Milorad Bogdanović,
potpukovnik, dipl. inž.

Radarski koordinator protivradarskih raketa

U radu su dati neki parametri za radarski koordinator protivradarske rakete i, na osnovu njih, konfiguracije koordinatora. Prikazan je i uticaj nekih parametara kod amplitudnih i faznih monoimpulsnih koordinatora.

Uvod

Protivradarska raketa (PRR) pojavila se kao posebna klasa sredinom 1960, kada je uočeno da zemaljski radari imaju ključnu ulogu u sistemima PVO i da je relativno lako napraviti raketu samonavođenu na operativni radar. Jedan od najvažnijih delova PRR je radarski koordinator. Njegovom izboru i konstrukciji poklanja se posebna pažnja [1]. Koordinator PRR mora povezati najnovija dostignuća na području mikrotalasne tehnike i digitalne obrade [2]. Konstrukcija koordinatora treba da obezbedi: širokopojasnost, veliku osetljivost, te sposobnost za tačno trenutno merenje ugla dolaska signala. Kritični parametri za konstrukciju koordinatora su: frekvencijsko pokriće, polarizacija, osetljivost, dinamički opseg, širina propusnog opsega, potiskivanje ometajućih parazitnih — produkata, tačnost merenja ugla, ugao vidnog polja, potiskivanje zadnjih latica (izvan polja vidljivosti), otvor antene, te prostor za smještaj [3].

Frekvencijsko pokriće određeno je radnim frekvencijskim opsegom radarskih izvora zračenja. Kako se mogući ciljevi PRR razni PVO sistemi, distribucija frekvencija radarskih izvora zračenja je velika. Gornje frekvencijsko područje ograničeno je J opsegom, dok budućnost ukazuje na potrebu pro-

širenja na K opseg. Specifičnost frekvencijskog pokrića koordinatora zavisi od konkretne primene. Većina radara locirana je iznad 5 GHz, dok su ispod 3 GHz locirani stariji radari, te akvizicijski i osmatrački radari većeg dometa. Prema tome, od PRR za paraliziranje PVO zahteva se da pokrivaju od A do K opsega, dok se od PRR za samozaštitu zahteva da pokrivaju od G do K opsega.

Osetljivost je određena zahtevom da se radar napada iz sigurne zone po bočnoj ili zadnjoj latici. Taktički je nepraktično i nepoželjno zahtevati napad samo u snop ili blizu glavnog snopa. Nivo snage izvora zračenja, povezan sa bočnim ili zadnjim laticama antene, određuje potrebnu osetljivost i treba da bude >-70 dBm za impulsne signale >-80 dBm za CW signale. Potreban dinamički opseg treba da bude >40 dBm.

Širina propusnog opsega prijemnika određena je međusobno suprotnim zahtevima. Za brzo prekrivanje širokog opsega frekvencija poželjna je velika širina propusnog opsega. Velikom širinom postiže se velika verovatnost zahvata u režimu pretraživanja, te dobre karakteristike protiv širokopojasnih, frekventnoagilnih izvora zračenja. Međutim, uži propusni opseg je povoljniji zbog bolje osetljivosti prijemnika i bolje selektivnosti cilja, a i zbog mi-

nimiziranja gustoće vanjskih pozadinskih signala. Kompromis između ovih dilema je konstrukcija koordinatora s više opcija u širini propusnog opsega (široki $B > 250$ MHz, uski $B < 50$ MHz). Logika digitalne obrade signala s ugrađenim kompjuterom treba da omogući izbor prikladne širine propusnog opsega, koja se zasniva na karakteristikama signala izvora zračenja, gustoći pozadinskih signala, te režima rada koordinatora.

Potiskivanje smetajućih proizvoda određeno je, uglavnom, ukupnom gustinom izvora zračenja u radnom frekvencijskom opsegu i zavisi od scenarija i primene. U nekim frekvencijskim opsezima, na srednjim i velikim visinama leta, uz okruženje s velikom gustoćom izvora zračenja, nemoguć je porast nivoa korisnog signala, pa je zahtev za potiskivanje smetajućih proizvoda značajan. Naime, potrebno je da bude > 40 dB. U drugim primenama, uz malu gustoću izvora zračenja, kao što je scenarij rata na moru i pri letu na malim visinama veći su nivoi korisnog signala, pa zahtev za potiskivanje smetajućih proizvoda nije presudan.

Merenje upadnog ugla prijemnog signala treba da bude trenutno i tačno. Zahteva se da tačnost merenja ugla bude $1\text{--}3^\circ$ blizu linije viziranja (LV) i $10\text{--}20^\circ$ izvan LV unutar vidnog ugla $> 30^\circ$ i uz potiskivanje zadnjih latica izvan polja vidljivosti > 30 dB. Koordinator prati cilj i daje korekcije na autopilot, obezbeđujući da je PRR konstantno usmerena prema izvoru zračenja. Upravljanje putanjom rakete obično je u dve ravni i to u horizontalnoj ravni ili ravni ugla skretanja i vertikalnoj ravni ili ravni ugla nagiba. Ove dve ravni su odvojene, pa postoje dva razdvojena ali slična sistema za vođenje. Ugovori senzori su nezavisni od talasnog oblika koje koristi izvor i mogu biti s trenutnom i sekvencijalnom obradom.

Sistemi sa trenutnom obradom ili monoimpulsnom obradom izvode greš-

ku iz senzora trenutno ili za vreme jednog impulsa. Prijemnih kanala ima više (najmanje dva, najviše četiri) i koriste se za dobijanje merenog pravca. Ovakva metoda naziva se *monoimpulsnom metodom*, jer bilo koji prijemni signal daje kompletan podatak za praćenje po uglu. Monoimpulsni metod obezbeđuje dobro praćenje, ali mu je nedostatak složenost sistema.

Sekvencijalno pretraživanje zahteva modulaciju primljenog signala i generiranje jednog signala greške za korekciju pozicije PRR. Potreban je samo jedan kanal. Amplituda i faza modulacije koriste se za određivanje greške. Potrebno je nekoliko ciklusa skaniranja da bi se dobio signal greške. Metoda je nešto jednostavnija jer koristi samo jedan snop čiji je maksimum uglavnom pomaknut u odnosu na os antene i rotira oko antenske ose, opisujući konus, pa se metoda naziva *metoda s konusnim skaniranjem*. Sekvencijalnost metode čini metodu ranjivom u odnosu na jednostavne metode elektronskih ometanja, pa je za PRR monoimpulsni metod skoro uvek pogodniji u odnosu na konusno skaniranje.

Navedeni parametri predstavljaju »tipični« sistem PRR. Međutim, kod specifične primene zahteva će se varijacija gornjih vrednosti. U radu se razmatraju neka rešenja koordinatora PRR i neki parametri.

Monoimpulsni koordinatori

Monoimpulsne metode merenja ugla obezbeđuju tačno i trenutno merenje ugla. Da bi se obezbedio široki prostor pokrića izvan LV, obično se zahteva širina vidnog polja $\pm 30^\circ$. To se može realizovati ili širokim snopom fiksno učvršćene antene ili uskim pomičnim snopom. Izbor jednog od ova dva načina zavisi, uglavnom, od cene. Zahteva se dobro potiskivanje signala izvan vidnog polja da bi se osigurala jednoznačna detekcija lokacije cilja i

ispravno samovođenje rakete. Moguće su brojne alternativne konfiguracije koordinatora. Sve se susreću s navedenim zahtevima. Međutim, postoji nekoliko komponenti koordinatora koji su kritični u pogledu cene i realizacije, a to su: širokopojasna antena, mikrotalasni sklop za formiranje signala sume i razlike; širokopojasni mešači koji rade od K do J opsega; širokopojasni lokalni oscilatori sposobni za brzo, linearno jednodnažno podešavanje frekvencije od B do K opsega; širokopojasna malošumna pojačala sposobna za J-K opseg; integralna logaritamska pojačala velikog dinamičkog opsega za rad na video području ili na MF 200—300 MHz, te moduli za digitalno procesiranje.

Višeoktavni širokopojasni koordinator *antene* treba da zadovolji suprotne zahteve, kao što su: polarizacija, pojačanje, širina snopa, tačnost smeranja, složenost, te najniža i najviša frekvencija.

Prvi kritični parametar je *polarizacija*, jer radarski predajnici koriste široki oblik polarizacija. To se dodatno

za bilo koji primljeni impuls, što omogućuju monoimpulsni principi s odgovarajućim antenama. Da bi se sačuvala širina snopa i karakteristika usmeranja, poželjna je frekvencijski nezavisna antena.

Sledeći kritični parametar je *otvor antene*, jer za najniže zahtevane frekvencije prednji istureni otvor je manji od talasne dužine.

Antenski sistem za *amplitudni monoimpulsni koordinator* (A-MIK) ima jedan antenski otvor za dva ili više sasvim blizu postavljena radijatora. Svaki od blizu postavljenih radijatora ima dijagram zračenja koji je pomećen za ugao γ u odnosu na os antene (ravan signalni pravac RSP). Dijagram A je slika u ogledalu dijagrama B oko ravno signalnog pravca (RSP). (slika 1a).

Svi dolazni signali unutar širine dijagrama, osim onih koji dolaze duž LV, daju na izlazu antena signale sa različitim amplitudama. Antena A-MIK ima zakrivljeni reflektor koji zauzima znatan deo prostora u kojem skanira

Sl. 1a

komplikira uobičajenim zahtevom da koordinador radi po bočnim i zadnjim laticama izvora zračenja gde je polarizacija promenjiva i nedefinirana. Poželjno je imati antenski sistem koordinatora s raznolikom polarizacijom. Pored toga, zahteva se informacija o uglu,

(unutar ugla $\pm 30^\circ$). Da bi se omogućilo ovo kretanje, prečnik reflektora treba da bude manji od prečnika rakete i iznosi oko 75% unutrašnjeg prečnika rakete. Najjednostavniji širokopojasni A-MIK koristi snopove pojedinačnih dvozavoynih planiranih spiralnih ante-

na. Blok-shema A-MIK sa sumom (S) i razlikom (R) data je na slici 1a. VF signali i njihove pridružene obvojnice, koji dolaze sa izlaza S i R komparatora (sl. 1b), prebačene su s mešačem na

teristikom može se izvesti sa dve ili više reflektorskih antena koje su razmaknute za nekoliko talasnih dužina. Svaka antena proizvodi identičan dijagram zračenja, koji su, svaki za sebe, sime-

Sl. 1b

MF pojačalima i procesiraju u odgovarajućim detektorima i kolima za poboljšanje monoimpulsne rezolucije.

Kod primene, gde se traži veća uglovna tačnost i veća stabilnost gonio-metarske strmine i gde je postojeći prečnik otvora kod najnižih radnih frekvencija manji od jedne talasne dužine, prikladniji je fazni monoimpulsni koordinator. Antenski sistem za fazni monoimpulsni koordinator (F-MIK) s potrebnom amplitudnom i faznom karak-

terični oko svoje LV (sl. 2a). Kako su pojedinačne LV paralelne, dijagrami zračenja u dalekom polju svake od antena se skoro poklapaju, dajući jednaku amplitudu signala u svakoj anteni za ciljeve unutar njihove širine snopa. Međutim, postoji vremensko ili fazno kašnjenje za sve povratne signale koji su izvan LV ($\Theta = 0^\circ$). Bazni koncept fazne monoimpulsne metode prikazan je na slici 2a. U ovom konceptu uglovna informacija se dobije preko relativnog

Sl. 2a

Sl. 2b

vremena dolaska jednog impulsa na par antena. To se lako postiže merenjem relativne faze signala između antena u paru. Antena F-MIK sa pridruženim sklopovima za formiranje S i R može se izvesti na tankoj ravnoj ploči u mikrotrakastoj tehnici. Ovakva antena zahteva manje prostora za smeštaj i skeniranje u odnosu na antenu A-MIK. Njen prečnik je većih dimenzija i iznosi oko 85% prečnika rakete, što daje bolju uglovnu rezoluciju.

Sl. 3

Pokretna verzija antene za F-MIK je, obično, planarni antenski niz sa $\lambda/2$ elementima koji su postavljeni na kruž-

Sl. 4

noj ravnoj ploči. Za F-MIK u dve ravni niz je podeljen u četiri kvadranta (sl. 3). Svaki par kvadranta ekvivalentan je jednoj od antena u F-MIK. Fazni centar gornjeg para je u težištu te površine. Slično je za fazni centar donjeg para. Razmak između faznih centara daje bazu dr.

Kako je raspoloživi otvor za primenu koordinatora ograničen, pokušao se povećati raspoloživi otvor lociranjem

antena koordinatora na telo rakete. Aerodinamički i strukturni zahtevi diktirali su da su antene fiksno vezane za telo rakete. Uglovni senzor, koji koristi antene montirane spolja naziva se *fazni interferencijski koordinator* (FIK). Antene treba da obezbede pokriće zahtevanog vidnog ugla. FIK ima prednost u odnosu na F-MIK, zato što koristi spoljni promer tela rakete, pa može dati bolju uglovnu rezoluciju. Antena jednog FIK za dve ravni vođenja sastoji se od dva para pojedinačnih antena učvršćenih oko tela rakete, slika 4. Antene su longitudinalno usmerene i imaju mali aerodinamički otpor. Svaka antena ima mali dobitak (7-10dB) i pokri-

Vidi se da se sistemi monoimpulsnih koordinatora (A-MIK i F-MIK) razlikuju, uglavnom, u konfiguraciji antene. Komparator i prijemnik mogu biti slični kod A-MIK i kod F-MIK, izuzev MIK s četverozavoјnom antenom gde je u prijemniku potreban sklop za formiranje snopova. U nastavku su pokazani utjecaji faznog pomaka u pretkomparatoru i amplitudne asimetrije antena u A-MIK i F-MIK.

Neki parametri A-MIK

Pretpostavimo da su dijagrami usmerenosti A-MIK u jednoj ravnini oz-

Sl. 5

va ugao od $\pm 30^\circ$. FIK meri ugao u odnosu na vlastitu os.

Optimum u korišćenju ograničenog raspoloživog otvora prednjeg sektora PRR postiže se četverozavoјnom spiralnom antenom [4]. Značajna karakteristika ove antene jeste da je: frekvencijski nezavisna, da ima odlične polarizacijske karakteristike, da generira sve zahteve goniometra sa samo jednom antenom i da zahteva samo dva prijemna kanala za obradu. Ova spiralna antena našla je primenu u koordinatorima kod PRR SHRIKE i STANDARD. Slika 5 prikazuje shemu koordinatora sa četverozavoјnom spiralnom antenom.

načeni sa A i B kao na slici 1a i da su opisani izrazima 1 i 2. Izrazi sadrže antenske parametre ϵ — širina snopa i Ψ — razdvojenost snopova.

$$A = \sin \left[\frac{\pi \Theta}{\epsilon} + \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{\Psi}{\epsilon} \right) \right] \quad (1);$$

$$-1/2 (\epsilon + \Psi) \leq \Theta \leq 1/2 (\epsilon - \Psi)$$

$$B = \sin \left[\frac{\pi \Theta}{\epsilon} + \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{\Psi}{\epsilon} \right) \right] \quad [2]$$

$$-1/2 (\epsilon + \Psi) \leq \Theta \leq 1/2 (\epsilon - \Psi)$$

gde je Θ upadni ugao dolaznog signala.

Sl. 6

Ovi izrazi su nacrtani na slici 6 za SS-širinu snopa $\epsilon = 12^\circ$ i RS — razmak snopova $\Psi = 6^\circ$. Ovojnica sume je zbroj dijagrama A i B, a ovojnica razlike je razlika dijagrama A i B, što je nacrtano na slici 7.

γ u radiatoru, reflektoru, napojnom vodu i komparatoru (u nastavku fazni pomak u pretkomparatoru), naponi sa antena A i B neće se potpuno poništiti na LV, pa i nulti nivo dijagrama razlike neće biti nula.

Sl. 7

Pretpostavimo da je signal sa jednakom fazom primljen sa obe antene u blizini nulte pozicije ($\Theta = 0^\circ$). Međutim, kao rezultat nekog faznog pomaka

Dubina nule (DN) definiše se kao odnos nivoa u nuli i nivoa na vrhu dijagrama razlike (sl. 7). Familija krivulja na slici 8 prikazuje uticaj faznog

Sl. 8

pomaka γ na dubinu nule uz neke vrednosti rs-normiranog razmaka snopova $(\Psi/\varepsilon)=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$.

Budući da će dubina nule uticati na preciznost merenja ugla, poželjno je, koliko je moguće, sačuvati dubinu nule što dublje i što strmije. Slika 8 prikazuje da za dobru dubinu nule fazni pomak pretkomparatora mora da bude mali. Za zadanu vrednost faznog pomaka dobije se bolja DN uz veći razmak snopova (Ψ/ε) .

$\Psi/\varepsilon = 0.2; 0.4; 0.6$. Slika 10 prikazuje razliku faza za $\varepsilon = 5$, $\Psi/\varepsilon = 0.4$ i neke fazne pomake $\gamma = 0; 5; 10$. Vidi se da se fazna razlika signala menja oštro kada nema faznog pomaka u pretkomparatoru i postaje postepenija (sa manjom strminom) sa porastom γ ili uz manji razmak snopova (Ψ/ε) .

Ranije je utvrđeno da se nulta tačka pojavljuje na LV antene ($\Theta=0^\circ$) za simetričan antenski dijagram, kada su naponi sa obe antene jednaki, što us-

Sl. 9

Zbog faznih pomaka pretkomparatora dolazi do druge pojave — *promena fazne razlike* ($\alpha_s - \alpha_r$), odnosno do pomaka LV antene. Signali S i R uspoređuju se u faznom detektoru prijemnika. Promena faze je indikacija o položaju antene. Bilo koji pomak ove promene faze odgovara nekoj greški u tačnom očitavanju položaja antene. Slika 9 prikazuje razliku faza ($\alpha_s - \alpha_r$), za fazni pomak $\gamma = 5^\circ$, širinu snopa $\varepsilon = 5^\circ$ i neke norm. razmake snopova

lovljava naponsku simetričnost između A i B kanala. Neka nivoi signala nisu jednaki (*naponska nesimetrija*), što može izazvati veće gušenje u jednom kanalu nego u drugom. Izrazom (3) opisan je ugao Θ_s koji predstavlja pomak LV zbog nesimetričnosti napona:

$$\Theta_s = \frac{\varepsilon}{\pi} \tan^{-1} \frac{1 - NN}{1 + NN} \cot \frac{\pi}{2} \frac{\Psi}{\varepsilon} \quad (3)$$

gde $NN > 1$ predstavlja gubitke u relativnom naponu kod slabijeg kanala.

Sl. 10

Pomak LV prikazan je na slici 11 za razmake snopova od $\Psi/\varepsilon = 0.2; 0.4; 0.6$. Može se videti da za neku napon-sku nesimetričnost manji pomak LV je uz veći rs — uglovni razmak snopova (Ψ/ε).

Neki parametri F-MIK

Na slici 2a prikazana je konfiguracija antene faznog monoimpulsnog komparatora (F-MIK) i uopštena situacija radarskog signala koji dolazi pod nekim uglom Θ u odnosu na ravninu otvora antene. Signal koji dolazi na antenu A kasni u odnosu na signal antene B. Ovo kašnjenje izazvano je dužinom $S = d \sin \Theta$ i unosi kašnjenje faze $\Phi = 2\pi (d/\lambda) \sin \Theta$. Naponi na antenama A i B mogu se opisati sa:

$$A = K_1 \sin(\omega_0 t); \quad B = K_1 \sin(\omega_0 t + \Phi) \quad (4)$$

gde je K — konstanta koja je određena predajnom snagom, daljinom, radar-skom površinom cilja i parametrima antene.

Signali kanala sume i razlike su:

$$U_s = K_1 [\sin(\omega_0 t) + \sin(\omega_0 t + \Phi)] = K_s \sin(\omega_0 t + \alpha_s) \quad (5)$$

$$U_r = K_1 [\sin(\omega_0 t + \Phi) - \sin(\omega_0 t)] = K_r \sin(\omega_0 t + \alpha_r) \quad (6)$$

gde su: K_s i K_r — amplitude kanala S i R.

$$K_s = K_1 \sqrt{(1 + \cos \Phi)^2 + (\sin \Phi)^2} = 2K_1 \cos(1/2\Phi) \quad (7)$$

$$K_r = K_1 \sqrt{(\cos \Phi - 1)^2 + (\sin \Phi)^2} = 2K_1 \sin(1/2\Phi) \quad (8)$$

a: α_s i α_r — pripadne faze

Na slici 12 nacrtane su relativne amplitude kanala sume i razlike kao funkcije faznog kašnjenja Φ .

Sl. 11

Sl. 12

Fazna promena ($\alpha_s - \alpha_r$) za $\gamma = 0$ događa se na LV ili kod $\Theta = 0^\circ$ ili $\Phi = 0^\circ$, što je isto kao i kod A-MIK, (sl. 10). Ako se pretpostavi da u napajanju antene B postoji fazni pomak γ , fazna razlika sume i razlike ($\alpha_{s1} - \alpha_{r1}$) događa se kada je $\Phi = -\gamma$, a ne kod $\Phi = 0^\circ$. To će izazvati promenu ugla LV.

Amplitude kanala S i R za neki fazni pomak γ su:

$$\begin{aligned} K_{s1} &= 2K_1 \cos[1/2(\gamma + \Phi)]; \\ K_{r1} &= 2K_1 \sin[1/2(\gamma + \Phi)] \end{aligned} \quad (9)$$

položaj nule kanala R ili fazne promene za fazni pomak γ zavisi od veličine $2\pi d/\lambda$. Iz izraza $\Phi_0 = -\gamma$ dobije se $\Theta_s = \gamma/(2\pi d/\lambda)$. Da bi se pokazao uticaj normiranog razmaka antena (d/λ) na položaj nule kanala R i na položaj fazne promene, na slici 14 dat je dijagram za vrednosti $(d/\lambda) = 1; 5; 10; 15; 20$. To pokazuje da su u F-MIK razmak antena (d) i valna dužina (λ) važni parametri u određivanju grešaka sistema.

Ponovo pretpostavimo slučaj naponske nesimetrije između kanala A i

Sl. 13

Da bi se našao položaj nule kanala R, potrebno je izraz (9) izjednačiti sa nulom i rešiti po Φ , što daje: $\Phi_0 = -\gamma$. Budući da je $\Phi_0 = -\gamma$ u nuli, može se videti da je nula amplitude kanala R pomaknuta za isti iznos kao i tačka fazne promene. Pomak nule amplitude signala razlike vidi se na slici 13 (za $\gamma = +10^\circ$). Isto tako, može se videti da

B. Neka je napon u kanalu A reduciran faktorom $L < 1$. Odgovarajući izrazi za F-MIK se menjaju, pa su amplitude kanala R i S:

$$\begin{aligned} K_{r2} &= K_1 \sqrt{(\cos\Phi - L)^2 + (\sin\Phi)^2}; \\ K_{s2} &= K_1 \sqrt{(L + \cos\Phi)^2 + (\sin\Phi)^2} \end{aligned} \quad (10)$$

Dijagram ovih izraza prikazan je na slici 15 za naponske nesimetričnosti

Sl. 14

$L=1.0\text{dB}$, 0.4dB , i 0.1dB . Amplituda kanala sume menja se neznatno. Dobro se vidi »popunjavanje« nule kanala razlike porastom L .

Iz prethodnog razmatranja o merenju ugla uočava se da pomak LV izaziva u A-MIK naponska nesimetrija kanala, a kod F-MIK fazni pomak γ u

Sl. 15

Budući da stvarna dubina nule varira sa parametrima oblikovanja antene, ove krivulje samo pokazuju promenu u dubini nule u zavisnosti od promene nesimetričnosti napona. Fazna razlika ($\alpha_{s2} - \alpha_{r2}$) u zavisnosti od naponske asimetrije L slična je faznoj razlici A-MIK s faznim pomakom pretkomparatora γ . Umesto oštre fazne promene kod $\Phi = 0$, promena je postepenija, ako raste naponska asimetrija L (vidi sl. 10).

Zaključak

U radu su dati neki zahtevi koji se postavljaju širokopojasnim koordinatorima PRR. Koristeći skup ovih zahteva, data su neka rešenja koordinatora polazeći od jednostavnih monoimpulsnih antena do četverozavojne spiralne antene. Izbor tipa antene i tipa prijemnika, u najvećoj meri, zavisi od karakteristika upotrebljene rakete (kao što su promer prednjeg otvora rakete), izvora zračenja koji treba da je pokriven (posebno niže frekvencije), te gustoće izvora zračenja.

pretkomparatoru. Smanjenje dubine nule kanala razlike izazivaju u A-MIK fazni pomak γ u pretkomparatoru, a u F-MIK naponska nesimetrija. Postepenu promenu fazne razlike ($\alpha_s - \alpha_r$) izaziva u A-MIK fazni pomak γ , a u F-MIK naponska nesimetrija L . U A-MIK širina snopa ϵ i razdvojenost snopova Ψ , utiču na vrednost dubine nule i pomak LV. Unutar ograničenja poželjno je imati veći odnos Ψ/ϵ i manji ϵ . U faznom MIK razmak između antena d , radna talasna dužina λ , utiču na vrednost dubine nule i na pomak LV. Unutar ograničenja poželjno je imati veći odnos d/λ i takvu širinu snopa da se obezbedi jednoznačnost merenja ugla. Dijagrami sume i razlike za A-MIK i F-MIK su slični, pa obrada informacije za oba sistema može biti slična izuzev MIK s četverozavojsnom spiralnom antenom gde je potreban dodatni sklop za formiranje snopova.

U radu nisu posmatrane obrade signala. Obrada signala kompleksnijih izvora zračenja u znatnoj meri određuju karakteristike koordinatora.

Literatura:

- [1] Berman R., Guston B.: »ROKET & MISSILES OF WORLD WAR III« BISON BOOK, 1986
- [2] Dan Boyle: »ANTI-RADAR MISSILES« Interview 11/1982.
- [3] McLendon R., Turner C.: »Broadband Sensors for Lethal Defense Suppression« MICROWAVE JOURNAL, Sept. 1983.
- [4] Josiph A. Mosko: »An Introduction to Wideband, Two-Channel Direction-Finding Systems«, Part I, Part II. MICROWAVE JOURNAL., Feb. 1984. i March 1984.