Nikola Lekić,
kapetan I klase, dipl. inž.

ANALIZATOR RADARSKE POVRŠINE ROTIRAJUĆEG CILJA

U radu je opisana metoda analize radarske površine rotirajućeg cilja po azimutu i realizovan merni sistem. Na osnovu izmerenog dijagrama raspršenja obradom se dobija distribucija »bleštećih tačaka« radarske površine.

Uvod

Razvoj i primena izviđačkih radara za osmatranje terena sa povećanom rezolucijom, te sistema za dejstvo protiv ciljeva na zemlji koji, kao senzor, koriste glave za samonavođenje u radarskom području, uslovljava povećan interes za radarski lik vojnih ciljeva. Zbog toga je uticaj radarske površine u funkciji »preživljavanja« veoma bitan. Za razliku od ranijeg pristupa, gde je taj interes bio najizraženiji za ciljeve u vazduhu, on je sada proširen i na ciljeve koji se nalaze na zemljištu.

Poznavanje samo dijagrama raspršenja radarskog cilja više nije dovoljno, naročito u procesu konstrukcije i razvoja sredstava ratne tehnike. Potrebno je poznavati doprinos svakog dela cilja (sredstva) ukupnom radarskom liku. Za te tačke usvojen je naziv »blešteće tačke«, a metode kojima se može dobiti visokorezolucijski radarski lik nazivaju se metode »bleštećih tačaka«.

Geometrijske koordinate, koje se vezuju za radarski cilj, u odnosu na merni sistem, jesu daljina i azimut. Distribucija »bleštećih tačaka« radarske površine po daljini dobija se iz vremena kašnjenja reflektovanog signala. Distribucija »bleštećih tačaka« radarske površine po azimutu dobija se na osnovu relativnog kretanja između antene mernog sistema i radarskog cilja.

Analiza radarske površine rotirajućeg cilja po azimutu

Analiza distribucije »bleštećih tačaka« radarske površine ostvaruje se pomoću sintetizovanog otvora, relativnim kretanjem između antene mernog sistema i objekta, bilo da se antena kreće uz nepokretan cilj, ili da je nepokretna a cilj rotira u određenom ugao-
nom opsegu, slika 1.

Sl. 1 — Geometrija mernog mesta i dobijanje sintetizovanog otvora

Sintetizovan otvor formira se koherentnim sumiranjem prijemnog polja, uzorkovanog u više ugaonih pozicija.

Ukupno prijemno polje ($G(f_x)$ i distribucija »bleštećih tačaka« radarske površine cilja $g(x)$, povezani su Fourierovom transformacijom [1, 2]:

$$G(f_x) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) e^{-j\pi f_x x} dx \quad (1)$$

$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f_x) e^{j\pi f_x x} df_x \quad (2)$$

gde je: $f_x = 2 \sin(\Phi)/\lambda$

Potrebni ugaoni interval u kome se vrši uzorkovanje polja, zavisi od željene rezolucije distribucije »bleštećih tačaka« radarske površine cilja Δx . Na osnovu kriterijuma da će dva signala biti razdvojena ako se njihova relativna faza menja najmanje Π radijana, kada se tačka uzorkovanja pomera od centra do ivice sintetizovanog otvora, rezolucija distribucije »bleštavih tačaka« radarske površine cilja iznosi:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{4 \sin(\Phi_m/2)} \quad (3)$$

gde je:

λ — talasna dužina,

Φ_m — ugaoni opseg uzorkovanja.

U tom slučaju, korak uzorkovanja treba da bude:

$$\Delta \Phi < \frac{\lambda}{2D} \quad (4)$$

gde je:

D — širina cilja koji se analizira.

Merni sistem

U okviru eksperimentalne provere merne metode, realizovan je merni sistem prema slici 2. Ovako koncipiranim mernim sistemom moguće je izvršiti analizu »bleštavih tačaka« rotirajućeg cilja po azimutu.

Sl. 2 — Merni sistem za merenje i analizu »bleštavih tačaka« rotirajućeg cilja

Kao generator iskorišćen je generator HP 8690B čiji se signal pojačava visokofrekventnim pojačalom TWT VZX 698F. Sa pojačala signal se vodi na predajnu levak-antenu. Deo signala se preko usmerenog spreznika vodi kao referentni signal na analizator mrežnih parametara HP 8410. Predajna levak-antena osvetljava cilj koji rotira po azimutu. Reflektovano polje se prima levak-antenom i vodi na analizator mrežnih parametara. Sa indikatora amplitude i faze HP 8411 signal se vodi na dvokanalni A/D konvertor HP 54410A, digitalnog analizatora signala HP 5420A.

Za pomeranje cilja koristi se azimut-elevaciono postolje SA M 5301 sa upravljačko-indikatorskim uređajem SA 4420. Merenje se vrši po takt-impulsu, koji generiše kontroler HP 9845 na osnovu podataka sa digitalnog davača ugla DDC HSR 203, koji je proporcionalan uglu zakreta postolja na kome se nalazi cilj.

Cilj se nalazi na konusnom postolju izrađenom od stiropora.

Analiza »bleštećih tačaka« radarske površine rotirajućeg cilja vrši se korišćenjem jednodimenzionalnog FFT procesora u digitalnom analizatoru signala HP 5420A. Karakteristika digitalnog analizatora HP 5420A jeste da se Fourierova transformacija izvodi na 512 uzoraka u vremenskom domenu, dok se inverzna Fourierova transformacija izvodi na 256 kompleksnih uzoraka u frekventnom domenu. U našem slučaju, merimo amplitudu i fazu dijagrama raspršenja u 256 tačaka, koji su zapisani u vremenskom domenu. Korišćenjem kontrolera HP 9845 moguće je vršiti promenu deklaracije tipa podataka u digitalnom analizatoru signala, te izvršiti potrebne korekcije formata nakon transformacije. Na osnovu frekvencije na kojoj je vršeno merenje dijagrama raspršenja, računa se rezolucija Δx , a dobijeni rezultat se skalira tako da odgovara dužinskim jedinicama.

Eksperimentalni rezultati

Pomoću navedenog mernog sistema izvršena je analiza dva radarska lika: metalnog diska prečnika $\Phi=230$ mm i modela rakete. Merenje je izvršeno u elektromagnetski gluvoj komori.

Dijagram raspršenja diska izmeren je u ugaonom opsegu $\Phi_m=40^\circ$, na frekvenciji 8.5 GHz. Bokovi su potisnuti za oko 17.3 dB, slika 3.

Izvršena je analiza distribucije »bleštećih tačaka« radarskog lika diska po azimutu, čiji je rezultat prikazan na slici 4. Rezultat obrade 256 kompleksnih podataka dijagrama raspršenja je distribucija »bleštavih tačaka« po azimutu u opsegu od 6.6 m. Na osnovu distribucije »bleštećih tačaka« može se odrediti dimenzija radarskog lika, koji, prema dobijenom dijagramu, iznosi 232 mm, što pokazuje visoko slaganje sa fizičkim dimenzijama izmerenog diska. Nivo »bleštavih tačaka« diska za 30 dB je veći u odnosu na »bleštave tačke« okoline (apsorbera i postolja od stiropora).

Izmeren je dijagram raspršenja modela rakete, čije su dimenzije prikazane na slici 5.

Na slici 6a prikazan je izmereni dijagram raspršenja modela rakete, izmeren u ugaonom opsegu $\Phi_m=60^\circ$, na frekvenciji 9,456 GHz.

Iz analize distribucije »bleštećih tačaka« radarskog lika modela rakete možemo odrediti dimenzije koje, prema dobijenom dijagramu, iznose oko 562 mm, što se slaže sa fizičkim dimenzijama modela rakete. Sem toga, uočavamo određeni broj »bleštećih tačaka« koje imaju veći nivo od drugih tačaka, za 10 dB, što odgovara položaju repnih krila koje su bile pod uglom od 90° i daju veći doprinos u refleksiji nego telo rakete koje ima oblik cilindra, slika 6b.

Sl. 3 — Dijagram raspršenja metalnog diska izmerenog u 256 tačaka u ugaonom opsegu od 40°: a) amplituda, b) faza

Sl. 4 — Distribucija »bleštećih« tačaka diska: a) u opsegu od 6,6 m, b) u opsegu od 1 m

Sl. 5 — Dimenzije modela rakete

gram raspršenja više nije dovoljan, vrši se analiza distribucije radarske površine cilja, takozvanih »bleštećih tačaka«.

U radu je opisana jednodimenzionalna analiza po azimutu »bleštećih tačaka« rotirajućeg cilja. Realizovan je merni sistem i merenje odabranih ciljeva izvršeno je u elektromagnetski gluvnoj komori. Sintetizovan otvor dobijen je rotacijom cilja. Obrada dijagrama raspršenja izvodi se pomoću digitalnog analizatora signala HP 5420A.

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da distribucija »bleštećih tačaka« odgovara fizičkim dimenzijama analiziranih ciljeva. Sem toga, moguće je uočiti doprinos u refleksiji pojedinih delova cilja na osnovu razlike nivoa »bleštećih tačaka«.

Metoda može poslužiti u procesu konstrukcije i razvoja sredstava ratne tehnike [3]. Na osnovu analize dobija se položaj i jačina »bleštećih tačaka«. Dalji postupak u eliminisanju tako utvrđenih »bleštećih tačaka« jeste ili u promenama oblika ili u promeni konstruktivnih materijala. Ako nije moguće rešavanje problema na taj način, onda se ta mesta prekrivaju radarskim prigušnim materijalom u obliku boje ili slojeva.

Opisanim mernim sistemom, primenom mernog generatora sa preciznom promenom frekvencije, moguće je izvršiti dvodimenzionalnu analizu »bleštećih tačaka« po azimutu i po daljini.

Sl. 6

a) Dijagram raspršenja modela rakete, b) Distribucija »bleštećih tačaka« radarske površine modela rakete

Zaključak

Poznavanje visokorezolucijskog radarskog lika postaje sve važnije. Dija-

Literatura:

- [1] Mensa D. L. »High Resolution Radar Imaging«, Dedham, MA, Artech House Inc., 1981.
- [2] Mensa D. L., Shalom Halevy, Glen Wade, »Coherent Doppler Tomography for Microwave Imaging«, Proceedings of the IEEE, Vol. 71, No 2, February 1983.
- [3] Ivanović N. »Analiza uticaja multisenzorske »vidljivosti« tenka na konstrukciju i razvoj«, magistarski rad, VVTŠ KoV, Zagreb, 1988.