Nikola Lekić,
kapetan I klase, dipl. inž.

MOGUĆNOST MERENJA DIJAGRAMA USMERENOSTI PARABOLIČNIH ANTENA RADIO-RELEJNIH UREĐAJA

U radu su opisane metode merenja dijagrama usmerenosti paraboličnih radio-releJNIH antena. Ukazano je na osnovne probleme koji se pojavljuju u realizaciji tih metoda.

Uvod

Parabolične antene predstavljaju najčešće upotrebljavan tip antena centimetarskih talasa, zbog čega imaju veliku primenu kod radio-releJNIH veza.

U analizi radio-releJNIH sistema nužno je poznavanje parametara upotrebljenih antena, pre svega dobitka i dijagrama usmerenosti.

U toku eksploatacije, antene radio-releJNIH uređaja izložene su inten-

Sl. 1 — Podela prostora oko antene na zone

(D — najveća dimenzija otvora antene, λ — talasna dužina, R — rastojanje od antene)

živnim klimo-mehaničkim naprezanjima. Rezultat tih uticaja su moguće deformacije i oštećenja reflektora, dielektričnog poklopca, mehanička promena položaja primarnog izvora, i dr. U tom slučaju dolazi do degradiranja karakteristika antena, koji se ogleda u vidu smanjenja dobitka, povećanju širine dijagrama usmerenosti, povećanju nivoa bočnih lepeza dijagrama usmerenosti, promeni smera maksimuma dijagrama usmerenosti, i slično. Korišćenje takvih antena ima za posledicu smanjenje kvaliteta ostvarene radio-relejne veze, te povećanu verovatnoću slučajnog ili namernog ometanja.

Zbog toga, nameće se potreba poznavanja stvarnih karakteristika antena, što je moguće dobiti jedino merenjem.

Merenje dijagrama usmerenosti može se realizovati i metodom merenja u dalekom polju, bliskom polju i Fresnelovoj zoni, što je posledica podele polja oko antene, slika 1.

U radu su prikazane osnovne karakteristike metoda i istaknuti su neki problemi koji se javljaju u procesu merenja dijagrama usmerenosti.

Sl. 2

- a) Merenje u dalekom polju
- b) Projekcija niskog mernog mesta

Merenje dijagrama usmerenosti u dalekom polju

Merenje dijagrama usmerenosti u dalekom polju svodi se na osvetljavanje test (ispitivanje) antene, ravnim elektromagnetskim talasom, slika 2a. Rotiranjem test-antene po horizontalnoj i vertikalnoj ravni vrši se merenje dijagrama usmerenosti. Izmeren dijagram usmerenosti prikazuje se za horizontalnu ili vertikalnu ravan u pravouglom ili polarnom koordinatnom sistemu, slika 3.

Dimenzioniranje antenskog mernog mesta zasniva se na razmatranju sledećih uslova [1, 2]:

— eliminisanje sprege reaktivnim poljem ili zbog raspršenja i zračenja;

- razmak između pomoćne predajne i test-antene mora biti tolika da je zakrivljenost faznog fronta minimalna;
- dijagram usmerenosti pomoćne predajne antene mora osigurati konstantnu amplitudu i fazu polja na mestu ispitivane antene;

netskih talasa stranih smetajućih polja.

Razmotrićemo najvažniji uslov koji je potrebno ostvariti, a to je daleko polje na mestu ispitivane antene. Za

Sl. 3

- a) Dijagram usmerenosti u pravougloj koordinatnoj sistemu
b) Dijagram usmerenosti u polarnom koordinatnom sistemu

— međusobnim položajem pomoćne i test-antene treba eliminisati, ili osigurati, dozvoljen nivo reflektovanih elektromagnetskih talasa i elektromag-

primer, neka je prečnik otvora parabolične antene 1.5 m i 2 m, a frekvencije 5.5 GHz i 13 GHz. U tom slučaju dobijaju se sledeće vrednosti, tabela 1:

Tabela 1

Frekvencija	f [GHz]	5.5		8.3		13	
Talasna dužina	λ [m]	0.054		0.036		0.023	
Prečnik antene	D [m]	1.5	2	1.5	2	1.5	2
Granica dalekog polja	R [m]	83.3	148.1	125	222.2	195.6	347.8

Iz tabele vidimo da su potrebna rastojanja za ostvarivanje kriterijuma dalekog polja velika i da je veoma teško ostvariti antenski poligon tih dimenzija, slika 2b. Prostor u delu 1 i 2 mora biti kontrolisane hrapavosti. Prostor 3 mora biti bez objekata koji bi mogli prouzrokovati refleksiju, raspršenje ili difrakciju. Takvi objekti su zidani objekti, drveće, žbunje, žičane ograde, stubovi, vozila, itd.

U slučaju da možemo ostvariti potrebno rastojanje za daleko polje, pre svakog merenja potrebno je proveriti da li se u delu prostora, gde će se nalaziti test-antena, promene polja nalaze u granicama dozvoljenim u odnosu na zadatu tačnost merenja dijagrama usmerenosti. To se obavlja sondiranjem polja u ravni ispitivane antene.

Ukoliko to nije ostvareno, pristupa se promeni razmaka i visine pomoćne ili ispitivane antene, promeni pomoćne antene, te postavljanjem i pomeranjem difrakcionih pregrada, uz sistematsko sondiranje polja. U praksi, podešavanje mernog mesta je dugotrajan i složen proces.

Merenje u elektromagnetski gluvoj komori, za antene ovih dimenzija nije moguće, jer potrebno rastojanje u raspoloživim komorama nije moguće ostvariti.

Metode merenja u bliskom polju

Jedan od načina prevazilaženja problema koji nastaju pri realizaciji me-

Sl. 4 — Vrste mernih metoda bliskog polja

renja dijagrama usmerenosti u dalekom polju je merenje na bližim rastojanjima.

Metode merenja u bliskom polju zasnivaju se na merenju polja antene (amplitude i faze) na rastojanju od nekoliko talasnih dužina od otvora antene, te njihovoj naknadnoj obradi s ciljem određivanja osnovnih karakteristika antena, među koje spada i odbijanje prostornog dijagrama usmerenosti, [1, 3].

U zavisnosti od oblika površine po kojoj se vrši uzorkovanje bliskog polja antene, postoji planarna, cilindrička i sferna metoda merenja, slika 4.

na metoda, kod koje imamo dosta složen proces obrade.

Kod ovih metoda veoma su strogi zahtevi za tačnost uzorkovanja (tipično 0.01λ), te su sistemi za uzorkovanje veoma komplikovani i skupi. Za merenje pozicije koriste se merni potencio metri, selsini, optokoderi i, u poslednje vreme, laseri.

Za razliku od dijagrama usmerenosti u horizontalnoj ili vertikalnoj ravni, prostorni dijagram pruža uvid u karakteristiku zračenja antene u celom prostoru. Na takvom dijagramu uočavaju se pojedinosti koje se ne vide iz dijagrama datog za jednu ravan, a mogu da

Sl. 5 — Merni sistem za merenje u bliskom polju

Navedene metode su primenjive za merenje radio-relejnih antena, jer se merenje može sprovoditi u zatvorenom prostoru, kao što je elektromagnetska gluva komora i na taj način eliminisati veliki deo problema koji se pojavljuje pri merenju na otvorenom mernom mestu u dalekom polju. Vodeći računa o tome da se najčešće koriste parabolične radio-relejne antene sa kružnim otvorom, uskim dijagramom usmerenosti, jednakim u vertikalnoj i horizontalnoj ravni, mogući izvor je planarna metoda sa uzorkovanjem u pravouglim ili polarnim koordinatama, jer je kasnija obrada jednostavnija, ili sfer-

posluže za procenu ugroženosti radio-relejnog sistema od ometanja iz okolnog prostora, slika 6.

Merenje u Fresnelovoj zoni

Metoda merenja primenljiva na parabolične antene je metoda mikrotalasne holografije [5, 6]. Osnovna karakteristika ove metode jeste da se merenje izvodi u Fresnelovoj zoni, što je definisano odnosom između prečnika otvora antene D i talasne dužine λ (rastojanje između $\frac{D}{\lambda} \sqrt{D/\lambda}$ i dalekog polja).

Sl. 6 — Prostorni dijagram usmerenosti

Metoda se zasniva na merenju mikrotalasnog holograma u Fresnelovoj zoni. Hologram antene dobija se uzorkovanjem polja antene i njegovim sumiranjem sa referentnim signalom, koji se može voditi koaksijalnim kablom, slika 7. Dobijeno interferenciono polje predstavlja hologram, koji se može meriti amplitudnim prijemnikom. Uzorkovanje se vrši u ugaonom opsegu koji je jednak $\pm 5^\circ$ širina dijagrama usmerenosti, dok je rastojanje između ispitivane antene i pomoćne reda 10% potrebne razdaljine za daleko polje. Za pomeranje antene moguće je koristiti konvencionalno antensko postolje, s mogućnošću pomeranja po azimutu i elevaciji.

Prikupljeni podaci se obrađuju i rezultat obrade je kompleksna pobuda antene (distribucija amplitude i faze) u ravni fokusa, slika 8.

Na osnovu tako dobijene pobude antene, daljom obradom moguće je dobiti:

- prostorni dijagram zračenja;
- analizom distribucije faze moguće je otkriti greške površine reflektora, ili odstupanje položaja pobudnog elementa;
- moguće je analizirati uticaj dielektričnog poklopca, i sl.

Iz tih razloga ova metoda je vrlo perspektivna. U uslovima ograničenog prostora omogućava merenje i većih antena. Sem toga, omogućava dijagnostiku antena. Merna oprema, u odnosu na mernu opremu potrebnu za realizaciju metode merenja u dalekom polju, gotovo je ista. Razlika je u programskoj podršci koja je potrebna pri obradi mikrotalasnog holograma antene.

Sl. 7 — Merni sistem za merenje mikrotalasnog holograma

a)

b)

Sl. 8 — Rekonstruisana pobuda antene
a) Distribucija amplitude; b) Distribucija faze

Zaključak

Poznavanje karakteristika radio-relejnih antena veoma je važno, bilo u procesu eksploatacije ili razvoja.

Merenje dijagrama usmerenosti u dalekom polju, principijelno je najjednostavnije. Međutim, praktična realizacija je uslovljena postojanjem uređene površine — antenskog poligona. U našem slučaju, potrebne dimenzije su reda stotinu metara i razvoj takvog merenog poligona je u vezi sa velikim troškovima.

Zbog toga, sve više se primenjuju metode merenja u bliskom polju. Za radio-relejne antene, pogodna je meto-

da uzorkovanja bliskog polja po planiranoj, ili po sfernoj površini. Merenje je moguće izvesti u elektromagnetski gluvoj komori. Problem je u dosta složenom sistemu za uzorkovanje i potrebnoj programskoj podršci za prikupljanje i obradu izmerenih podataka.

Merenje u Fresnelovoj zoni i primena mikrotalasne holografije naročito je pogodna za radio-relejne antene. Merenje se izvodi na kraćim rastojanjima, a dobijeni rezultat je rekonstruisana pobuda antene, na osnovu koje je moguće dobiti prostorni dijagram usmerenosti. Posebna pogodnost ove metode je da se na osnovu rekonstruisane pobude mogu dobiti i podaci koji se mogu iskoristiti u dijagnostici antena.

Literatura:

[1] A. W. Rudge, K. Milne, A. D. Oliver, P. Knight, »The Handbook of Antenna Design«, Peter Pergrinus Ltd, 1982, London, Uk.

[2] Hollis, J. S., Lyon, T. J., Clyton, L. »MICROWAVE ANTENNA MEASUREMENTS« Scientific-Atlanta, Inc, July 1970, Atlanta, Georgia, USA.

[3] Yaghjian A. D. »An overview of near-field antenna measurements«, IEEE Trans. Antennas and Propagation, 1986., Vol. 34, No. 1, 30—45.

[4] Yahua R. S., Mark S. G., »Far-Field Patterns of Spaceborne Antennas from Plane-Polar Near-

-Field Measurements«, IEEE Trans. Antennas and Propagation, 1985., Vol. 33, No. 6, 638-648.

[5] Bennet J. C., Anderson A. P., McInnes A. Whittaker, A. J. T. »Microwave holographic metrology of large reflector antennas«, IEEE Transaction on Antenna and Propagation, Vol. AP-24, 1976, 195—303.

[6] Lekić N., Rekonstrukcija pobude antene na osnovu izmerenog holograma Fresnelovoj zoni, XXXIII ETAN, Novi Sad, 1989, V sveska, 79—86.