

# ELEKTRONSKA DEJSTVA U ARMIJSKOJ ODBRAMBENOJ OPERACIJI

## I

### ELEKTRONSKA DEJSTVA U SAVREMENOM RATU

Uspešno komandovanje jedinicama i upotreba borbene tehnike i oružja velike razorne moći u eventualnom ratu umnogome će zavistiti od stepena razvoja i efikasne primene naučnih dostignuća u oblasti elektronike u vojne svrhe. Elektronska sredstva pružaju velike mogućnosti primene u ratu, komandovanju jedinicama, upravljaju vođenim strategijskim oružjem, avijacijom, prenošenju borbenih i drugih dokumenata na velike daljine za veoma kratko vreme itd. Zbog takve uloge, elektronskim sredstvima se pridaje ogroman značaj i bez njih se ne može ni zamisliti savremeno opremljena armija.

Međutim, uz dobre strane koje neosporno poseduju, elektronska sredstva imaju i ozbiljne nedostatke. Elektronski predajni uređaji u toku rada zrače elektromagnetsku energiju u okolni prostor, a prijemni uređaji primaju ne samo korisne već i razne druge elektromagnetske oscilacije, emitovane na istim ili veoma bliskim frekvencijama korisnog signala. Na ovom nedostatku koji se ne može otkloniti bazira čitava koncepcija vođenja raznih vidova elektronskih dejstava, čiji je osnovni zadatak dezorganizacija i narušavanje rada elektronskih sredstava protivnika stvaranjem smetnji uz istovremenu zaštitu sopstvenih.

Uspešnom dezorganizacijom i narušavanjem rada elektronskih sredstava protivnik se lišava mogućnosti da se u dužem ili kraćem vremenskom periodu, što zavisi od intenziteta i trajanja ometanja, koristi elektronskim sredstvima.

Usavršavanje metoda i razvoj sredstava za vođenje elektronskih dejstava uslovljeni su razvojem i usvajanjem savremenih elektronskih sredstava u opremi oružanih snaga protivnika. Da bi ometanje elektronskih sredstava u ratu bilo što veće, potrebno je još u miru prikupljati podatke o kvalitetu, vrstama, nameni i upotrebi elektronskih sredstava protivnika.

Elektronsko izviđanje, ometanje i mere zaštite koje se preduzimaju radi slabljenja njihove efikasnosti čine najvažnije komponente elektronskih dejstava.

*Elektronsko izviđanje* predstavlja jedan od najefikasnijih načina prikupljanja podataka o protivniku na kopnu, moru, u vazduhu i kosmosu. Ono se obavlja pomoću preciznih i osjetljivih elektronskih uređaja hvatanjem emisija, osmatranjem i fotografisanjem. Prednosti koje ima nad ostalim vrstama izviđanja su: dubina izviđanja, brzina prikupljanja podataka, nezavisnost od doba dana, godišnjeg doba itd. Zbog važnosti koje ima elektronsko izviđanje i njegovih mogućnosti stalno se poboljšavaju postojeća i konstruišu nova i bolja sredstva, a metodi vođenja se stalno usavršavaju i dopunjuju.

Radi što uspješnijeg i efikasnijeg prikupljanja izviđačkih podataka, uređaji za elektronsko izviđanje mogu biti postavljeni na pokretne objekte (brodove, avione, helikoptere, veštačke satelite za izviđačke zadatke, vozila) ili objedinjeni u komplete kojima se opremaju stacionarni centri.

Elektronsko izviđanje može se podeliti, s obzirom na tehnička sredstva kojima se služi, na *pasivno* i *aktivno*.

*Pasivno elektronsko izviđanje* obuhvata radio-izviđanje, izviđanje radarskih i radio-navigacijskih sredstava, a obavlja se pomoću prijemnih uređaja koji omogućavaju otkrivanje izviđanih objekata na osnovu njihovog zračenja elektromagnetske energije u prostor. Dobra strana ovog izviđanja je što uređaji koji se koriste za elektronsko izviđanje, u toku rada ne zrače elektromagnetsku energiju i time ne otkrivaju svoju prisutnost, lokaciju, vreme rada itd. U ovu grupu uređaja spadaju:

- radio-izviđački prijemnici,
- panoramski prijemnici,
- radio-goniometri,
- pasivni radari itd.

*Aktivno elektronsko izviđanje* obuhvata izviđanje jedinica, objekata i borbene tehnike pomoću radarskih i IC-uređaja koji pri radu zrače elektromagnetsku energiju. Deo elektromagnetske energije koju zrače ovi uređaji odbija se od izviđanih ciljeva (pokretnih i nepokretnih) i prima pomoću preciznih prijemnika koji se nalaze u sklopu dotičnog radarskog ili IC-uređaja. Na ovom principu se zasniva mogućnost otkrivanja i praćenja ciljeva. Loša strana ovog izviđanja je u tome što uređaji pri radu zrače elektromagnetsku energiju u okolni prostor, pa su zbog toga izloženi elektronskom izviđanju.

Podela elektronskog izviđanja može biti i drukčija. No, bez obzira na podelu, elektronsko izviđanje obuhvata:

- radio-izviđanje,
- radarsko izviđanje,
- televizijsko izviđanje,
- izviđanje IC-uređaja,
- izviđanje lasera.

*Elektronsko ometanje* predstavlja najefikasniji, a ponekad i osnovni način borbe s elektronskim sredstvima protivnika. Među-

tím, zavisno od taktičke situacije, biće slučajeva kad će se koristiti i drugi načini borbe s elektronskim sredstvima protivnika. Tu treba imati u vidu upotrebu avijacije, artiljerije, diverzantskih grupa i partizanskih jedinica u pozadini protivnika. Neutralisanje rada elektronskih uređaja ometanjima zasniva se na činjenici da svaki prijemni uređaj prima ne samo korisne nego i razne druge signale koji imaju istu ili veoma blisku frekvenciju kao i korisni, bilo da su signali slučajno ili namerno proizvedeni. Namerne smetnje, po načinu izvođenja, mogu biti *aktivne i pasivne*.

*Aktivne smetnje* emituju specijalni uređaji (ometači), a mogu se nanositi onim elektronskim uređajima, odnosno njihovim prijemnim sistemima, koji primaju elektromagnetskih talasa. U prijemnim uređajima, pod uticajem efikasnih aktivnih elektronskih smetnji, nastaju slabljenja, izobličenja, a ponekad i potpun nestanak korisnog signala. Prema tome, pomoću efikasnih aktivnih elektronskih smetnji može se potpuno onemogućiti prijem telegrama, ometati radio-telefonski razgovor, izobličiti slike prenetih dokumenata i odrazi radarskih ciljeva, ometati sistem za teleupravljanje, za automatsko vođenje i samonavođenje, kao i stvoriti lažni ciljevi na ekranima neprijateljskih radarskih stanica.

*Pasivne smetnje* efikasno utiču na uređaje koji za svoj rad koriste od cilja reflektovane sopstvene izračene elektromagnetske signale. Uređaji koji na tom principu rade su radari i IC-uređaji. Signali koji se reflektuju od raznih refleksnih površina, a ove nisu izviđani (osmatrani) objekat, za radarski ili IC-uređaj predstavljaju smetnju koja otežava ili onemogućava otkrivanje stvarnog cilja, jer su po spoljnjem izgledu i strukturi potpuno jednaki. Drugim rečima, reflektovani signali na indikatoru prijemnika stvaraju odraz — bili oni reflektovani od stvarnog cilja ili bilo kakve druge površine.

Za stvaranje pasivnih smetnji koriste se, u praksi već isprobane, metalizovane trake, ugaoni reflektori, dim itd. Blagovremenom i planskom upotrebom navedenih sredstava mogu se prikazati lažni radarski objekti, smanjiti radarski kontrast, izmeniti oblik stvarnih objekata, sprečiti otkrivanje i osmatranje objekata, zemljišta, karakterističnih radarskih orijentira itd.

*Aktivne elektronske smetnje* možemo podeliti prema intenzitetu, vrsti modulacije i širini frekventnog spektra.

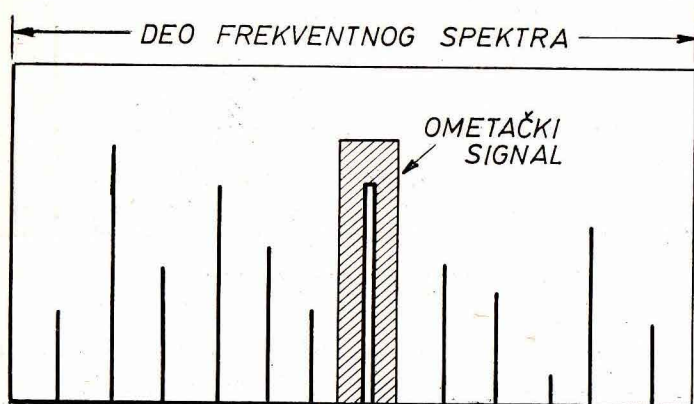
Po širini frekventnog spektra aktivne smetnje dele se na selektivne i pojasne.

*Selektivne smetnje* se proizvode specijalnim uređajima — ometačima (elektronskim predajnicima) samo na jednoj frekvenciji. Pri stvaranju selektivnih smetnji uređaji mogu koristiti usmerene ili neusmerene antene.

Posledica upotrebe neusmerenih antena je niz slabosti. U prvom redu to je kružno (radijalno) zračenje gde elektromagnetska energija zrači u svim pravcima podjednako, pa se time gubi

na dometu efikasnog ometanja. Pored toga, upotrebom ovih antena, omogućuje se ometanje i sopstvenih radio-veza koje bi radile na frekvenciji na kojoj radi ometač. Ove antene se koriste kad se ne zna mesto rada protivnikovih radio-uređaja.

Što se tiče širine spektra smetnje, ona može biti jednaka, manja ili nešto veća od propusnog opsega ometanog prijemnog uređaja. Da bi ometanje bilo potpuno efikasno, neophodno je da ometač koji služi kao izvor selektivnih elektronskih smetnji, bude tačno podešen na frekvenciju ometanog prijemnika (vidi sliku A).



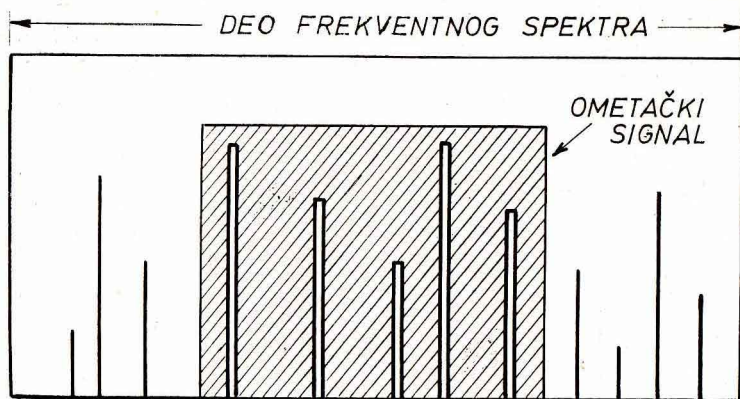
A - SELEKTIVNO OMETANJE

Ometači s usmerenim antenama koriste se za ometanje rada onih elektronskih uređaja čija je lokacija poznata, pa je loša strana koja je navedena za ometače sa neusmerenim antenama ovde ublažena. Na račun koncentrisanja energije radio-ometaća u granice uskog prostornog snopa dijagrama zračenja, znatno se povećava ekvivalentna snaga zračenja, a time i domet efikasnog ometanja.

Pojasne smetnje omogućavaju jednovremeno ometanje nekoliko elektronskih uređaja koji rade u određenom frekventnom području i ne zahtevaju tačno podešavanje radio-ometaća na frekvenciju prijemnih uređaja. Pojasne smetnje, u odnosu na frekvenciju, predstavljaju zračenje energije visokih frekvencija u dosta širokom pojasu gde rade elektronska sredstva koja treba ometati. Pored podele na selektivne i pojasne, smetnje se mogu podeliti i s obzirom na vrstu upotrebljene modulacije, intenzitet itd.

U stvari, veličina apsolutne širine spektra smetnje ne govori uvek o tome da li se baš radi o selektivnoj ili pojasnoj smetnji, jer dok je, na primer, smetnja sa širinom spektra 8 MHz za radarsku stanicu koja radi na decimetarskom talasnom području selektivna, ona je sa takvom širinom spektra u odnosu na sredstva radio-veze pojasna. Svakako da je za stvaranje efikasnih

pojasnih smetnji potrebna i mnogo veća snaga predajnika nego za stvaranje selektivnih smetnji, jer se radi o širokom frekventnom spektru. Pored toga, pojasno ometanje u znatnoj meri otežava i rad vlastitih radio-elektronskih uređaja, što se vidi i na slici B.



B - POJASNO OMETANJE

S obzirom na vrstu primenjene modulacije, smetnje mogu biti amplitudne, frekventno ili fazno modulirane. Koja će se vrsta modulacije koristiti za modulisanje smetnje, zavisi od toga kojom se vrstom rada koristi protivnik. Najbolje je koristiti se onom modulacijom za modulisanje smetnje koju ima protivnik za modulisanje svojih predajnih uređaja. Ipak iz literature, a i praktičnih ispitivanja, vidi se da je najefikasnija smetnja šum.

To je i razumljivo, jer sabiranje korisnog signala sa šumovima dovodi do toga da parametri signala postaju slučajni, što otežava otkrivanje, tj. izdvajanje korisnog od signala smetnji — šuma. Zbog univerzalnosti, šumne smetnje su dobile najširu primenu u ometanju gotovo svih radio-tehničkih uređaja razne namene. Međutim, i ostale vrste smetnji (impulsne, periodične itd.) mogu se uspešno primenjivati u ometanju elektronskih uređaja pri određenim vrstama rada (predaje).

Razmotrićemo razne sisteme modulacije i potrebne gustine snage za ometanje svakog pojedinog sistema.

Za ometanje radio-telefonskih sistema veza potrebna je velika snaga ometača da bi na ulazu prijemnika svojom snagom prevazišao snagu željenog predajnika i na taj način onemogućio željenu vezu između korespondenata. U protivnom to bi bilo samo uznemiravajuće ometanje (slabe smetnje) sa sumnjivim rezultatima. Za ometanje drugih (osim radio-telefonskih) sistema mogu se koristiti specijalizovani ometači znatno manje snage.

No, ometanje radio-telefonskog sistema znatno je teže, jer je čovečije uho u stanju da između mnoštva šumova znatnije jačine odabere željenu informaciju. Zbog toga su za prekid i onemogućavanje takvih veza potrebni ometači vrlo jake snage. Različite

vrste modulacija zahtevaju različit odnos snaga na ulazu prijemnika između ometača i željenog predajnika. Uglavnom, razlikujemo dve osnovne vrste sistema — linearne i granične sisteme. Sistemi koji se baziraju na amplitudnoj modulaciji kao AM, SSB su linearni, jer promene u amplitudi ulaznog signala daju iste promene u izlaznom signalu. Svi ostali sistemi su granični. Kod linearnog sistema odnos signal-šum na izlazu je uvek proporcionalan amplitudi primljenog talasa nosioca. Kod ovih sistema, u stvari, imamo delimičan odnos signal-šum, što znači da signal može biti i ispod nivoa šuma, a da se još izvestan procenat reči može razumeti. S druge strane, svaki granični sistem zahteva da snaga nosioca bude iznad snage šuma da bi se bilo šta moglo primiti. FM (frekventna modulacija) je dobar predstavnik ovih graničnih sistema.

Iz iznetog proizilazi da potpuno ometanje FM i drugih graničnih sistema zahteva manje snage nego ometanje linearnog sistema. S druge strane, kad se primenjuje uznemiravajuće ometanje (slabe smetnje), ako je snaga ometanja ispod snage željenog predajnika, FM sistem će biti neznatno ili gotovo nikako ometan. Međutim, linearni sistem na ovu vrstu ometanja biće osetljiviji, ali će biti u stanju da primi delove depeše čak i kada je snaga ometača znatno veća od snage željenog predajnika. Da bi se potpuno zaglušio linearni sistem, nekad je potrebno da ometač ima i do deset puta veću snagu od željenog predajnika.

Dobro poznati principi ukazuju da ometač, da bi bio najefikasniji, mora primeniti istu vrstu signala i modulacija kao što su oni koje želi da ometa. Na primer, ako treba ometati AM-sistem, talas — nosilac amplitudno-modulisan šumom može se korisno primeniti za prekrivanje glasovne (govorne) modulacije. Snaga koja ometa mora biti usredsređena na istu frekvenciju i mora obuhvatiti istu širinu opsega koju prima ometani prijemnik. Sa ovim se uvodi pojam gustine snage. Vidi se da je potrebno izvesno podešavanje ometača da bi se obezbedila maksimalna gustina snage kod prijemnika. Moraju se podesiti centralna frekvencija ometača i dubina modulacije i, što je važnije, širinu opsega modulisanih šumova treba ograničiti radi maksimalne koncentracije gustine snage, nanošenja najveće štete, odnosno radi najefikasnijeg ometanja. Ako se ne ograniči širina opsega šumova, snaga koja ometa se razvuče po širokom opsegu, te gustina snage neće biti dovoljna za dobro ometanje. Upoređujući FM i SSB, gustina snage FM-sistema je znatno manja od one kod SSB.

Pošto ometač nije siguran u pogledu centralne frekvencije sistema (uređaja) koji treba ometati, potrebna je izvesna dodatna snaga. Ovaj dodatak zavisi u izvesnoj meri od usavršenosti ometačkog uređaja, a takođe od frekventne stabilnosti sredstava veze. Da bi se sigurno moglo ometati, treba snagu predajnika povećati da se dobije dodatna širina opsega. U sistemu SSB to može dovesti do znatnog povećanja ukupne snage ometača, pošto je noseća frekvencija SSB neizvesna i ne može se lako izmeriti. Drugi razlog kod ovog povećanja snage ometača je velika gustina snage

SSB-sistema. A to znači da je ometanje ovakvog sistema otežano. Može se zapaziti da je ometanje SSB-sistema teže nego FM-sistema i da su za tu svrhu potrebni usavršeniji ometači.

S obzirom na intenzitet, elektronske smetnje se dele na slabe, jake i vrlo jake.

*Slabe smetnje* su one kod kojih je nivo smetnji na mestu prijema manji od nivoa korisnog signala. Kad one dejstvuju, rad elektronskih sredstava neznatno se narušava. Na primer, pri dejstvu slabih smetnji na radio-vezu, prijem radiograma je mogućan s izvesnim izobličenjem.

*Jake smetnje* stvaraju na ulazu prijemnog uređaja nivo smetnji nešto manji od nivoa korisnog signala, pri čemu je još mogućan prijem korisnih signala, ali sa velikim izobličenjem. Za rad u ovakvim uslovima potrebno je dobro obučeno ljudstvo.

*Vrlo jake smetnje* stvaraju na mesto prijema nivo smetnji koji je veći od nivoa korisnog signala. Pri njihovom dejstvu rad elektronskog uređaja potpuno se narušava, te ne postoji mogućnost izdvajanja korisnih od signala smetnje.

Prema tome, kod izrade proračuna i plana ometanja mora se polaziti od toga da je posledica dejstva smetnje otežan rad celokupnog uređaja, ili, bar, nekih njegovih elemenata.

Drugim rečima, treba težiti da snaga smetnje na ulazu prijemnika bude veća od snage korisnog signala.

Što je veća snaga smetnje u odnosu na snagu korisnog signala na ulazu prijemnika i što je veća tačnost poklapanja frekvencije smetnje sa frekvencijom korisnog signala pri selektivnom ometanju, veći je i uticaj smetnje na izobličenje korisnog signala. Pri određenom odnosu snage smetnje prema snazi korisnog signala i uz određenu tačnost signala smetnje i korisnog signala po frekvenciji, korisni signal se potpuno „gubi”, i prijemnik nije u stanju da ga izdvoji. Ovde ne treba shvatiti da korisni signal nestane. On i dalje postoji, deluje na ulazu prijemnika, ali je sa signalom smetnje u takvom odnosu da se na izlazu prijemnika ili indikatoru uopšte ne čuje, ne vidi i ne može se identifikovati zbog velikog izobličenja ili maskiranja. Smetnja koja ometa signal pri minimalnom odnosu snage smetnje prema snazi korisnog signala, uz dozvoljeno odstupanje frekvencije smetnje od frekvencije korisnog signala, naziva se optimalnom smetnjom za određenu vrstu rada elektronskog uređaja. Ovakva definicija ometanja  $K'_0$  data je sledećom jednačinom: gde je:

$$K'_0 = \left( \frac{P_0}{P_s} \right) \text{ ul. min. } \dots 1.1$$

- $K'_0$  = koeficijent ometanja po snazi za određenu vrstu rada,
- $P_0$  = snaga smetnje na ulazu ometanog prijemnika,
- $P_s$  = snaga korisnog signala na ulazu ometanog prijemnika.

Koeficijent ometanja, definisan jednačinom 1.1 pokazuje koliko puta treba da bude veća minimalna snaga smetnje od snage korisnog signala na ulazu prijemnika koji ometa za određenu vrstu rada pa da ometanje bude efikasno.

Pored ovog načina definisanja koeficijenta, postoji i definicija gde je koeficijent ometanja definisan odnosom napona na ulazu prijemnog uređaja.

gde je:

$$K_0 = \left( \frac{U_0}{U_s} \right) \text{ ul. min. . . 1.2}$$

$K_0$  = koeficijent ometanja po naponu za određenu vrstu rada,

$U_0$  = napon smetnje na ulazu ometanog prijemnika,

$U_s$  = napon korisnog signala na ulazu ometanog prijemnika.

Definisanje koeficijenta ometanja na ovaj drugi način u suštini se ne razlikuje od koeficijenta ometanja definisanog jednačinom 1.1., jer između te dve realizacije postoji uzajamna povezanost. Navedene su obe definicije koeficijenta ometanja zbog toga što je ponekad u praksi lakše koristiti se jednačinom 1.1. a ponekad 1.2.

Da bi se mogli koristiti navedeni izrazi potrebno je, kao što se vidi, poznavati optimalnu snagu smetnje. Ona se može odrediti za pojedine vrste rada kako računski tako i eksperimentalno (praktičnim ispitivanjem).

Jednačine 1.1. i 1.2. predstavljaju osnovne obrasce na kojima se zasniva mogućnost ometanja elektronskih sredstava koja svoj rad zasnivaju na zračenju i prijemu elektromagnetskih talasa.

S obzirom na vrstu i način rada sredstava, elektronsko ometanje obuhvata:

- ometanje radio i radio-relejnih veza,
- ometanje radara,
- ometanje vojne televizije,
- ometanje lasera,
- ometanje navigacijskih sredstava,
- ometanje sistema teleupravljanja, i
- ometanje IC-sredstava.

Pošto je svrha ovog članka da obradi uticaj elektronskih dejstava na radio-veze u armijskoj odbrambenoj operaciji kao najglavnije vrste veza sa najmasovnijim brojem sredstava u osnovnoj bazi sistema veza i komandovanja, to će u sledećim napisima biti obrađene one komponente elektronskih dejstava koje imaju direktan uticaja na mogućnost održavanja radio veza armije u odbrani.

Pukovnik

*Nikola RAJKOVIĆ*