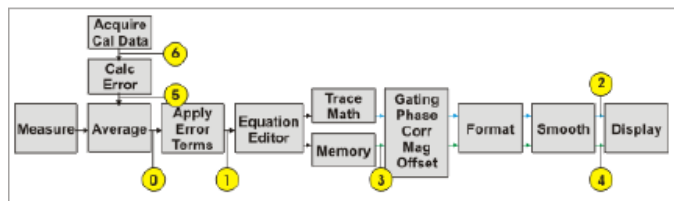
glavni objekat naziva se "Application" i pre nego što se mogu koristiti bilo koji drugi objekti, mora se on dovući i sačuvati pokazivač na njega (pre toga je potrebno uraditi inicijalizaciju COM biblioteka).



Sl. 1. PNA objektni model, uprošćeni prikaz.

Nama je za čitanje podataka sa analizatora mreža potrebna metoda "getPairedData" objekta "Measurement" (koji je, naravno, deo glavnog objekta "Application"). Metoda "getPairedData" dohvata niz uparenih (kompleksnih) podataka, a da bi se ona pozvala, mora se prvo dohvatiti pokazivač na objekat "Measurement". Ovo se čini pozivom metode "get\_ActiveMeasurement" objekta "Application".

Pri pozivu metode "getPairedData" potrebno je navesti sa koje pristupne tačke želimo da povučemo podatke. Mapa podataka analizatora mreža [2] prikazana je na slici 2. Nama je od interesa pristupna tačka 2, sa koje se čitaju podaci dobijeni svim zadatim obradama nad izmerenim podacima. Ovo je posebno značajno radi primene selekcije po vremenu (Time Domaing Gaiting, TDG).



Sl. 2. Mapa podataka analizatora mreža PNA N5227A.

Pre nego što se može sa udaljenog računara pristupiti podacima PNA aplikacije preko njene objektno strukture, na računaru se mora osposobiti DCOM (Distributed COM, ekstenzija standardnog COM modela) i registrovati biblioteka tipa (Type Library) "835x.tlb". Ne preporučuje se jednostavno

kopiranje ove biblioteke sa analizatora mreža, već da se njeno registrovanje odradi na način opisan u [3]. Ovu biblioteku je zatim potrebno uključiti u kod za pristupanje PNA aplikaciji, čime njena objektna struktura postaje dostupna.

Kod za pristupanje PNA aplikaciji napisan je u programskom jeziku C++. Realizovana je dinamička biblioteka u okviru koje se vrši inicijalizacija i dohvaćanje podataka. Podaci koji se preuzimaju su podaci o izmerenim s-parametrima i njihove frekvencijske tačke. Podaci o izmerenim s-parametrima se dobijaju u kompleksnoj formi, preuzimaju se sa pristupne tačke 2 i smeštaju u dva dinamička niza.

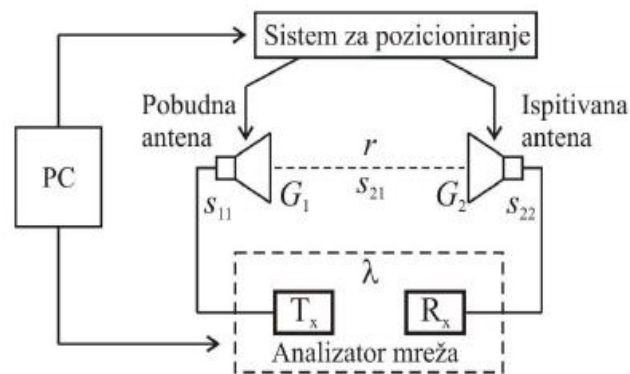
Postojeći softver pri antenskom mernom mestu za merenje 2D dijagrama zračenja antene osposobljen je da koristi realizovanu dinamičku biblioteku kako bi se automatizovana merenja 2D dijagrama zračenja mogla raditi analizatorom mreža PNA N5227A.

### III. PRIMER MERENJA 2D DIJAGRAMA ZRAČENJA ANTENE

Na slici 3 data je blok šema merne postavke za automatizovana merenja dijagrama zračenja antena. Softverom na računaru kontroliše se pozicija antena i povlače podaci sa analizatora mreža. Za podatke sa slike 2 važi izraz:

$$\left( \frac{|s_{21}|^2}{(1-|s_{11}|^2)(1-|s_{22}|^2)} \right) = \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 G_1 G_2 \quad (1)$$

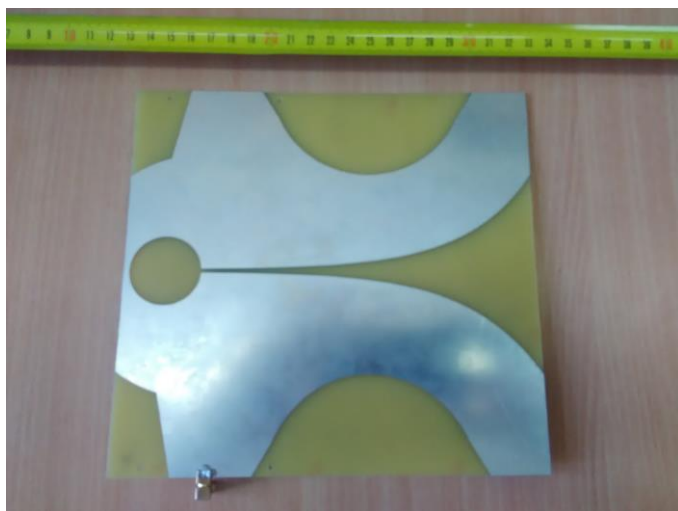
gde je  $\lambda$  talasna dužina talasa u slobodnom prostoru,  $r$  rastojanje između antena,  $G_1$  i  $G_2$  su dobici pobudne i ispitivane antene, respektivno,  $|s_{11}|$  i  $|s_{22}|$  koeficijenti refleksija pobudne i ispitivane antene, respektivno, i  $|s_{21}|$  predstavlja prenos između dve antene. Ako su pobudna i ispitivana antena identične, tada je  $G_1=G_2=G$ , pa merenjem svih ostalih parametara dobijamo  $G$ . U slučaju kada ne raspolažemo sa dve identične antene, možemo koristiti pobudnu antenu poznatih karakteristika. Ukoliko, pak, ne znamo karakteristike pobudne antene, možemo izmeriti relativni dijagram zračenja ispitivane antene. Postupak merenja opisan je u [4].



Sl. 3. Blok šema merne postavke za merenje dijagrama zračenja antene.

Naša merna procedura podrazumeva da do ispitivane antene stiže samo direktni signal iz pobudne antene. Ako do prijemne antene stižu i pojedini reflektovani signali, oni se, destruktivno ili konstruktivno, superponiraju sa direktnim signalom sa pobudne antene. Ove refleksije mogu biti uzrok neslaganja između rezultata dobijenih merenjem i simulacijom. Pod određenim uslovima, uticaj refleksija može se umanjiti primenom tzv. selekcije u vremenskom domenu (Time Domain Gating, TDG). Njome se karakteristika prenosa sistema (tj. parametar  $s_{21}$ ) može transformisati iz frekventijskog u vremenski domen, izdvojiti deo od interesa u vremenskom domenu, pa samo izdvojeni deo vratiti u frekventijski domen. Analizator mreža PNA N5227A podržava ovu mogućnost.

Pre nego što pređemo na merenja, osvrnimo se kratko na antene koje koristimo. Na slici 4 prikazana je ispitivana antena (čiji ćemo relativni dijagram zračenja meriti). Reč je o štampanoj Vivaldi anteni izrađenoj na FR-4 supstratu. Na slici 5 prikazana je pobudna levak antena sa duplim grebenom. Antene su nastale na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu.



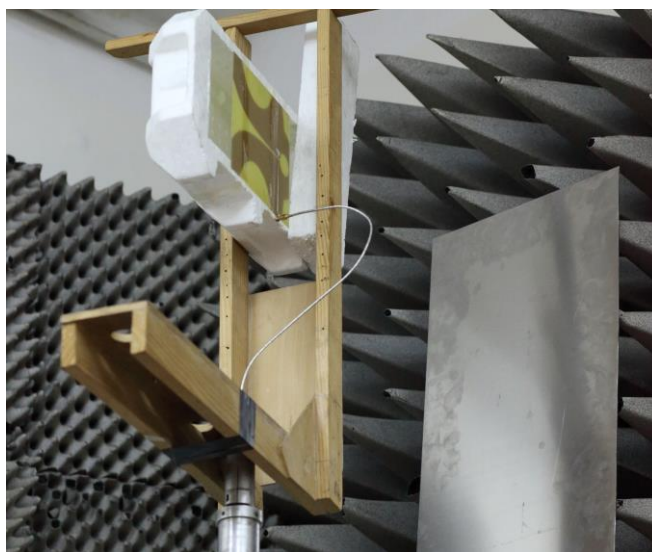
Sl. 4. Ispitivana štampana Vivaldi antena.



Sl. 5. Pobudna levak antena sa duplim grebenom.

Kao što smo već rekli, da bi se iskoristio TDG, potrebno je prvo transformisati parametar  $s_{21}$  iz frekventijskog u vremenski domen. Zatim se uticaj refleksija eventualno može ukloniti na jedan od dva načina. Prvi način je da probamo da zaključimo koji deo primljenog signala predstavlja odziv na direktni talas i da izdvojimo samo taj deo (bandpass gating). Drugi je da probamo da zaključimo koji deo primljenog signala predstavlja odziv na reflektovani talas i uklonimo samo taj deo (notch gating). Signal dobijen nakon obrade se zatim vraća u frekventijski domen. U ovom radu isprobane su obe metode uklanjanja uticaja refleksija i rezultati su upoređeni sa rezultatima simulacije.

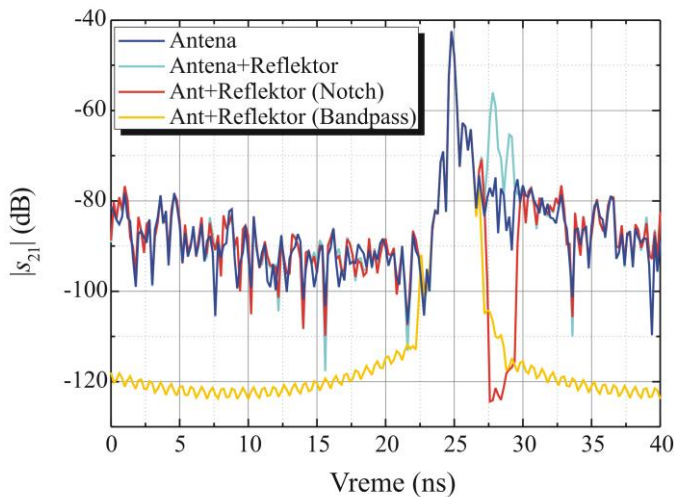
Kako bi se obezbedio jasno vidljiv uticaj refleksija na merenje dijagrama zračenja, postavljena je metalna ploča (reflektor) u blizini ispitivane antene. Ispitivana antena na platformi i metalna ploča prikazane su na slici 6.



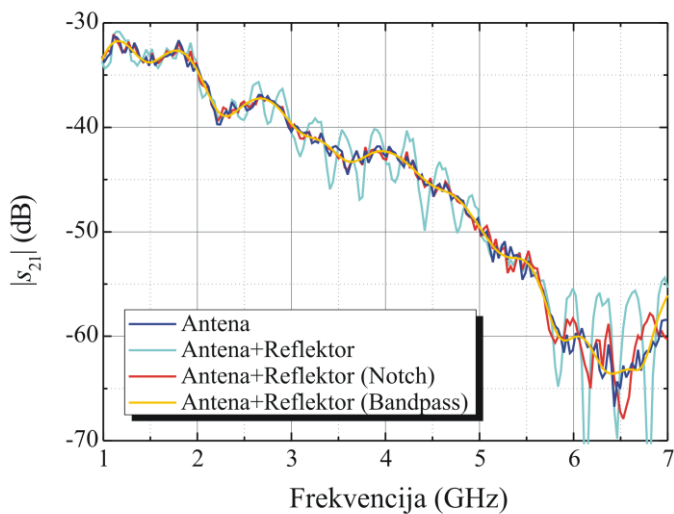
Sl. 6. Ispitivana antena na platformi i metalna ploča (reflektor).

Na slici 7 ilustrovan je TDG za slučaj merenja relativnog dijagrama zračenja antene sa slike 4. Nije urađena kalibracija, pošto smo se opredelili za merenje relativnog dijagrama zračenja. Pri merenju bez reflektora jasno uočavamo "glavni" signal, sa maksimumom na oko 25 ns. Dodavanjem reflektora dobijamo dodatni snažan signal na oko 28ns. Pri korišćenju bandpass gating-a izdvajamo deo signala u intervalu između 22.42 ns i 26.85 ns. Pri korišćenju notch gating-a uklanjamo deo signala u intervalu između 27.2 ns i 29.7 ns. Intervali su ustanovljeni na osnovu vizuelne procene, posmatranjem slike 7 (parametra  $s_{21}$  u vremenskom domenu), u položaju kada je prenos između pobudne i ispitivane antene maksimalan. Prilikom rotacije ispitivane antene, radi merenja dijagrama zračenja, ne dolazi do značajne promene parametra  $s_{21}$  u vremenskom domenu. Povratkom u frekventijski domen odziv se menja na način prikazan na slici 8. Sasvim je jasan uticaj reflektora na parametar  $s_{21}$  u frekventijskom domenu. Primenom notch gating-a dobijamo odziv vrlo približan onom bez reflektora, dok primenom bandpass gating-a "filtriramo" signal. Primitimo da se ovde ne bavimo detaljno uticajem pojedinačnih komponenti na resultantni odziv.





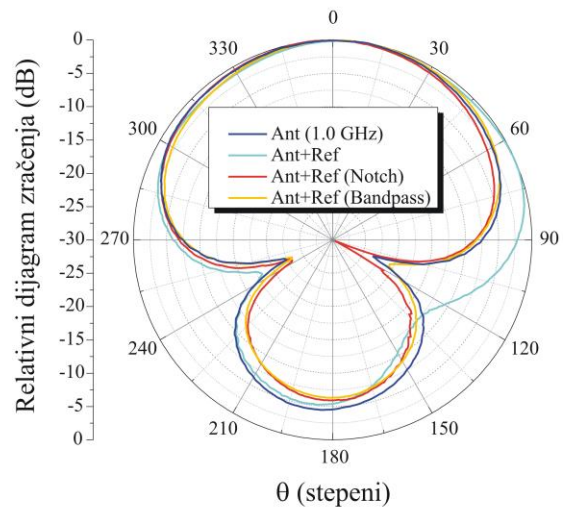
Sl. 7.  $|S_{21}|$  u vremenskom domenu.



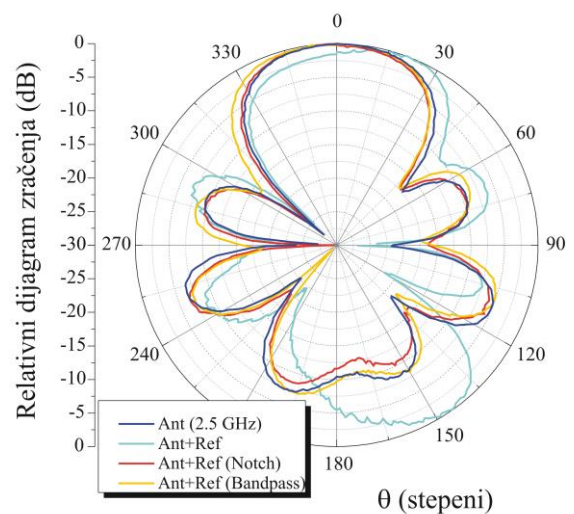
Sl. 8.  $|S_{21}|$  u frekencijskom domenu.

Merenje relativnog dijagrama zračenja antene izvršeno je najpre za slučaj bez metalne ploče sa slike 6. Zatim su izvršena odgovarajuća merenja uz prisustvo ploče (reflektora), i to: bez gating-a, sa bandpass gating-om i sa notch gating-om. Poređenja ovih rezultata dato je na slikama 9 i 10, gde su dati relativni dijagrami zračenja antene, u sva četiri slučaja, na frekvencijama 1 GHz i 2.5 GHz, respektivno. U oba slučaja, grubo govoreći, korišćenjem TDG-a uspevamo da otklonimo uticaj refleksija od ploče na rezultate merenja, s tim da korišćenjem notch gating-a dobijamo rezultate približnije rezultatima merenja bez metalne ploče.

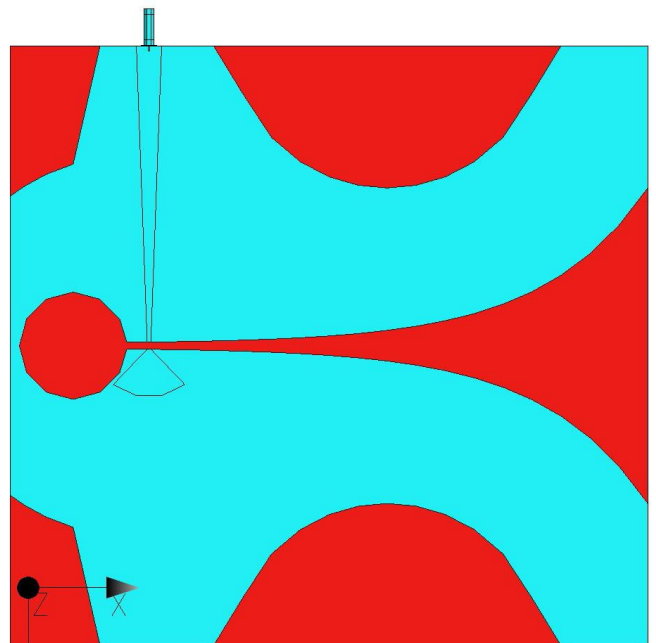
Na slici 11 prikazan je simulacioni model ispitivane antene (metal je u plavoj boji, dielektrik u crvenoj). Sa donje strane nalazi se otvoreni ogranak sa radijalnim prilagođenjem (radial stub), koji je na slici naznačen linijom. Analiza je izvršena u softverskom paketu WIPL-D Pro [5]. Na slikama 12 i 13 upoređeni su relativni dijagrami zračenja dobijeni simulacijom i merenjem (u  $xz$ -ravni,  $\theta=0$  na  $+x$ -osi) za antenu bez reflektora (za učestanosti 1.0 GHz i 2.5 GHz). Postoji veoma dobro slaganje između merenja i simulacije.



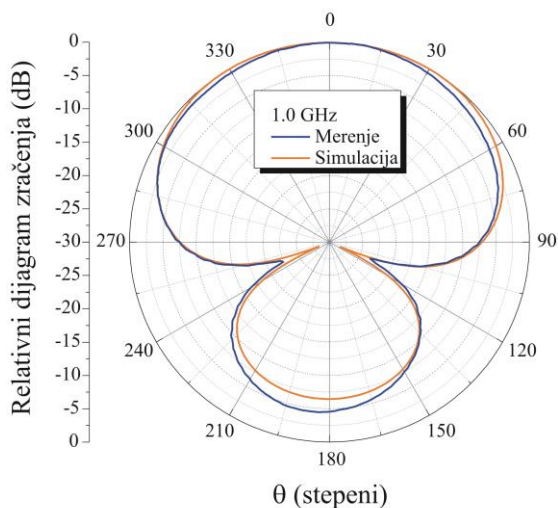
Sl. 9. Poređenje relativnih dijagrama zračenja na 1 GHz.



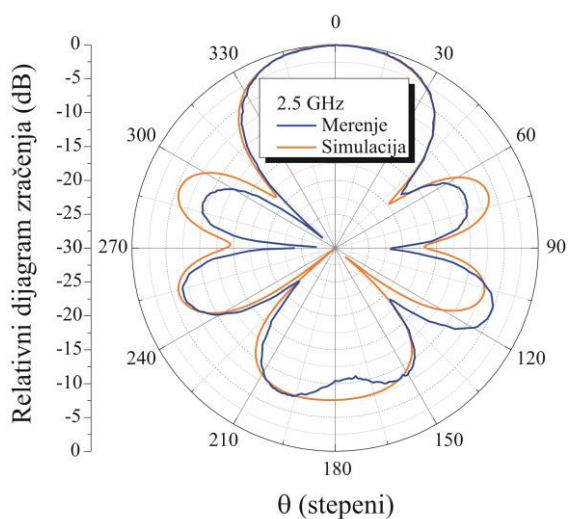
Sl. 10. Poređenje relativnih dijagrama zračenja na 2,5 GHz.



Sl. 11. Simulacioni model.



Sl. 11. Poređenje relativnih dijagrama zračenja dobijenih merenjem i simulacijom na 1 GHz.



Sl. 12. Poređenje relativnih dijagrama zračenja dobijenih merenjem i simulacijom na 2.5 GHz.

#### IV. ZAKLJUČAK

Korišćenjem COM programskog modela postićemo direktnije i jeftinije upravljanje analizatorom mreža. U kombinaciji sa naprednim funkcijama savremenih analizatora mreža, moguće je smanjiti uticaj refleksija i povećati kvalitet merenja.

#### LITERATURA

- [1] <http://www.keysight.com/en/pdx-x201878-pn-N5227A/pna-microwave-network-analyzer-67-ghz?cc=US&lc=eng>
- [2] <http://na.support.keysight.com/pna/help/latest/help.htm>
- [3] Zečević, A, "Implementacija softverske biblioteke za računarsko upravljanje analizatorom mreža korišćenjem mrežnog priključka", diplomski rad, Univerzitet u Beogradu–Elektrotehnički fakultet, 2016.
- [4] Miletić, M., Mojić, V., Tasić, M., "Estimation of measurement accuracy of an improvised antenna range using full-wave 3D electromagnetic simulation models," ETRAN 2014, Srebrno jezero, Srbija, jun 2015.
- [5] <http://www.wipl-d.com/>

#### ABSTRACT

When network analyzer is used in the setup for measurement of radiation pattern of antennas, it is suitable to control it by an external computer. Modern network analyzers can be externally controlled using two programming models: COM (Component Object Model) and SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). COM uses binary protocol and it is more efficient than SCPI, which is text based. In this paper we will show how to use COM model and we will illustrate how setup for radiation pattern measurement works.

#### Automated antenna measurements using COM programming model for computer control of network analyzer

Milivoje Miletić, Aleksandar Zečević, Dragan Olćan, Miodrag Tasić