

Analiza izbora antene radio-tehničkog izviđačkog sistema

Mr Andraš Gabor, dipl.inž.¹⁾

Izvršena je analiza izbora antene radio-tehničkog izviđačkog sistema u cilju što efikasnijeg izviđanja. Predočeni su zahtevi koje antena izviđačkog sistema treba da ispuni. Izvedene su relacije za vreme koincidencije, odnosno za vreme preklapanja dijagrama zračenja radarske antene i antene izviđačkog sistema za slučaj rotirajuće i stacionarne antene izviđačkog sistema.

ključne reči: Radio-tehničko izviđanje, vreme koincidencije, elektronska borba.

Uvod

RADIO-TEHNIČKI izviđački sistemi poslednjih godina imaju sve širu primenu u oružanim snagama svih zemalja. Imajući u vidu da se uglavnom zna kojim elektronskim sredstvima raspolaže koja zemlja, cilj radio-tehničkog izviđanja jeste, ne samo da izmeri karakteristike i parametre elektronskih sredstava potencijalnog protivnika već i da kroz relativno duži period izviđanja utvrdi taktiku upotrebe tih sredstava. Tek tada može da se primeni efikasno ometanje kako bi se elektronsko sredstvo suprotne strane eliminisalo ili se znatno degradirale njegove karakteristike. Da bi izviđanje bilo što efikasnije, neophodno je posvetiti veliku pažnju dizajniranju izviđačkog sistema, a pre svega njegove prve komponente u lancu - antenama. U ovom radu biće reči o jednom aspektu pravilnog izbora antena za radio-tehničke izviđačke sisteme.

Radar predstavlja najveći napredak u detekciji udaljenih objekata od otkrića teleskopa 1608. godine. Sa radarom je veoma tesno povezano i elektronsko izviđanje koje zapravo predstavlja proces osmatranja (izviđanja) signala koji su emitovani od strane radarskih sistema u cilju dobijanja informacija o njihovim parametrima. Na taj način je omogućeno da se pomoću izviđačkih sistema dobiju korisne informacije o udaljenim izvorima radarskog zračenja. Zbog toga je elektronsko izviđanje veoma pogodno u oblastima gde se izvode određena borbena dejstva. Pomoću elektronskog izviđanja se na vreme mogu dobiti informacije o raznim protivničkim elektronskim sredstvima, npr. o radarima koji navode avione ili rakete na ciljeve ili o raznim odbrambenim elektronskim sistemima [1 i 2].

Prijem radarskih signala od strane izviđačkih sistema u većini slučajeva nije komplikovan, s obzirom na njihovu veliku gustinu snage. Dok je snaga primljenog signala kod radara jednaka recipročnoj vrednosti četvrtog korena udaljenosti do cilja, snaga signala na ulazu u prijemnik je kod izviđačkog sistema proporcionalna recipročnoj vrednosti kvadratnog korena rastojanja između radara koji se izviđa i izviđačkog sistema. Zbog navedenog razloga se mogu otkrivati i veoma udaljeni radari pomoću izviđačkih sistema.

Da bi se odredio smer nailaska radarskog signala, izviđačkom sistemu sa rotirajućom antenom, potreban je veći broj primljenih radarskih impulsa, a postupak "traženja" radara može trajati i do nekoliko minuta, dok stacionarni monoimpulsni sistem obavi merenje, u principu, samo sa jednim primljenim impulsom.

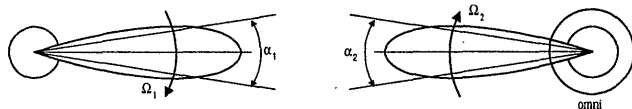
Za merenje frekvencije ponavljanja radarskih impulsa oba sistema (i monoimpulsni i izviđački sistem sa rotirajućom antenom) moraju primiti određen broj impulsa. Stacionarni izviđački sistem meri parametre radarskog impulsa iz svih pravaca nailaska, a moguće je merenje i iz određenog sektora unapred definisane širine. Izviđački sistem sa rotirajućom antenom meri parametre signala iz uzanog ugao-nog sektora, unutar unapred određenog prozora kojeg definišu usmerena i svesmerna antena. Navedeni sistemi se zato razlikuju po načinu prijema reflektovanih signala bez obzira što se, kod sistema sa rotirajućom antenom, primaju signali sve vreme i iz cele okoline.

Osetljivost navedenih sistema je, takođe, različita. Stacionarni sistem ima antene sa pojačanjem (dobitak) 6 - 10dB, a rotirajući \approx 20dB, što omogućava da se izviđaju radari, čak, i preko svojih bočnih lepeza.

Izviđanje radara rotirajućom prijemnom antenom i neselektivnim prijemnikom

Na sl.1 je predstavljen najčešći režim rada izviđačkog sistema kada se pomoću rotirajuće prijemne antene primaju signali iz glavnog snopa radarske antene [3,4]. Za prijem se koristi širokopojasni prijemnik, npr. IFM prijemnik, koji je otvoren za prijem signala svih frekvencija u određenom frekvencijskom opsegu. Koincidencija snopova se smatra kao slučajna pojava zbog čega se isključuje slučaj kada se antene okreću približno sinhrono (u istom smeru sa približno istim brojem obrtaja). Da do takvog slučaja ne bi došlo, neophodno je predvideti mogućnost da se broj obrtaja prijemne antene može birati po želji u oba smera.

¹⁾ Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15



Slika 1. Princip izvidanja radara rotirajućom prijemnom antenom i frekvencijski otvorenim prijemnikom

Glavni snopovi prijemne i radarske antene se ponekad susretnu i u određenom vremenskom intervalu se prekrivaju, odnosno dolazi do tzv. koincidencije snopova. Koincidentno trajanje je vreme za koje je omogućen prijem radarskih impulsa. Kod analize trajanja koincidencije, pre svega, treba definisati vremenske intervale koji odgovaraju širini glavnih snopova obe antene:

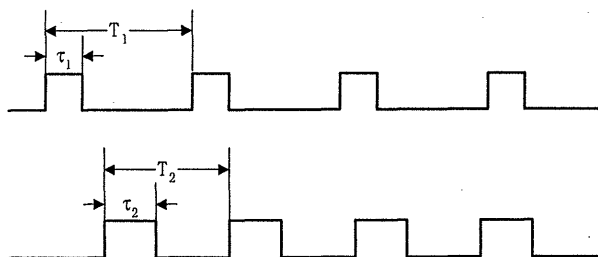
$$\tau_1 = \frac{\alpha_1}{360} T_1, T_1 = \frac{60}{\Omega_1} \quad (3)$$

$$\tau_2 = \frac{\alpha_2}{360} T_2, T_2 = \frac{60}{\Omega_2} \quad (4)$$

gde su:

- τ_1 – vremenski interval radarske antene koji odgovara širini njenog glavnog snopa (u sekundama);
- τ_2 – vremenski interval prijemne (izviđačke) antene koji odgovara širini njenog glavnog snopa (u sekundama);
- Ω_1 – broj obrtaja radarske antene u minutu;
- Ω_2 – broj obrtaja prijemne (izviđačke) antene u minutu;
- T_1 – vreme jednog obrtaja radarske antene u sekundama
- T_2 – vreme jednog obrtaja prijemne (izviđačke) antene u sekundama.

Na sl.2 je prikazano ponavljanje vremenskih intervala obe antene (τ_1 , τ_2 , T_1 , T_2) u odnosu na broj obrtaja antena. Prekrivanje tih intervala omogućava prijem radarskih signala u prijemniku izviđačkog sistema.



Slika 2. Koincidencija signala iz radarske i prijemne (izviđačke) antene

Sa sl.2 se vidi da koincidentno trajanje zavisi od širine dijagrama zračenja obe antene i broja obrtaja kako radarske tako i antene izviđačkog sistema, a određuje se pomoću sledeće jednačine:

$$\tau = \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{\tau_1 + \tau_2}, \quad \tau = N \cdot t_1 = \frac{N}{f_1} \quad (5)$$

gde su:

N - broj primljenih impulsa u vremenu koincidencije, a t_1 - perioda ponavljanja primljenih impulsa.

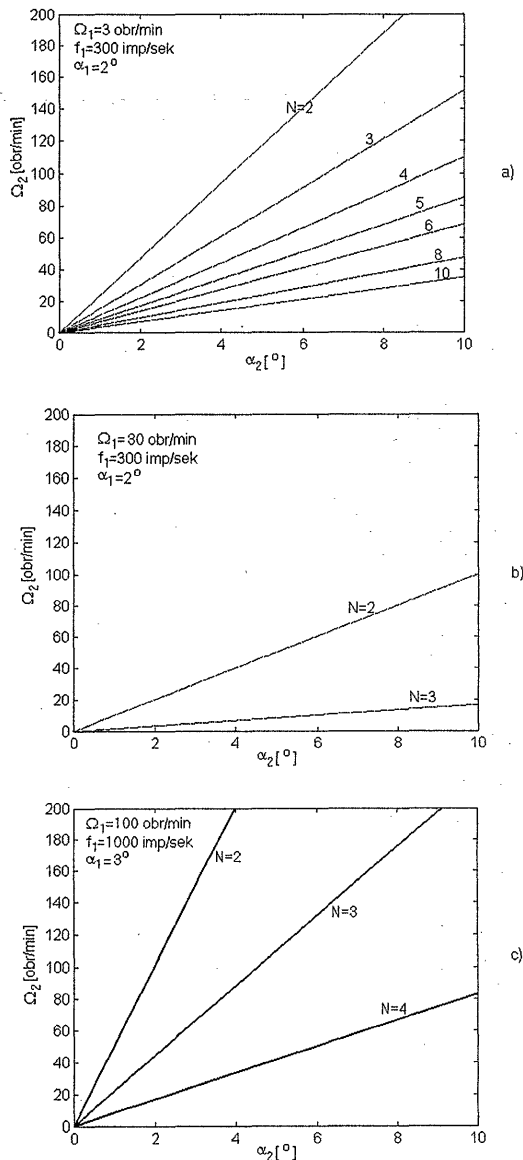
Za vreme trajanja koincidencije mora se primiti određen broj radarskih impulsa. Za analizu frekvencije ponavljanja radarskih impulsa (f_1), kao jednog od osnovnih karakteristika radara, neophodan je prijem 5- 10 radarskih impulsa kako bi se mogla ispitati povorka impulsa (da li postoji stage-rovanje i kojeg je stepena).

Dva bitna systemska parametra prijemne antene su broj obrtaja u minutu (Ω_2) i širina dijagrama zračenja glavnog snopa (α_2). Pomoću prethodne jednačine se dobija:

$$\Omega_2 = \alpha_2 \left(\frac{f_1}{6N} - \frac{\Omega_1}{\alpha_1} \right) \quad (6)$$

gde su: Ω_1 i Ω_2 - obrtaji u minutu, α_1 i α_2 - širine dijagrama zračenja radarske i prijemne antene u stepenima, a f_1 - frekvencija ponavljanja impulsa radara.

Pomoću (6) su nacrtani dijagrami na slikama 3 (a,b i c).



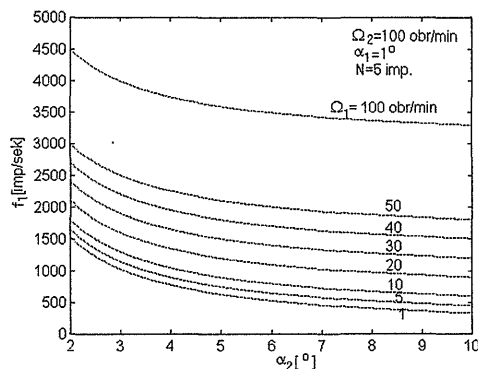
Slika 3. Zavisnost broja primljenih radarskih impulsa N od broja obrtaja radarske antene Ω_1 : a) $f_1=300$ imp/sek, $\alpha_1=2^\circ$ i $\Omega_1=3$ obr/min, b) $f_1=300$ imp/sek, $\alpha_1=2^\circ$ i $\Omega_1=30$ obr/min, c) $f_1=300$ imp/sek, $\alpha_1=2^\circ$ i $\Omega_1=100$ obr/min

Na osnovu tih dijagrama se može zaključiti da je moguće sa prijemnom (izviđačkom) antenom pri $\Omega_2 = 100$ obrtaja u minutu i $\alpha_2 = 2^\circ - 10^\circ$ primiti više impulsa samo u onom slučaju ako je frekvencija ponavljanja radarskih impulsa f_1 veća od 1000 impulsa u sekundi, a broj obrtaja radarske antene manji od 20 obrtaja u minutu. Signali radara sa brzo rotirajućom antenom, kod kojih je broj obrtaja u minutu veći od 30, mogu se primiti sa dovoljnim brojem impulsa samo ako je frekvencija ponavljanja radarskih impulsa f_1 veća od 1500 impulsa u sekundi.

Kao primer za ovu tvrdnju, posmatra se broj obrtaja antene izviđačkog sistema $\Omega_2=100$ obrtaja u minutu i broj primljenih impulsa $N=5$. Zavisnost između f_1 , α_2 i Ω_1 prikazuje se sledećom jednačinom [4]:

$$f_1 = 6N \left(\frac{\Omega_1}{\alpha_1} + \frac{\Omega_2}{\alpha_2} \right) \text{ imp/sek} \quad (7)$$

Ova zavisnost, koja potvrđuje navedenu tvrdnju, jasno se vidi na sl.4.



Slika 4: Zavisnost broja primljenih impulsa od frekvencije ponavljanja radarskih impulsa i broja obrtaja radarske antene

Prosečni vremenski interval T_p između dva uzastopna susreta antenskih snopova, koja omogućava koincidenciju, je bitan sistemski parametar kod radio-tehničkog izviđanja, koji određuje brzinu reagovanja prijemnog sistema na radarski promet u okolini. Prosečni vremenski interval se određuje pomoću sledeće jednačine [5]:

$$T_p = \frac{T_1 \cdot T_2}{\tau_1 + \tau_2} \text{ sek} \quad (8)$$

Pomoću prosečnog vremenskog intervala T_p se određuje zavisnost dijagrama zračenja prijemne antene od njenog broja obrtaja Ω_2 sledećom jednačinom:

$$\Omega_2 = \frac{1}{\alpha_1} \left(\frac{360}{T_p} - \alpha_2 \cdot \Omega_1 \right) \quad (9)$$

gde su Ω_1 i Ω_2 brojevi obrtaja radarske i prijemne-izviđačke antene u minutu, T_p u minutama i α_1 i α_2 u stepenima.

Vreme T , u kojem se očekuje koincidencija snopova radarske i prijemne antene izviđačkog sistema, se definiše verovatnoćom $0 < P < 1$ [4]:

$$T = T_p (-\ln(1 - P)) \quad (10)$$

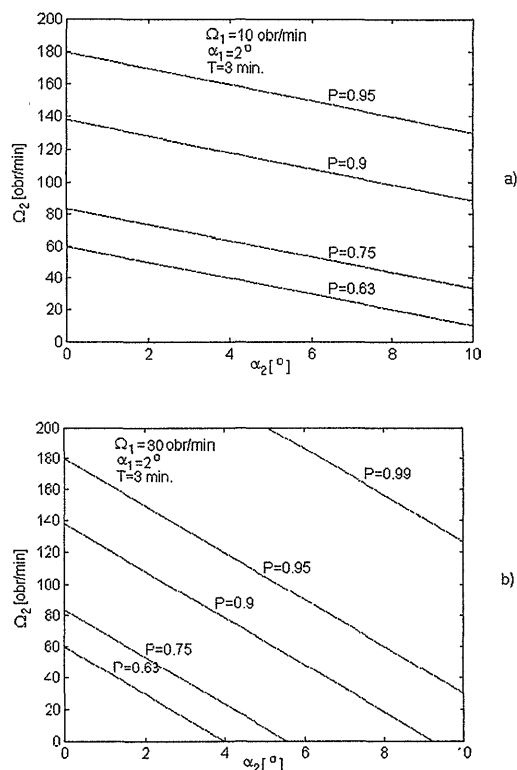
Uvrštavanjem (10) u jednačinu (9) se dobija za broj obrtaja prijemne antene Ω_2 sledeći izraz:

$$\Omega_2 = -\frac{1}{\alpha_1} \left(\frac{360}{T} \ln(1 - P) + \alpha_2 \cdot \Omega_1 \right) \quad (11)$$

gde su T u minutama, Ω_1 i Ω_2 u obrtajima u minutu. Iz (10) se vidi da je prosečni vremenski interval određen verovatnoćom $P = 0.63$ (slučaj kada je ispunjen uslov da je $T = T_p$).

Pomoću (11) su konstruisani dijagrami na slikama 5a i 5b.

Iz sl.5 se može zaključiti da je sa velikom verovatnoćom (iznad 90%) moguće primati signale u kratkom vremenskom intervalu (ispod 5 minuta) samo od onih radara čije se antene okreću sa više od 10 obrtaja u minutu.

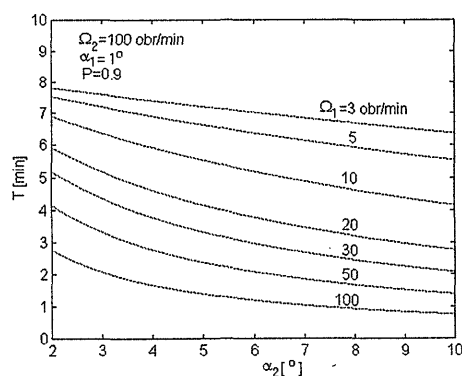


Slika 5: Zavisnost verovatnoće koincidencije od broja obrtaja radarske antene Ω_1 : a) pri $\Omega_1=10$ obr/min, $\alpha_1=2^\circ$ i $T=3$ min, b) pri $\Omega_1=30$ obr/min, $\alpha_1=2^\circ$ i $T=3$ min

Vreme u kojem se očekuje koincidencija sa verovatnoćom P se može odrediti iz jednačine:

$$T = -\frac{360 \cdot \ln(1 - P)}{\alpha_1 \Omega_2 + \alpha_2 \Omega_1} \quad (12)$$

Pomoću (12) je nacrtan dijagram na sl.6 gde su za parametre izabrani: $\Omega_2=100$ obr./min, $\alpha_1=1^\circ$ i verovatnoća prijemna 90% ($P=0.9$).



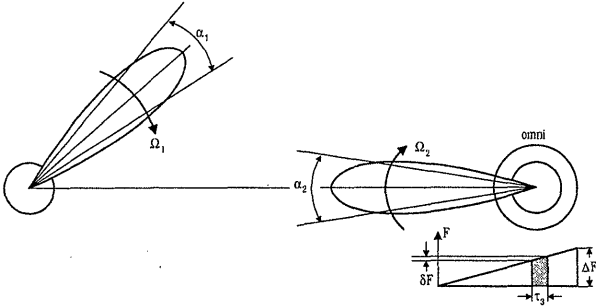
Slika 6: Vremenski interval između koincidencija. Tipična zavisnost parametara za primer na sl.1

Iz dijagrama se vidi da je očekivano vreme između dve uzastopne koincidencije povoljnije što je veći broj obrtaja radarske antene. Pošto se povećanjem broja obrtaja radarske antene skraćuje vreme koincidencije, potrebno je naći kompromisno rešenje između sistemskih parametara. Izuzetak su samo radari sa visokom frekvencijom ponavljanja impulsa, kod kojih se i u kratkom vremenu trajanja koincidencije može primiti dovoljan broj radarskih impulsa.

Izviđanje radara rotirajućom prijemnom antenom i selektivnim prijemnikom

Imajući u vidu da je izviđački sistem sa selektivnim prijemnikom osetljiviji od sistema sa neselektivnim prijemnikom za približno 20dB, omogućen je prijem radarskih signala od radara koji su na većoj udaljenosti od izviđačkog sistema, odnosno prijem slabijih signala. To znači da se radi o udaljenim radarima u odnosu na izviđački sistem, o radarima sa manjom izlaznom snagom ili ako se želi prijem signala od bočnih snopova dijagrama zračenja radarske antene.

Na sl.7 je prikazan moguć režim rada kada se primaju signali sa rotirajućom prijemnom antenom kroz bočne snopove radarske antene.



Slika 7. Princip izviđanja radara rotirajućom prijemnom antenom i frekvencijski selektivnim prijemnikom

Ako se uzme, na primer, radarska antena sa pojačanjem (dobitkom) od 35 dBi i srednjim potiskivanjem bočnih snopova od 45 dB, tada ta antena zrači na nivou od -10 dBi u skoro celom sektoru. Ako je prijemnik za 15 dB- 20 dB osetljiviji, tada je moguće razliku od 25 dB- 30 dB nadoknaditi većom snagom ili manjom udaljenošću. To znači, da uključivanje superheterodinskog prijemnika omogućava prijem jačih signala, odnosno signala od bliskih radara sve vreme njihovog rada, a ne samo kada dođe do koincidencije glavnih snopova radarske i prijemne antene.

Vremenski intervali koji odgovaraju širini glavnog snopa prijemne antene (τ_2) i pojasnoj širini superheterodinskog prijemnika (τ_3) mogu se definisati na sledeći način:

$$\tau_2 = \frac{\alpha_2}{360} T_2, \quad T_2 = \frac{60}{\Omega_2} \quad (13)$$

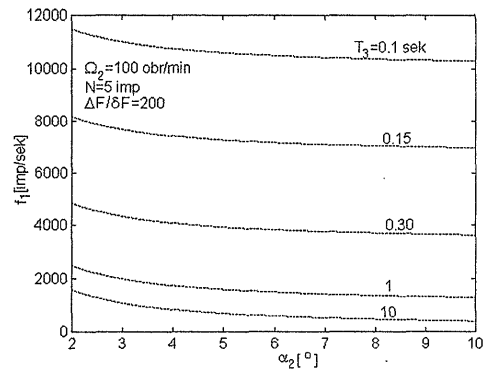
$$\tau_3 = \frac{\delta F}{\Delta F} T_3, \quad T_3 = \frac{1}{f_3} \quad (14)$$

gde su: δF - širina frekvencijskog opsega prijemnika (tipično 20 MHz), ΔF - prijemni frekvencijski opseg (tipično 4000 MHz) i f_3 - frekvencija promene opsega selektivnog prijemnika.

Pomoću jednačine za trajanje koincidencije dobija se [4]:

$$f_1 = N \left(\frac{6\Omega_2}{\alpha_2} + f_3 \frac{\Delta F}{\delta F} \right) \text{ imp./sek} \quad (15)$$

Jednačina (15) omogućava analizu sistemskih parametara za primer sa rotirajućom prijemnom antenom i selektivnim prijemnikom. Na sl.8 se vidi zavisnost frekvencije ponavljanja radarskih impulsa kod $\Omega_2 = 100$ obr./min, $N=5$, širine frekvencijskog pojasa $\delta F=20$ MHz, od širine dijagrama zračenja prijemne antene i vremena promene frekvencije superheterodinskog prijemnika od 4000 MHz na 8000 MHz.

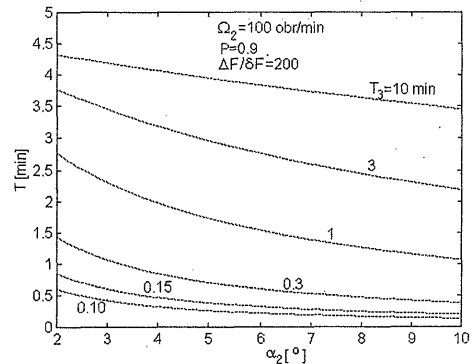


Slika 8. Vreme koincidencije. Tipična zavisnost parametara za primer na sl.7

Pomoću jednačine (8) i po analogiji sa jednačinom (12) dolazi se do vremena koje je potrebno za prijem radarskih impulsa sa verovatnoćom P za određene Ω_2 i α_2 :

$$T = - \frac{\ln(1-P)}{\Omega_2 \frac{\delta F}{\Delta F} + f_3 \frac{\alpha_2}{6}} \quad (16)$$

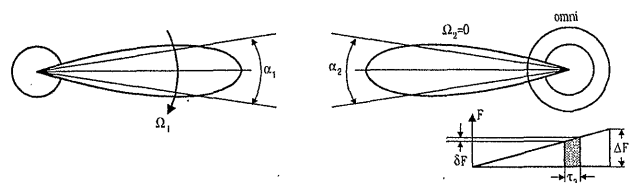
Za podatke $P=0.9$, $\Omega_2=100$ obr./min, $\delta F=20$ MHz i $\Delta F=4000$ MHz dobija se vreme koje je prikazano na sl.9.



Slika 9. Vremenski interval između koincidencija. Tipična zavisnost parametara za primer na sl.7

Izviđanje radara stacionarnom prijemnom antenom i selektivnim prijemnikom

Kod ovog režima rada izviđačkog sistema vrši se izviđanje radara u sektoru α_2 (širina glavnog snopa dijagrama zračenja prijemne antene) i u frekvencijskom opsegu δF , što je prikazano na sl.10.



Slika 10. Princip izviđanja radara rotirajućom prijemnom antenom i selektivnim prijemnikom

Analogija sa prethodnim režimom rada, kada je antena radara naizgled bila fiksna a prijemna antena rotirala, omogućava da se upotrebe već poznati rezultati. Definišimo:

$$\tau_1 = \frac{\alpha_1}{360} T_1 \quad T_1 = \frac{60}{\Omega_1} \quad (17)$$

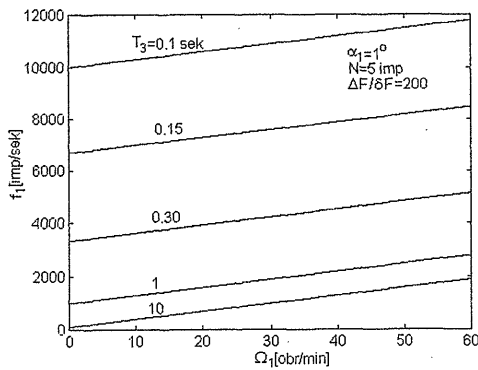
$$\tau_3 = \frac{\delta F}{\Delta F} T_3 \quad T_3 = \frac{1}{f_3} \quad (18)$$

gde je značenje pojedinih oznaka prikazano na sl.10.

Po analogiji sa jednačinom (15), frekvencija ponavljanja radarskih impulsa se određuje na sledeći način:

$$f_1 = N \left(\frac{6\Omega_1}{\alpha_1} + f_3 \frac{\Delta F}{\delta F} \right) \text{ imp./sek} \quad (19)$$

Za $N=5$ i $\alpha_1=1^\circ$ dobija se zavisnost između frekvencije ponavljanja radarskih impulsa i broja obrtaja radarske antene prikazane na sl.11.

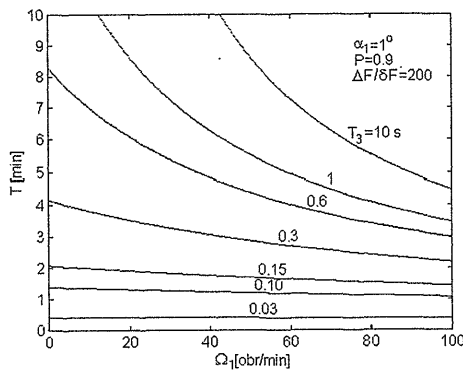


Slika 11. Vreme koincidencije. Tipična zavisnost parametara za primer na sl.10.

Po analogiji sa jednačinom (16), dobija se:

$$T = - \frac{\ln(1-P)}{\Omega_1 \frac{\delta F}{\Delta F} + f_3 \frac{\alpha_1}{6}} \quad (20)$$

Ova zavisnost je prikazana na sl.12.



Slika 12. Vremenski interval između koincidencija. Tipična zavisnost parametara za primer na sl.10

Zaključak

Prikazan je jedan od aspekata analize izbora antene radio-tehničkog izviđačkog sistema. Iz izloženog se vidi da na izbor antene utiču osnovni parametri radarskog signala radara koji se izviđa kao i radarske antene. Izložena analiza je generalna za zemaljske radio-tehničke izviđačke sisteme svih namena. Pored izloženog, prilikom projektovanja izviđačkih sistema, neophodno je uzeti u obzir i namenu tog sistema kako bi izviđanje bilo što efikasnije, odnosno kako bi

se podaci o parametrima izviđanog radara dobili brzo i sa što većom tačnošću što je veoma bitno u konfliktnim situacijama, kako bi se mogle preduzeti određene protivmere protiv tih elektronskih uređaja u pogodnom trenutku. Imajući u vidu da se antena nalazi na prvom mestu u lancu uređaja izviđačkog sistema njenim pravilnim izborom se u velikoj meri može povećati efikasnost izviđanja.

PRILOG:

Za određivanje sistemskih parametara radara i prijemne antene izviđačkog sistema, prilikom analize je potrebno usvojiti kao pretpostavku neke tipične parametre koji važe za većinu radara i izviđačkih sistema koji se danas nalaze u upotrebi. To su:

• tipični parametri radara

P_1 – impulsna snaga. Impulsna snaga P_1 radara se nalazi u opsegu 10^4 W 10^6 W zavisno od frekventnog opsega i namene radara;

G_1 – pojačanje (dobitak) predajne antene radara. Raspon pojačanja predajne antene radara je od 30 dBi do 40 dBi;

α_1 – širina glavnog snopa po kriterijumu 3 dB. Standardni antenski otvor prečnika D ima širinu glavnog snopa (u stepenima) izraženu sledećom relacijom:

$$2\alpha_1 = 70 \frac{\lambda}{D} \quad (1)$$

uz pretpostavku slabljenja od 13 dB na ivici otvora. Kod tipične vrednosti koeficijenta iskorišćenja antenskog otvora od $n=0.55$, širina glavnog snopa antene definiše pojačanje (dobitak) antene na sledeći način:

$$G = \frac{27000}{\alpha_1^2} \quad (2)$$

gde je α_1 širina glavnog snopa, obično između 1° i 3° .

S_1 – nivo bočnih lepeza. Tipične vrednosti nivoa bočnih lepeza su od 25 dB do 30 dB ili više ispod nivoa glavnog snopa. Bočno zračenje ima vrednosti od -10 dBi do $+10$ dBi. Tipična vrednost je 0 dBi.

f_1 – frekvencija ponavljanja impulsa (PRF - Pulse Repetition Frequency). Vreme ponavljanja impulsa (PRI - Pulse Repetition Interval) jeste:

$$T_1 = \frac{1}{f_1}$$

Raspon frekvencije ponavljanja impulsa jeste od 100 do 10.000 impulsa u sekundi. Radari na centimetarskom i milimetarskom talasnom području imaju, zbog relativno malog dometa, tipičnu frekvenciju ponavljanja impulsa iznad 1.000 impulsa u sekundi.

Ω_1 – broj obrtaja antene radara u minutu. Raspon Ω_1 je od 0 do 100 obrtaja u minutu. Radari na centimetarskom i milimetarskom talasnom području obično imaju veći broj obrtaja antene od drugih radara.

V_1 – polarizacija talasa radara. Radari koji su danas u upotrebi najčešće imaju linearnu horizontalnu ili linearnu vertikalnu polarizaciju talasa. Manji broj radara ima kružnu levu ili kružnu desnu polarizaciju.

• **tipični parametri prijemnog-izviđačkog sistema**

- P_{2min} - minimalna prijemna snaga koju može da detektuje izviđački sistem. Tipične veličine prijemne snage izviđačkog prijemnika su -45 dBm za diodni detektor, -60 dBm za IFM prijemnik i -70 dBm do -80 dBm za kombinovani prijemnik.
- G_2 - pojačanje (dobitak) usmerene antene. Tipične veličine za pojačanje usmerene antene su između 15 dBi i 30 dBi.
- G_{20} - pojačanje (dobitak) svesmerne antene. Pojačanje svesmerne antene obično iznosi od 0 dBi do 3 dBi. Kod analize će se uzeti pojačanje od 0 dBi.
- α_2 - širina glavnog snopa prijemne antene u horizontalnoj (azimutalnoj) ravni. Ova veličina, kod paraboličnih antena, zavisi od radne frekvencije i kreće se u granicama od 15° - 20° .
- β_2 - širina glavnog snopa u vertikalnoj (elevacionoj) ravni. Ova veličina obično ne zavisi od radne frekvencije i kreće se u granicama od 1° - 10° i više.
- S_2 - nivo bočnih lepeza. Tipične vrednosti nivoa bočnih lepeza su između -13 dB i -20 dB ispod nivoa glavnog snopa.
- Ω_2 - broj obrtaja prijemne antene u minutu. Broj obrtaja prijemne antene mora biti veći od najvećeg broja obrtaja radarske antene. Tipične vrednosti su između 100 i 200 obrtaja u minutu.

- V_2 - polarizacija prijemnih antena izviđačkog sistema. Polarizacija usmerene i svesmerne antene može biti kosa linearna ($\pm 45^\circ$) ili desna, odnosno leva kružna. Obično su za obe antene polarizacije iste. Linearna polarizacija ima sistemске prednosti, a kružna izvedbene.

Literatura

- [1] SKOLNIK, I.M. *Radar Handbook*. McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.
- [2] WILEY, R.G. *Electronic Intelligence, The Analysis of Radar Signals*. Artech House Inc., Dedham MA, 1985.
- [3] ŠUNJEVARIĆ, M.M. *Radio-goniometrija*. Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1991.
- [4] WILEY, R.G. *Electronic Intelligence, The Interception of Radar Signals*. Artech House Inc., Dedham MA, 1985.
- [5] *...Handbook for monitoring Stations*. International Radio Consultative Committee, Geneva, 1988.
- [6] *...Introduction to electronic warfare*. *IEE Proc.* June 1982, vol.129, Pt.F, no.3.
- [7] *...100-Percent Probability of Intercept?*. *Defence Electronics*, February 1988.
- [8] *Direction finding system using symmetric-pair antenna arrays*. *IEE Proc.-Radar, Sonar Navig.*, June 1995, vol.142, no.3.

Rad primljen: 2.2.1999.god.