

Dragoslav Dobričić, YUIAW.

DA LI JE SVAKI TANJIR PARABOLIČNA ANTENA ?

Šta su parabolične antene, a šta tanjiri, činije, poklopci za kante, rečju bezvredni komadi obojenog lima egzotičnih oblika.

Ova pitanje se, gotovo samo od sebe, nameće svakom ko je bar jednom imao prilike da upoređuje parabolične antene različitih dimenzija, oblika ili proizvođača. Šokiran saznanjem da velike parabolične antene ne moraju baš uvek da rade kao velike i da male antene mogu da rade skoro kao velike, čovek se oseća nekako prevarenim jer jedina referenca koja mu je bila dostupna za poređenje antena - njena veličina - sada više nije pouzdana.

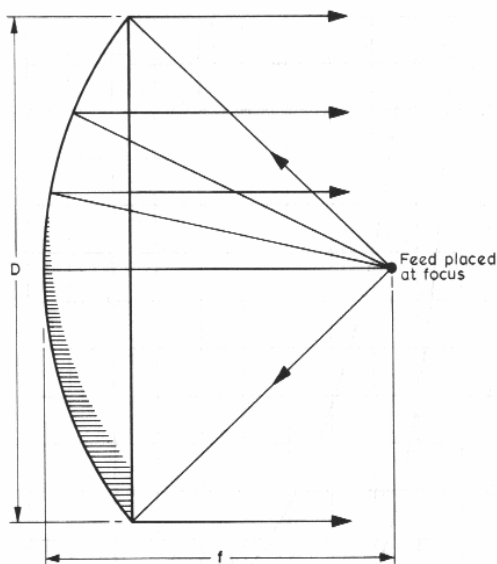


Fig 150. The geometry of a direct feed system

Kako sada, bez mogućnosti za valjano poređenje, procenjivati kvalitet neke parabolične antene i biti siguran da izbor koji je učinjen nije pogrešan i da novac koji je uložen nije mogao biti i bolje investiran.

Saznanje da ni sve antene istih dimenzija i oblika, pa čak ni istog proizvođača, ne rade uvek isto, još više obeshrabruje jer, zaista, gotovo da nema nijednog čvrstog elementa za realnu procenu i odluku.

I, naravno, na kraju se, opet samo od sebe, postavlja pitanje: šta je to što neke antene čini paraboličnim antenama a neke druge bezvrednim metalnim tanjirima, činjama i poklopcima za kante?

Gledano očima laika, gotovo da nema jednostavnije antene i lakšeg načina da se ona napravi. S druge strane, gledano očima stručnjaka mašinstva, tehnologije i elektronike gotovo da nema preciznijeg i mukotrpnijeg posla od korektno napravljene parabolične antene koja će performansama biti blizu onoga što se može teorijski i

praktično od nje očekivati.

Zato kada oni prvi prave parabolične antene onda velike antene rade kao male, a kada ih prave ovi drugi onda male rade kao velike!

Odgovor na pitanje koliko je stvarno velika neka antena ne može dati merenje njenog prečnika. Prečnik antene nam tek pokazuje koliku je antenu neko želeo da napravi ali ne i da li je i koliko uspeo u tome. A uspeo je onoliko koliko je objektivno uložio znanja i truda. Uostalom, tako je oduvek bilo u svakom poštenom poslu.

Koji su to problemi i zahtevi koji zadaju glavobolju konstruktorima paraboličnih antena i čije uspešno ili neuspešno rešavanje predstavlja onu neumoljivu granicu koja jasno deli parabolične antene od raznog metalnog posuđa i poklopaca kanti za smeće.

Ono što svaku paraboličnu antenu čini antenom je upravo njena sposobnost da prikuplja elektromagnetne talase i koncentriše ih u jednu tačku - fokus. Antena je onoliko dobra koliko uspešno obavlja tu svoju osnovnu funkciju. Antena koja ne obavlja tu funkciju ne može se smatrati antenom!

Kada matematička kriva poznata pod imenom parabola rotira oko svoje ose dobija se površina koja se zove obrtni paraboloid. Ono što ovu površinu čini posebnom je to da ona ima sposobnost fokusiranja. Paralelni snop svetlosti ili elektromagnetnog zračenja koji udari u površinu paraboloida reflektuje se tako da svaki zrak prođe kroz tačku koja se zove fokus. To praktično znači da će sva količina svetlosti ili elektromagnetnih talasa koja padne na paraboloid biti posle odbijanja od njega koncentrisana u

jednoj tački. To je upravo ono što se i očekuje od svake antene, jer to kolektorsko svojstvo poznato još i pod imenom dobit ili pojačanje antene je upravo ono što je čini antenom.

Međutim, i druge površine koje se dobijaju rotiranjem krivih mogu imati kolektorska svojstva. Kod sfernih površina (odsečak lopte), na primer, fokus nije tačka nego je prava linija, tj. duž. Kod hiperboličnih i eliptičnih površina postoje druga svojstva koja se u nekim slučajevima mogu korisno iskoristiti, ali je paraboloid kao antena praktično bez premca.

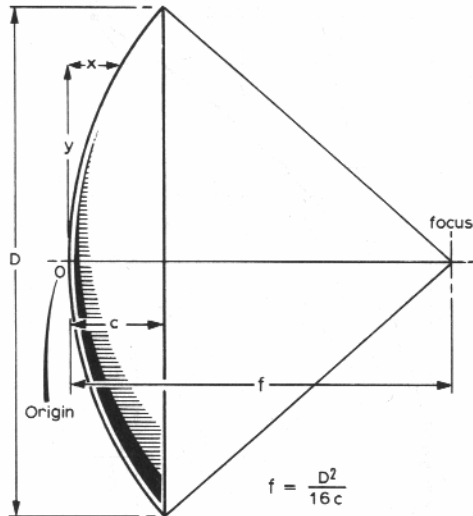


Fig 136. Basic geometry of a paraboloid

$$y^2 = 4fx \quad (1)$$

$$y^2 = 4Dx(f/D) \quad (2)$$

where $f = \frac{D^2}{16c}$

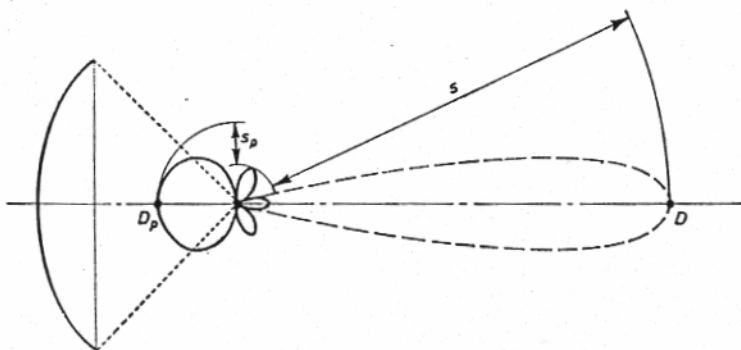
where y has both negative and positive values
 D = diameter of corresponding dish
 f = focal length
 c = depth of parabola at its centre

Za paraboloid je karakteristično da kada na njega padne snop paralelnih zraka, oni se koncentrišu u fokusu ili žiži, i to tako da se snage pojedinih zraka sabiraju, jer stižu u fokus sa jednakim fazama. To znači da svi zraci, od ravni otvora antene do fokusa, pređu isti put. Ovo je veoma važno, jer ako ovaj uslov nije ispunjen, pojedini zraci se međusobno manje ili više poništavaju zavisno od faznog stava sa kojim stižu u fokus. Ovo za posledicu ima smanjenje dobiti antene.

Razmotrimo razloge koji dovode do toga da fazni stav svih prispelih talasa nije isti, tj. da pređeni putevi pojedinih talasa nisu isti. Ovo je moguće ako fizička površina, tj. njen oblik odstupa od matematičkog oblika paraboloida. To praktično znači da je antena u odnosu na matematički paraboloid ili uvijena, ili previše otvorena, ili previše zatvorena, ili joj je površina u pojedinim segmentima izvitoperena. Sva ova izobličenja površine, tj. odstupanja od matematičkog modela paraboloida dovode dotle da talasi odbijeni od tih izvitoperenih

površina i ostalog dela površine antene ne stižu u fokus sa istim fazama. Ovo je jedan od osnovnih i najčešćih razloga za loš rad paraboloidnih antena.

Nestajanje antene - trik ili stvarnost?



Sl. 1.117. Skica dijagrama zračenja parabolne reflektor-antene i njezina primarnog radijatora

parabolična antena tj. da

instrumente koji mogu am to pokazuju. Prilazi i za ivicu. Napregne se za 10, 20, 30 ili 40 dB.

e ona prestala da bude

malo uvio. Uvijanje je o trik ili je ovo stvarno

Nažalost, nije trik. Ovo je sasvim u skladu sa onim o čemu je bilo reči u ovom tekstu. Talasna dužina signala iznosi oko 28 mm. Uvijanje od oko 7 mm (četvrtina talasne dužine) je prouzrokovalo razliku u putevima za četvrtinu talasne dužine, tj. promenu faze talasa za 90 stepeni. Prilikom uvijanja antene približno po jedna četvrtina površine bude pomerena unapred odnosno unazad za po 7 mm naizmenično. Gledano ukupno, pola površine antene je pomereno unapred a pola unazad za 7 mm. Razlika pređenih puteva je 14 mm, tj. pola talasne dužine. Fazna razlika između talasa sa jedne i talasa sa druge polovine antene je 180 stepeni i oni se potpuno poništavaju. I to se upravo i desilo u našem eksperimentu.

Posmatrali smo idealizovan slučaj, jer se u praksi ne dešava da je celokupna četvrtina površine antene pomerena baš tačno za 7 mm, ali i gubitak od samo nekoliko (a ne nekoliko desetina!) decibela je već jako značajan za kvalitet antene.

I sad jedno kviz pitanje:

Koju biste paraboličnu antenu pre kupili na rasprodaji oštećenih antena: onu koja je pretrpela udarac u ivicu i samo se uvila nekoliko milimetara, bez vidljivih oštećenja površine, ili onu koja nije uvijena ali je pretrpela udarac velikim čekićem koji je ostavio udubljenje od 20 mm u prečniku od 100 mm?

Dali ste doneli pravu odluku proverite u sledećem broju.

OPASNE I BEZOPASNE "POVREDE" PARABOLIČNE ANTENE

Bokser ne sme da ima "staklenu bradu" a parabolična antena "staklenu ivicu". Evo kako izgleda "klasičan nokaut" jedne parabolične antene.

U prošlom broju postavili smo pitanje na koje nije bilo naročito teško dati pravi odgovor. Pokušajmo analizirajući oba odgovora da nađemo onaj pravi.

Polje radio talasa koji od predajnika dolaze na antenu je jednako na svim delovima antene, tako da je snaga signala u fokusu proporcionalna površini antene pod uslovom da je antena savršeno tačna, tj. da njen oblik potpuno odgovara matematičkom paraboloidu. Ukoliko antena nije tačna onda će snaga zavistiti od toga kolika je površina dela antene koji odstupa i koliko je to odstupanje.

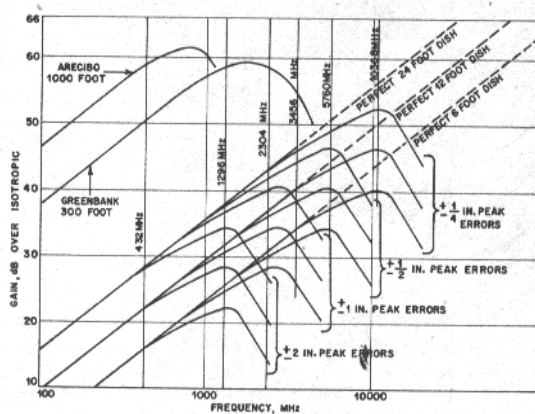


Fig. 12-14 — Parabolic-antenna gain versus size, frequency, and surface errors. All curves assume 60-percent aperture efficiency and 10-dB power taper. Reference: J. Ruze, British *IEE*.

Negativan uticaj veličine odstupanja antene od paraboloida (dubina udubljenja) ponaša se periodično, pošto se radi o slaganju talasa i maksimalan je kada su talasi reflektovani sa izobličenog dela u protivfazi sa talasima reflektovanih od ostatka antene.

Iz ovoga se jasno vidi da je antena koja je udarena velikim čekićem, iako, naizgled, teško oštećena ustvari ostala potpuno očuvana kao antena, tj. njeno pojačanje je praktično isto kao i pre udarca.

U slučaju da je antena recimo prečnika 1.5 m udarena čekićem i da je oštećena u prečniku od 100 mm ukupna površina oštećenog dela iznosi 0.008 kvadratnih metara. Sa druge strane, antena koja je udarena u ivicu i blago uvijena ima mnogo veću površinu koja je zahvaćena izobličenjem, jer, obično, samo centralni deo antene ostaje relativno neizobličen. Idući od centra antene ka preiferiji izobličenje je sve veće a i zahvaćena površina. Možemo smatrati da je svega oko jedne četvrtine ukupne površine antene ostalo neoštećeno a to znači da je za antenu recimo prečnika 1.5 metara površina zahvaćena izobličenjem 1.68 kvadratnih metara.

Vidi se da antena, udarena u ivicu i blago uvijena, ima 210 puta veću površinu koja odstupa od parabolida nego antena koja je pretrpela udarac velikim čekićem, i bila ulubljena ali ne i uvijena.

Antena koja je, naizgled, prošla sa neznatnim mehaničkim i estetskim oštećenjem zbog toga što se gotovo neprimetno uvila pretrpela je katastrofu jer je njeno pojačanje nekoliko desetina decibela manje nego pre udara.

Očigledno je da za parabolične antene postoje vrlo opasna i manje opasna izobličenja. Izobličenje je utoliko opasnije ukoliko je veća zahvaćena površina.

Naročito opasna izobličenja, a koja su, nažalost, i najčešća još pri izradi antene su nedovoljno otvorena ili previše otvorena antena. Ovaj tip izobličenja je direktna posledica elastičnosti materijala prilikom presovanja ili izvlačenja antene na alatima za izradu.

Materijal se, jednostavno, malo vrati prilikom prestanka dejstva sile i zavisno sa koje je strane i kakvim postupkom antena "navlačena" na kalup dobija se ili previše otvorena ili previše zatvorena antena. Neki proizvođači antena naivno veruju da je jednostavnom korekcijom na kalupu moguće potpuno kompenzovati ovo izobličenje. Kompenzacija je samo delimično moguća i to pod strogo kontrolisanim uslovima u pogledu elastičnosti materijala kao i korišćenjem matematičkih optimizacija oblika kalupa. Naravno, ovo je sve moguće jedino ako je postupak izrade antene takav da svodi na minimum mogućnost da se kompenzacijom kalupa jedan tip izobličenja, recimo, previše otvorena antena, pretvori u drugi još pogubniji - uvijena antena.

Naime, pokušaj jednostavnog zatvaranja kalupa po periferiji za veličinu elastičnosti materijala, kako bi se posle vraćanja materijal vratio na pravu meru, a bez detaljne analize oblika nekompensovanog komada antene i matematičkog proračuna novog kompenzovanog kalupa, jednostavno daje loše rezultate.

Da tragedija bude kompletna, velika većina proizvođača prilikom izvlačenja antene koristi jeftine metode lokalnog dejstva sile na veoma malu ograničenu površinu materijala, koja širom otvara vrata izradi uvijene i lokalno istegnute antene.

Nikakve kompenzacije kalupa ili otpuštanja materijala ne mogu da spreče da se na ovaj relativno primitivan način ne dobije uvijena antena u manjoj ili većoj meri.

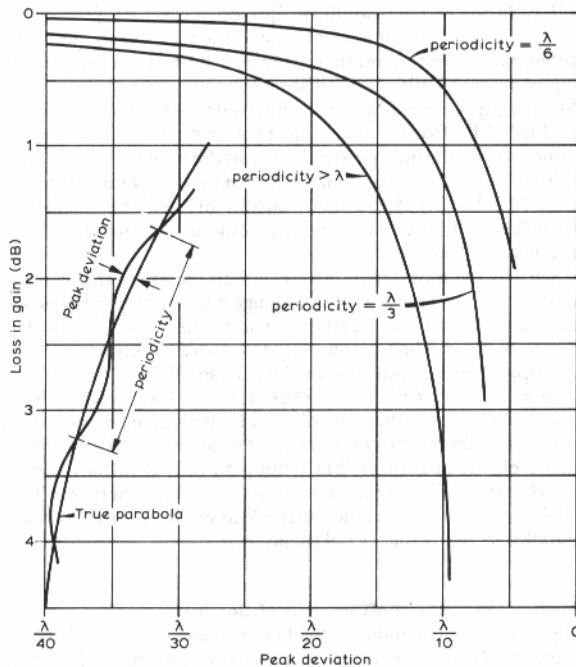


Fig 139. The effect of dish inaccuracy on performance

merjenja, koja je antena dobra a koja nije. Međutim, ima nešto na anteni što može da nam, donekle, pruži garanciju da je ona dobra ili bar potencijalno dobra i o čemu treba voditi računa pri kupovini ili izradi antene.

Dobar ram za dobar signal

Upravo iz ovih razloga profesionalne antene se ne rade ovakvim postupcima izvlačenja, već se koriste metode koje podjednako deluju silom na celu površinu antene kako bi se izbegla lokalna istezanja i usled toga uvijanja cele antene. U te svrhe se koristi hidraulika ili pneumatika gde tečnost ili gas vrši ravnomerni pritisak i ravnomerno izvlačenje celokupne površine antene.

Naravno, ovakvi postupci su dosta skuplji, ali ne toliko da se nebi mogli koristiti i u izradi komercijalnih antena.

U manje opasna izobličenja spadaju sva lokalna oštećenja koja bez obzira na veličinu udubljenja ili ispupčenja ne zahvataju veliku površinu.

Generalno, uvek važi pravilo: što je manja zahvaćena površina izobličenjem, to je manja degradacija pojačanja antene. Ovo je lako reći ali je dosta teško primetiti izobličenja usled uvijanja od svega nekoliko milimetara na anteni od nekoliko metara.

Zahvaljujući tome, teško je znati, bez

Iz svega iznetog do sada jasno se vidi da je opasnost od, golim okom, neprimetnih a u stvari katastrofalnih izobličenja parabolične antene jako velika.

Skoro da bi se moglo reći da je pravilo da iz nesavršenog tehnološkog postupka izrade izlaze gotovo neupotrebljive antene.

Kako golim okom prepoznati antenu koja bi mogla da bude dobra, tj. ima bar neke preduslove da bude dobra?

To je dosta teško bez opsežnih merenja, ali bi se zato neke mogle diskvalifikovati i pre ikakvih merenja.

Videli smo da je pravilan oblik paraboloidea veoma važan i samim tim je jasno da je i očuvanje tog oblika pod uticajem spoljašnjih sila (vetra, nataloženog snega i leda) isto toliko važno, ako ne i važnije.

Kružni ili eliptični odsečak paraboloidea je sam po sebi vrlo stabilna i kruta školjkasta struktura koja, ako ima dovoljnu dubinu i ako nije uvijena, tj. lokalno istegnuta, dosta dobro trpi uticaj spoljašnjih sila i ne menja lako svoj oblik.

Kod eliptičnog odsečka, tj. kod offset antena imamo problem da su uglavnom veoma plitke što ih pored ostalog čini manje otpornim na promenu oblika.

Kako nema dovoljne dubine koja bi svojom školjkastom formom ukrutila antenu potrebno je ukrućenje izvesti pomoću onoga što je preostalo, a to je spoljna ivica antene koja oivičava celu površinu i koja predstavlja na neki način ram za antenu.

Ovaj ram je najvažnija stvar u pogledu otpornosti na promenu oblika. Naime, ovaj ram kod pravilno izvučene i izrađene antene predstavlja "cement" kojim će oblik antene biti "zabetoniran". Upravo iz tih razloga pri izradi antene treba ovaj ram praviti što robusniji i što veći, kako bi se postigla visoka stabilnost oblika.

Ogromna većina proizvođača i graditelja antena pravi ovaj završni ram veoma mali, svega nekoliko santimetara u obimu. Razlog za ovo je svakako želja da se od datog komada metalnog lima napravi što veća antena. E sad, što ta povećana antena ne radi kako treba i čak često dosta lošije od one manje antene koja bi bila naparavljena od istog komada lima sa većim ramom, to je druga priča.

Osim ovog čisto mehaničkog uticaja na kvalitet antene, ovaj ram ima i jednu dosta bitnu elektromagnetnu funkciju, a to je da od njegovog oblika veoma zavisi temperatura šuma antene.

Mesto na kome se nalazi ram, gledano sa stanovišta konvertora je veoma kritično, jer tu konvertor prestaje da "vidi" antenu i počinje da gleda u zemlju, krov, zid ili nebo, zavisi šta se već nalazi iza i oko antene. Kada konvertor počinje da "gleda" u okolinu antene onda on i prikuplja šum te okoline. Ovo je neizbežno, mada je kod ofset antena povoljnije jer konvertor "gleda" u nebo koje je hladno tj. ne šušti, osim ako antena nije montirana na bočnom zidu zgrade.

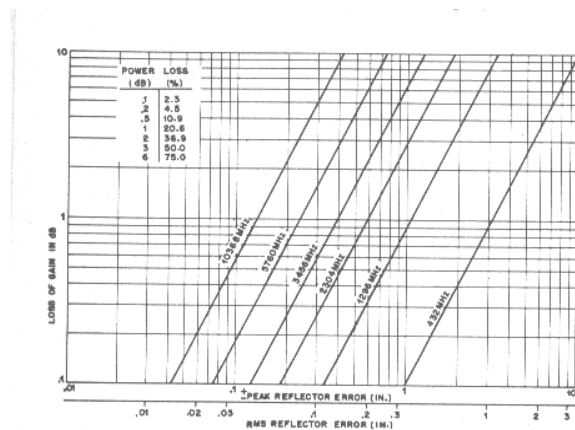


Fig. 12-13 — Gain loss vs. reflector error. Basic information obtained from J. Ruze, British IEE.

Ovo je, kao što je rečeno, neizbežno za sve parabolične antene, ali ono što tu jedino može da se uradi to je da i onaj šum koji se ne nalazi u vidnom polju konvertora, znači onaj iza antene i onaj daleko van neposredne ivice antene, ne bude reflektovan tako da ga konvertor "vidi". Jedini način da on bude reflektovan je da tu refleksiju obavi neki deo antene koji konvertor "vidi". Paraboloidea ima tu osobinu da on reflektuje prema konvertoru samo ono što je u uskom snopu, paralelnom sa njegovom osom, palo na njega. Za sve ostalo on je slep, izuzev ako je nepravilnog oblika tj. ako se ne radi o izobličenom parabolidu. Izobličenje proizvodi tzv. sporedne snopove u dijagramu antene kroz koje antena, tj. konvertor može da vidi i ono što inače ne bi trebalo.

Međutim, i kod idealnog paraboloidea koji se završava ramom jedina površina koja prestaje da prati oblik paraboloidea je početak savijanja rama, praktično unazad u odnosu na prostiranje površine paraboloidea.

Očigledno je da, ako se ne vodi računa, može ram da se savije tako da veliki deo njegove površine reflektuje neželjeni šum ili smetnje iz okoline. Sa druge strane, ako bi se uklonio ram i jednostavno antena ukrutila na drugi način to ne samo da ne bi popravilo situaciju već bi je drastično pogoršalo.

Naime, kada bi se antena koristila bez rama sa oštrom iviciom onda bi ta ivica radila kao izvanredan reflektor koji bi ogromne količine šuma iz okolnog prostora reflektovao u konvertor. Ovaj efekat je u telekomunikacijama poznat kao efekat "ivice" ili "noža" (knife-edge effect).

Iz svega napred iznetog proizilazi da antena mora da ima ram iz dva pomenuta razloga i što je najlepše oba razloga diktiraju upotrebu veoma velikog i robusnog rama. Kad kažemo velikog, onda se misli na poluprečnik kruga savijanja lima unazad pri formiranju rama. Jednostavno treba da izgleda da je antena oivičena okruglim ramom tj. prstenom koji je napravljen od vrlo debele cevi.

Međutim, da bi se efekat uticaja ivice na šumnu temperaturu antene sveo na minimum, potrebno je ram napraviti savijanjem lima unazad ne po krugu, nego po krivoj koja je složena i koja je bliža po obliku elipsi ili hiperboli.

Oblik ove krive se, kod profesionalnih antena a naročito kod onih koje se koriste u merne svrhe (radioastronomija, radari i sl.), proračunava za svaki tip antene posebno zavisno veličine i tipa odsečka paraboloida a zatim i od tipa upotrebljenog iluminatora tj. gradienta iluminacije.

Na kraju očigledno je da, ako pri pokušaju da ocenimo kvalitet parabolične antene, imamo u vidu da ona mora da ima veliki i pravilno formiran ram koji nam onemogućava da je rukama uvijemo i da pri tome sama antena nije već pretrpela uvijanje pri izradi, onda imamo posla sa kandidatom koji vredi dalje proveravati. Ako imamo posla sa antenom koja ima mali i oštro savijeni ram i koju bez velikog napora možemo rukama da uvijemo i još ako se ona pri tome ne vrati u prvobitan oblik već zauzme drugi stabilan oblik onda je tu reč o veoma lošoj i jako uvijenoj anteni.

Osim toga, svi oblici antena koji nisu krug ili elipsa nisu prirodni, tj. ne predstavljaju površinu paraboloida koji je presečen sa jednom ravni, vrlo su nestabilne forme i lako menjaju oblik pa su zbog toga i vrlo nesigurni kandidati za dobru antenu.

U ZDRAVOJ ANTENI ZDRAVA POLARIZACIJA

Izobličena parabolična antena daje izobličen signal i u polarizacionom domenu.

U prošlom broju smo videli koliko je važan ram antene za stabilnost forme i otpornost na spoljne uticaje koji bi eventualno uticali na promenu oblika a time direktno i na kvalitet.

Postavlja se logično pitanje: zašto ukrućenje antene ne bi moglo da se obavi sa nekim elementom koji se naknadno doda anteni?

Recimo, bilo je pokušaja da se, inače neprirodne i nestabilne forme u vidu kvadrata, romba, ili pravougaoika učvrste na taj način što im se sa zadnje strane doda čvrst nosač, koji takođe ima ram, koji po periferiji antene učvrsti antenu.

Ovakav pokušaj je, sam po sebi, besmislen, jer sada, osim brige oko tačnosti same antene, uvodimo u igru još jedan izvor mogućih grešaka - nosač sa ramom. Osim toga prilikom pritezanja na nosač, antena se pod dejstvom sile navlači na nosač i, hteli mi to ili ne, poprima oblik nosača, tj. nosač sada izobličava početni oblik antene i formira ga prema svom obliku.

Na kraju imamo paradoksalnu situaciju - antena je onoliko tačna koliko je tačan njen nosač, odnosno koliko je rezultujući oblik, koji je proizišao iz osnovnog oblika i nategnutog oblika, posle montaže blizak paraboli.

Jednom rečju, ako antena sa kalupa ne siđe kao paraboloid, ona teško da više ikada može biti paraboloid! Kalup antene je, ako je dobro i precizno izrađen, jedino merilo da li je antena tačna ili ne. Bilo kakva naknadna merenja i korekcije geometrije gotove antene su vrlo komplikovana i podložna velikim greškama.

Osim toga, svaka školjkasta struktura ima tendenciju da zadrži svoj oblik i svaka nasilna promena prvobitnog oblika dovodi do toga da rezultujuće sile u materijalu izvijaju antenu, tj. drastično povećavaju odstupanje od matematičkog paraboloida.

Odstupanje antene od idealnog oblika paraboloida dovodi do smanjenja dobiti antene, povećanja sporednih snopova dijagrama antene a time i do povećanja šumne temperature antene i prijemnog sistema.

Osim ovih, vrlo ozbiljnih, degradacija kvaliteta antene kod netačnih paraboličnih antena javljaju se i tzv. "kros-polarizacioni" i "ko-polarizacioni" efekti. Naime, poznato je da se u telekomunikacijama emituju signali koji su sa linearnom (horizontalna ili vertikalna) ili sa cirkularnom (leva ili desna) polarizacijom.

Na prijemnoj strani, je sklop koji prima radio talas određene polarizacije.

Pod raznim uticajima, moguće je da dođe do promene ugla polarizacije i da je polarizacija prijemnog signala pod nekim uglom koji odstupa od emisionog za određen broj stepeni.

Kod izobličenih antena događa se da su signali koji se reflektuju sa različitih delova paraboloida pomereni ne samo po fazi već i po polarizacionom uglu što dovodi do "nečiste" polarizacije signala tako da se u fokusu dobiju signali kanala čije su polarizacije "razmazane" i zauzimaju prilično širok ugao.

Zbog toga signali koji dolaze sa "razmazanim" polarizacijama prilikom superpozicije u fokusu, daju slabiji rezultujući signal zbog razlika u polarizacionim uglovima.

Na kraju razmatranja paraboličnih antena sa stanovišta geometrijske tačnosti daćemo jedan primer kao ilustraciju svega onog o čemu je bilo reči do sada.

Parabolične antene su zbog svojih geometrijskih osobina vrlo zgodne za simulaciju na računarima. Vrlo lako se može sa relativno velikom preciznošću simulirati gotovo svaka situacija i dobijaju se rezultati koji se jako dobro slažu sa onim što se dobija u praksi. Pre desetak godina, autor ovih redova je, za svoje potrebe, napisao jedan program za simulaciju i proračun paraboličnih antena. Ovim programom je urađena simulacija jedne netačne antene i upoređena sa istom takvom ali tačnijom, kao i sa upola manjom, takođe preciznije urađenom.

U tabeli koja je data vidi se kako je lako napraviti veliku paraboličnu antenu sa skoro istim pojačanjem kao kod one upola manjeg prečnika!

Antene i podaci	jedin. mere	vrlo tačna antena	uvijena za 3.5 mm	manja vrlo tačna
Prečnik parabolične antene	m	1.8	1.8	0.9
Prečnik fida (iluminatora)	cm	5	5	5
Radna frekvencija	MHz	10384	10384	10384
Odnos fokusa i prečnika (F / D)	-	0.4	0.4	0.4
Opadanje iluminacije fida (F.I.T.)	dB	12	12	12
Max. odstupanje površine od idealne	mm	0.5	3.5	0.5
Maksimalna upotrebljiva frekvencija	MHz	67272	9610	67272
Pojačanje parabolične antene	dB	44.2	39.2	38.2
Gubitak pojač. zbog greške površine	dB	0.10	5.1	0.10
Gubitak pojačanja zbog senke fida	dB	0.01	0.01	0.05
Ukupna efikasnost antene	%	68.2	21.7	67.9
Efikasnost zbog fazne greške	%	97.6	31.1	97.6
Efikasnost zbog senke fida	%	99.8	99.8	99.4
Efikasnost zbog pada ilumin. F.I.T.	%	70.0	70.0	70.0

BAJKA O PARALJUGI

Ima puno bajki i sve one u sebi nose biserno zrno univerzalne istine. Zato su večne.

Evo jedne od njih ...

Bila jednom jedna lepa i tačna parabolična antena koja se zvala Paraljuga i koja je toliko bila bolja i lepša od svojih drugarica i sestara da su je one sve veoma mrzele i zavidele joj. Zbog te mržnje i zavisti

nisu joj davale priliku da pokaže sa kakvim kvalitetom može da prima slabe EME signale i koliko je bolja od ostalih, jer je njena neobrazovana i zla maćeha stalno oblačila u neadekvatnu obuću i odeću, tako da je ta bedna oprema skrivala izuzetnu lepotu i kvalitet jadne Paraljuge.

Paraljuga je zbog toga bila jako nesrećna ali je ipak verovala da će znanje, dobro i istina pobediti kao u svim bajkama - za razliku od stvarnog života. I, pošto je ona živela u bajci, ona je iskreno verovala da će njena dobrota, lepota i kvalitet ipak pobediti sujetu, mržnju, neznanje i zavist okoline.

I zaista, kako to već biva u bajkama, pojavio se i njen Big-Gun princ na belom konju.

Objavio je da u svom radioamaterskom dvorcu pravi veliki bal-takmičenje gde će se sve najlepše i najbolje antene iz celoga sveta pokazati u svoj svojoj lepoti i kristalno čistim i jasnim EME signalima i gde će on izabrati svoju buduću životnu saputnicu.

Sve su antene nestrpljivo čekale taj veliki dan i nadale se udaji za princa, osim Paraljuge, koja je znala da njoj neće biti pružena šansa i da joj sujetna, neobrazovana maćeha i njene tupave i grozne ćerke neće dozvoliti da im ona bude konkurencija. Maćeha je toliko truda i novca uložila u reklamu, po raznim radioamaterskim časopisima, za svoje ružne i loše ćerke, kako bi ih prikazala kao dobre i kvalitetne, da nije htela da reskira da joj jedna Paraljuga pokvari uspeh koji je planirala u velikom EME kontestu. Nadala se da će jednu od svojih kćeri uspeti da uda za princa.

Tog dana kada su se svi spremali za veliko takmičenje, maćeha je, za svaki slučaj, Paraljugu naredila da obuče stare i prljave rite... ustvari ... neki stari predpojačavač od 5 dB šuma, staro nagorelo koaksijalno rele, nakvašeni koaksijalni kabl i da obuče stari fid koji je bio predviđen za duboke debele parabole a ne za vitku i tanku Paraljugu.

Maćeha je verovala da ovako unakažena Paraljuga nema šanse da joj pokvari posao.

Međutim, bajke ne bi bile bajke kada ne bi postojale i dobre vile koje spasavaju stvar u poslednjem trenutku.

Tako se i u ovoj bajci pojavila dobra vila Teorija koja je svojim čarobnim štapićem pretvorila stari predpojačavač u divnu belu haljinu ... pardon ... niskošumni sa GaAs FET-om, staro rele i koaksijalni kabl u najbolje primerke sa najmanjim gubicima i na kraju neodgovarajući fid u staklenu cipelicu ... ovaj ... u odgovarajući fid, sasvim po meri tanke i vitke Paraljuge, koji joj je stajao kao saliven. Da ne bi išla pešice dobila je zlatne kočije sa dva bela konja... ovaj ne... sa dva rotatora, a miš je začas bio pretvoren u kočijaša ... ovaj ... da ... miš od PC kompjutera sa bičem u ruci ... ne... sa programom za automatsko praćenje Meseca.

Paraljuga je bila spremna da se u svoj svojoj lepoti pokaže svetu, ali je tu bilo i ograničenje: ne sme da bude bolja od ostalih nestručno sklepanih ali vrlo skupih, uglancanih, bogato opremljenih i mnogo reklamiranih, uobraženih konkurentkinja ... pardon, lapsus ... ne sme da se zadrži duže od ponoći jer čim se skinu sankcije ... uh ... čim otkuca ponoć - čarolija nestaje!

Paraljuga se pojavila na izložbi u svoj svojoj čistoti i lepoti sa kristalnim tonom EME signala. Svi su bili fascinirani i zbunjeni takvom lepotom, konkurentkinje su bile zelene i siktale su i frktale od besa i zavisti, a Big-Gun princ se, videvši tu lepotu, na prvi pogled zaljubio i zamolio Paraljugu da mu pruži mogućnost da vidi kako radi i na ostalim bandovima i sa različitim polarizacijama, ... hm ... zamolio je za Pile-Up ples.

Paraljuga, i sama veoma zaljubljena u svog princa, pokazivala mu je sve svoje čari i svu lepotu svoje čiste i neiskvarene parabolične duše i tela, tako da, zanesena, nije ni primetila da se bliži skidanje ... ovaj ... ponoć!

Kada je veliki sat na dvorcu ARRL počeo da otkucava ponoć, Paraljuga se trгла i pobegla iz dvorca. Princ je potrčao za njom ne shvatajući zašto mu ona sada beži. U silnoj žurbi Paraljuga je izgubila svoju staklenu ... svoj savršeno skrojenu fid.

U to otkuca i ponoć i Paraljuga se ponovo nađe u svojim ritama.

Princ se toliko zaljubio u Paraljugu i toliko je bio opčinjen njenom čednom i tihom, gotovo bešumnom, dušom, njenim savršeno tačnim paraboličnim profilom i, iznad svega, jakim i čvrstim ramom, koji je ovičavao ovu skladnu i tako prirodnu figuru, da je rešio da je po svaku cenu ponovo nađe. Jedini putokaz i mogućnost koju je imao bio je izgubljeni, savršeno skrojenu i prilagođeni fid, koji je jedino njoj, tako lepoj i posebno, mogao da pristaje.

Objavio je da će se oženiti onom kojoj pristaje izgubljeni fid, i razaslao svoje radioamaterske sluge i glasnike da traže lepoticu koja ga je u žurbi pobegavši izgubila.

Sve antene su probale, mučile se, ali ni jedna nije mogla sa tim fidom da pruži onako kristalno čist i bešuman EME signal kakav je one noći u EME kontestu i Pile-Up plesu pružala Paraljuga.

Najzad na vrhuncu zapleta u bajci, gotovo slučajno se desilo da, dobro čuvana i od ljubomorne i zle maćehe sakrivana Paraljuga, ipak proba fid koji, pošto je samo za nju bio skrojen i samo njenim dimenzijama, a posebno njenom odnosu F/D, najbolje odgovarao, ona ponovo sinu u svoj svojoj kristalnoj čistoći skoro bešumnog tona i na najslabijim EME signalima.

Paraljuga se, kao što je to red u bajci, udala za svog princa i srećno su i dugo živeli. U stvarnom životu je, nažalost, to malo drugačije, ali da ne kvarimo raspoloženje, recimo da su nastavili srećno da žive i da su imali mnogobrojno potomstvo na sreću i zadovoljstvo mnogih sadašnjih i budućih EME amatera.

A zla maćeha i njene ćerke, kako su one prošle? Pa kao što prolaze u svakoj bajci: htele su da puknu od besa i zavisti.

Doduše, maćeha je kasnije ipak uspela da "uvali" svoje ćerke nekim naivčinama, koji nisu bili na velikom takmičenju u dvorcu i nisu videli čari Paraljuge, a slepo su verovali svemu što piše u reklamama i kupuje se za velike pare. Ali to je već neka druga priča i neka druga "bajka".

Povratak u stvarnost

Videli smo kako se rešavaju neki tehnički problemi EME opreme u bajkama. Bajke k'o bajke, u njima se uvek sve lepo završi. Da vidimo kako to izgleda u stvarnom životu.

Prvo, u stvarnom životu vrlo su retke parabolične antene poput zanosne Paraljuge jer, kao što smo već u prošlim brojevima rekli, vrlo je teško napraviti dobru i tačnu paraboličnu antenu a kamoli savršenu.

U bajci je Paraljugin savršenstvo božiji dar. Toga u stvarnosti nema.

Za nešto približno tome, potrebno je dobro poznavati tehniku i problematiku, dobro prionuti na posao, uložiti novac i vreme, reskirati i tek tada se može očekivati nešto što bi bilo nalik na savršenu Paraljugu. Zato se Paraljuge vrlo retko sreću u svakodnevnom životu tj. na našim opsezima.

Međutim, pažljivom čitaocu sigurno nije promakla činjenica da je iluminator ili fid taj koji je bio ključan, i koji je, zapravo, Paraljugu izdigao toliko iznad ostalih konkurentkinja.

A to nije samo u bajci i samo zbog bajke...

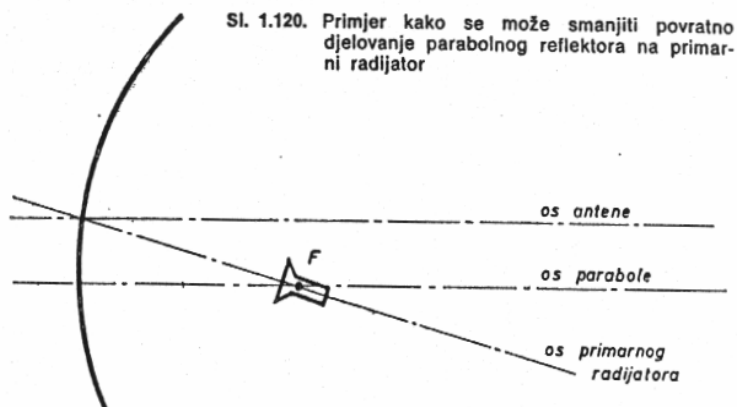
Jednačina matematičke krive - parabole čijom se rotacijom dobija matematička površina - paraboloid je:

$$y = x^2 / (4F)$$

Od jedne matematičke površine - paraboloida može se napraviti beskonačno mnogo različitih odsečaka, tj. paraboličnih antena, kako običnih tako i offset, raznih veličina. Ono što je zajedničko za sve njih je da imaju istu žižnu daljinu F.

Međutim ono što svaku od tih antena posebno određuje je njen prečnik D, koji zavisi od toga koliki deo površine odsečemo. Iz ovoga jasno proizilazi da je svaka antena određena sa dva parametra: žižnim ili fokusnim rastojanjem F i prečnikom D.

Postoji još jedan parametar, koji predstavlja ugao pod kojim je paraboloid presečen u odnosu na osu rotacije i to određuje da li je antena offset ili ne. Uobičajene parabolične antene se dobijaju kada je ovaj ugao 90 stepeni, a tzv. **offset** antene kada je ovaj ugao različit od 90 stepeni.



Da bi jedna parabolična antena bila dobra potrebno je, pre svega, ispuniti dva uslova.

Prvi uslov je da je ona tačna, tj. da je njena površina što približnija idealnom matematičkom paraboloidu. Kao što smo videli u prošlim brojevima časopisa, ta odstupanja moraju biti vrlo mala.

Drugi, možda još važniji uslov je da parabola bude pravilno iluminirana tj. da ima dobro "skrojeni fid" od koga direktno zavisi: pojačanje, čistoća dijagrama, stepen iskorišćenja i temperatura šuma antene - praktično sve što je bitno za jednu parabolnu antenu!

Projektovanje fida je neuporedivo teže i neizvesnije od projektovanja paraboloida. Osim toga promene elektromagnetnih karakteristika fida su skupčane sa ogromnim problemima i manevarski prostor za eksperimente je jako skučen.

Upravo iz tih razloga, kada se ozbiljno pride projektovanju nekog parabolnog antenskog sistema onda se krene od projektovanja fida, ili od već gotovog i ispitanog, pa se tek onda prema njegovim karakteristikama zračenja projektuje paraboloid.

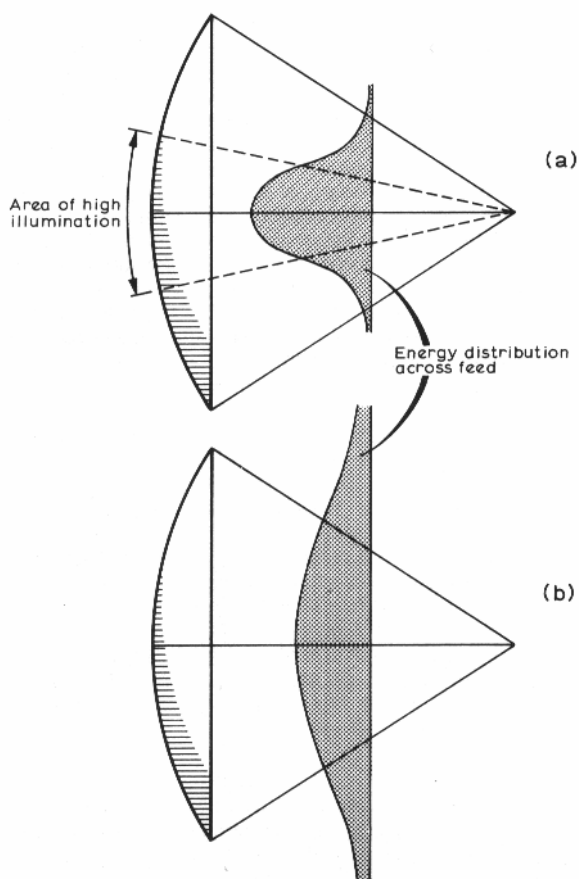


Fig 8.112. Non-optimum illumination of a dish (a) under-illuminated and (b) over-illuminated

potpuno da prima, tj. da je "slep" za sve oko antene, a da u isto vreme, celu antenu, sve do same ivice, vidi dobro. Umesto tog naglog pada dijagrama zračenja tj. prijema, dešava se u praksi da svi fidovi imaju postepeno opadanje iluminacije ili prijema, kako se ide od centra parabole ka periferiji. Ovo postepeno opadanje jačine prijema ili zračenja od centra ka periferiji zove se u engleskoj literaturi Feed Illumination Taper (F.I.T.).

On se izražava u decibelima i pokazuje koliki je pad gustine snage signala ili "jačine prijema" na periferiji parabole u odnosu na centar. Recimo ako je F.I.T. = -13 dB; to onda znači da je "jačina prijema" ili snaga dvadeset puta manja na periferiji nego u centru parabole.

Ustvari, sa svih delova parabole je reflektovana ista snaga prema fidu, koji je u žiži, ali on to ne vidi isto. Onu snagu signala koja mu dolazi sa periferije antene on prima dvadeset puta slabije od one koja stiže iz centralnog dela antene. Isto je i pri emitovanju, fid prema centru parabolne antene šalje dvadeset puta veću snagu emisionog signala nego prema ivici.

U praksi, većina radi upravo obrnuto - prvo nabave ili naprave parabolnu, pa tek onda traže neki fid "koji će da radi dobro". Zato mnoge, inače relativno dobre i tačne antene, rade loše ili rade daleko ispod svojih mogućnosti, jer nemaju adekvatan fid.

Zašto je taj fid toliko važan i zašto od njega u tolikoj meri zavisi kvalitet celog sistema?

Razlog je jednostavan: fid je "oštro oko" a paraboloid je "durbin". Tek kada su oba dobra i prilagođena jedno drugom, daleko se i dobro "vidi".

Fid mora dobro i oštro da "vidi" celu površinu paraboloida, ali ništa ili vrlo malo sa strane. Ako fid "vidi" šire nego što je parabola, onda "vidi" i šum i smetnje oko antene. Ako "vidi" uže onda ne vidi celu površinu parabole pa je pojačanje manje tj. kao da imamo manju parabolnu od stvarne.

Znači, on mora da "vidi" baš tačno onoliko široko kolika je parabola.

Ustvari, kao što rekosmo, pošto je fid taj koji se prvo napravi onda se odredi koliko on "široko vidi" pa se prema tome projektuje paraboloid da tačno pasuje na njegovo "vidno polje".

Nemoguće je napraviti fid koji će imati takav dijagram zračenja da preko određene širine prijemnog ili "vidnog" polja prestane

Ovo se najlakše može razumeti ako se zamisle naočare za sunce koje imaju zatamljena stakla i to tako da u centru nisu uopšte zatamljena, a kako se ide ka periferiji sočiva postaju sve tamnija. Kada se takve naočare stave na oči dobija se predstava kako fid "vidi" svet oko sebe.

Nije teško zamisliti kako izgleda, kroz te naočare, gledati parabole različitih prečnika sa različitim rastojanja tj. žižinih daljina. Da bi se svaka od njih što bolje videla, a ujedno i što manje okolnog prostora, potrebno je za svaku antenu odrediti tip naočara, tj. koliko i kako su zatamljena sočiva, jer je očigledno da iste naočare ne odgovaraju za sve antene.

I eto tako, malo po malo, dođosmo i do toga da je potrebno prvo izabrati fid (naočare) pa tek prema njihovim karakteristikama odrediti parabolu. Da bi se ovaj problem što lakše rešio uvedena je mera za parabole koja određuje između ostalog i kakav im je fid potreban.

Ta karakteristična mera je odnos fokusnog rastojanja F i prečnika D parabole i sve parabole koje imaju isti F/D zahtevaju isti fid tj. isti tip "naočara".

Razlog ovome je što sve antene koje imaju isti F/D zbog same geometrije imaju i isti ugao pod kojim se vidi ivica antene gledano iz žiže, a ovo je i najbitniji faktor za određivanje veličine opadanja iluminacije F.I.T.

Optimalnu veličinu F.I.T. nije lako odrediti ili izračunati jer utiču mnogi faktori. Recimo, sa promenom vrednosti F.I.T. od -13dB na -10 dB poraste pojačanje i stepen iskorišćenja antene ali poraste i šum i pokvari se dijagram. Sa druge strane promenom F.I.T. sa -13 dB na -16 dB opadne pojačanje i efikasnost ali se značajno smanji šum antene i poboljša dijagram i odnos signal šum.

Očigledno je da, ne samo što svaka antena mora da ima za sebe "skrojen" fid, već je za istu antenu jedan fid optimalan kad ona radi kao prijemna, a neki drugi kad radi kao predajna.

Sada je, verovatno, već malo jasnije zašto je onaj fid... pardon... staklena cipelica bila toliko važna za Paraljugu, ali bogme, i za princa.

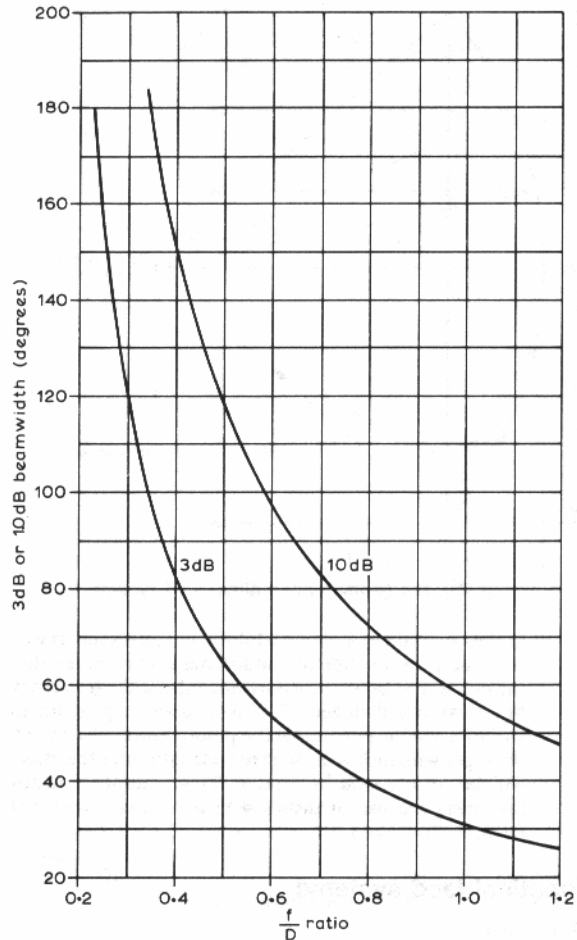


Fig 151. The 3dB or 10dB beamwidth of feeds for efficient illumination of dishes as a function of the ratio of their focal length to diameter (f/D). An edge illumination 10dB down compared with the centre is assumed

ANTENA PO MERI FIDA

Kako od dobre antene napraviti lošu? Lako - stavite joj pogrešan fid!

Činjenica da je, za istu antenu, kada ona radi kao emisiona, potreban jedan fid (koji obezbeđuje maksimalno pojačanje G), a drugi kada radi kao prijemna (koji obezbeđuje optimalan odnos pojačanja i temperature šuma sistema G/T), najbolje pokazuje koliko je pitanje pravilnog izbora fida za paraboličnu antenu kritično.

Time su još smešniji i neverovatniji pokušaji pojedinih amatera da "napamet" uparaju fideve i antene u sistem.

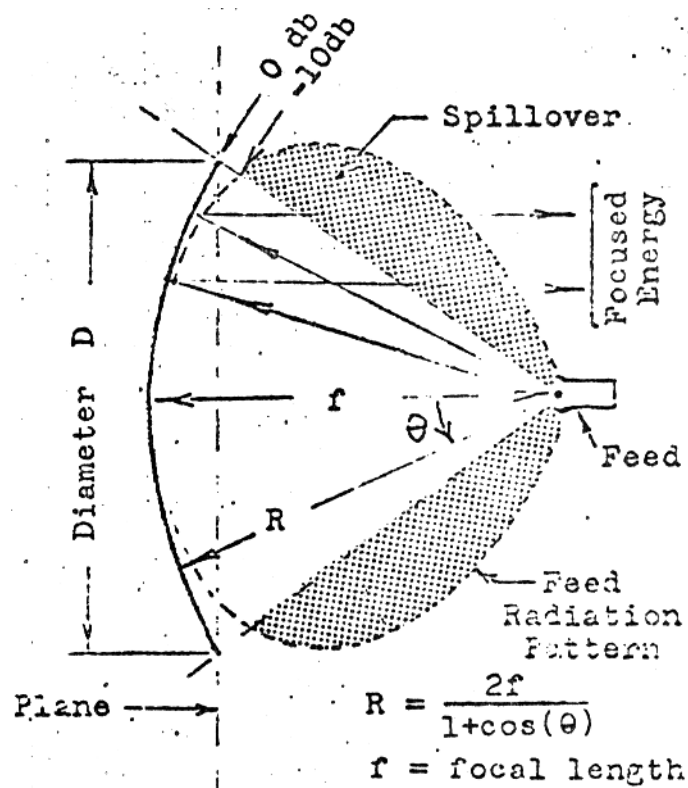
Da bismo ovo ilustrovali pokazaćemo na kompjuterskoj simulaciji kako je lako od inače relativno tačne i dobre antene napraviti loš prijemni sistem uparivanjem sa neodgovarajućim fidom. Rezultati su dati u Tabeli.

Tabele pokazuju šta se dešava sa antenama koje su uparene sa pogrešnim fidovima. Lako je zaključiti da velika antena sa pogrešnim fidom radi kao mala sa pravim!

Antene i podaci	jedin. mere	duboka antena sa fidom plitke	manja duboka sa odgov. fidom	plitka antena sa fidom duboke	manja plitka sa odgov. fidom
Prečnik parabolične antene	m	1.8	1.2	1.8	1.2
Odnos fokusa i prečnika (F / D)	-	0.35	0.35	0.7	0.7
Opadanje iluminacije fida (F.I.T.)	dB	25	9.5	3	10
Opadanje ilumin. usled rastojanja	dB	3.6	3.6	1.0	1.0
Max. odstup. površine od idealne	mm	0.5	0.5	0.5	0.5
Radna frekvencija	MHz	10384	10384	10384	10384
Pojačanje parabolične antene	dB	40.0	40.9	42.9	41.1
Ukupna efikasnost antene	%	26.3	72.0	50.7	74.9
Širina glavnog snopa dijag. (-3dB)	step.	1.7	1.97	1.1	1.9
Potiskivanje prvog bočnog snopa	dB	52.9	27.7	19.0	24.4

Rekli smo da je mera, koja je zajednička za antene i fideve, odnos F/D. To praktično znači da je za dobar rad potrebno upariti fid, koji je projektovan i optimiziran za određeni F/D, sa antenom koja ima upravo taj F/D. Pojedini fidovi rade sa antenama čiji je F/D u određenom uskom opsegu vrednosti, recimo, između 0.35 i 0.42. Najbolje je držati se, strogo, ovih vrednosti pri izboru antene za dati fid.

Za prijemne antene, optimalni fid je onaj koji obezbeđuje takav F.I.T. (Feed Illumination Taper) da se dobija najveća vrednost količnika G/T tj. najbolji odnos pojačanja antene i njene šumne temperature. Konstruktori fida moraju da vode računa i o tome da je kod paraboličnih antena, posebno onih sa malim F/D, potrebno na F.I.T., koji je posledica dijagrama zračenja fida, dodati i tzv. "Space Atenuation Taper", koji je posledica nejednakog rastojanja perifernih i centralnih delova antene prema žiži.



Ovo ima za posledicu da je, kod vrlo dubokih antena, (F/D=0.25) slabljenje signala na periferiji u odnosu na centar antene oko 6 dB, zbog većeg rastojanja perifernih delova antene nego centralnih u odnosu na žižu. Imajući ovo u vidu, mora se pri uparivanju fida i određivanju optimalnog F/D antene uzeti u obzir ukupni I.T., koji je jednak zbiru F.I.T. koji je posledica fida i I.T. koji je posledica "Space Atenuation Taper" -a same antene.

Kako izgleda promena G/T kada se menja ukupni I.T.?

Za vrlo male vrednosti I.T. pojačanje je veliko kao i efikasnost ali je i temperatura šuma velika pa je G/T malo.

Sa povećanjem I.T. polako opada pojačanje i efikasnost ali naglo

opada temperatura šuma pa vrednost G/T raste.

Maksimalna vrednost G/T za većinu antena osim specijalnih tipova (Cassegrain i Gregorian) postiže se kada I.T. dostigne vrednosti između -12 i -14 dB.

Sa daljim povećanjem I.T. i dalje pada temperatura šuma ali naglo pada pojačanje tako da vrednost G/T opada.

Sve u svemu, za dobar prijemni sistem potrebno je da ukupni I.T. ima vrednost oko -13 dB što obezbeđuje maksimalnu vrednost odnosa G/T a time i najbolje rezultate tj. najbolji odnos signal/šum. Za predajne antene vazno je pojačanje a ono postiže svoj maksimum pri mnogo manjem I.T. od oko 6 - 9 dB.

Kako je merenje I.T., odnosno dijagrama zračenja fida, skopčano sa skupim instrumentima i drugim problemima, najbolje je voditi računa o tome šta su proizvođači ili konstruktori fida dali kao optimalnu vrednost F/D za antene. Ukoliko se držimo toga mala je verovatnoća da ćemo pogrešiti.

Kada gradite EME sistem obavezno proverite u literaturi dali određeni fid odgovara anteni, tj. za koji je F/D antene projektovan. Videćete da mnogi fidovi odgovaraju samo za vrlo uzan opseg F/D antena.

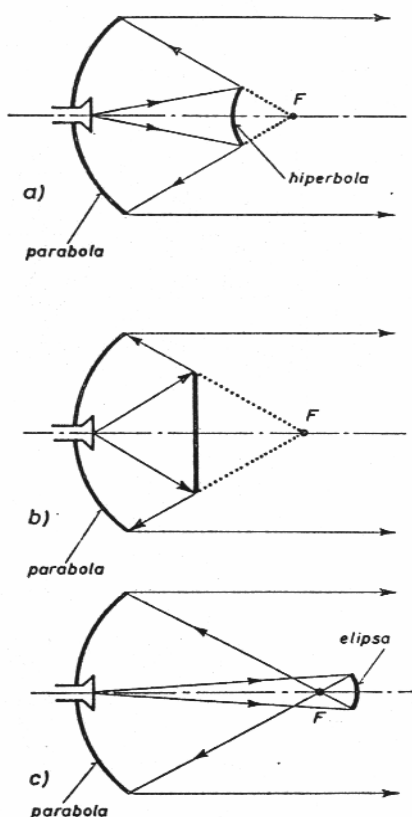
Duboke parabolične antene, sa malim F/D, obično imaju fid sa koncentričnim prstenovima oko otvora.

Antene sa velikim F/D, kao što su ofset antene, imaju fid u obliku levka. Prečnik otvora direktno zavisi od veličine F/D za koji je fid pravljen. Što je veći F/D, to je i levak duži, a otvor mu je većeg prečnika. Naravno, moguća su i manja odstupanja od ovog pravila ako se radi o specijalno konstruisanim, tzv. "multi-mode" fidovima.

Još jedna stvar, koja je bitna za svaki fid, je tzv. "fazni centar", tj. tačka u koju mora da padne žiža antene da bi prijem bio najbolji.

Kod svih fidova ovaj fazni centar pada malo unutar otvora fida. U principu što je otvor većeg prečnika to je fazni centar više unutra tj. iza ravni otvora fida. O ovome treba strogo voditi računa jer je, kod fidova sa velikim otvorom, rastojanje između ravni otvora fida i antene malo kraće od žižne daljine date u prospektu za antenu, jer je žiža, praktično, u fidu.

Multirefleksor antene



U literaturi se mogu često naći i parabolične antene sa dva reflektora. O čemu se zapravo radi?

Pokazalo se da je efikasnost parabolične antene usko povezana sa osobinama fida. I pored velikih napora uložениh u projektovanje fidova sa što boljim karakteristikama, praktično je nemoguće pomiriti oprečne zahteve koje teba ispuniti da bi se obezbedila velika efikasnost. Iz tabela u prošlom broju lako se može zaključiti da je i sa najboljim fidom efikasnost parabolične antene u opsegu oko 70%.

Glavni uzrok smanjene efikasnosti je nemogućnost fida da obezbedi dobru iluminaciju paraboličnog reflektora a da van ivica parabole obezbedi oštar pad iluminacije kako bi sprečio prikupljanje šuma oko antene na prijemu i gubitak snage pri predaji usled "prebačaja" iluminacije (engl. spillover) preko ivice.

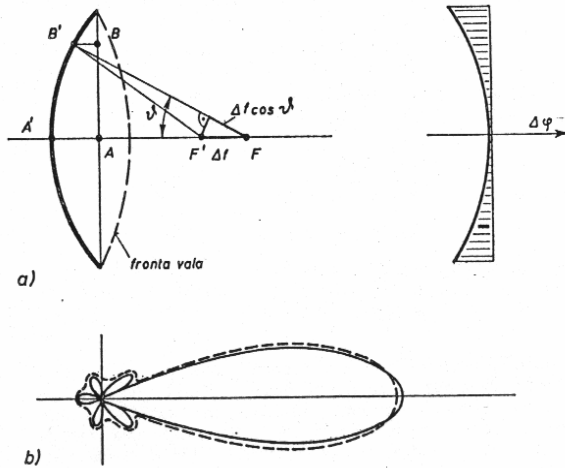
Projektanti fidova imali su nekoliko mogućnosti da prevaziđu ovaj problem. Prvi način koji je delimično popravljao iluminaciju je korišćenje tzv. "multimode" fidova.

Princip rada se sastoji u tome, što se dimenzije fida biraju tako da se u ulaznom talasovodu podržavaju tzv. "viši modovi" elektromagnetnog talasa i da se, pažljivim modeliranjem njihovih amplituda i faza, obezbeđuje da dijagram zračenja fida ima potreban nagli pad na ivici

paraboloida. Na ovaj način moguće je popraviti efikasnost parabolične antene, ali, nažalost, problem je u tome što su takvi "multimode" fidovi uskopojasni, tj. dobro obavljaju svoju funkciju samo u relativno uskom frekvencijskom opsegu, koji je srećom dovoljan za relativno uske amaterske opsege.

Druga mogućnost, koja stoji na raspolaganju konstruktorima, je korišćenje tzv. "multirefleksor" antenskih sistema. Slično kao što se u teleskopu ili u mikroskopu koristi nekoliko različitih sočiva, tako se i u multirefleksor anteni koristi više reflektora kako bi se obezbedila optimizacija radnih uslova antene.

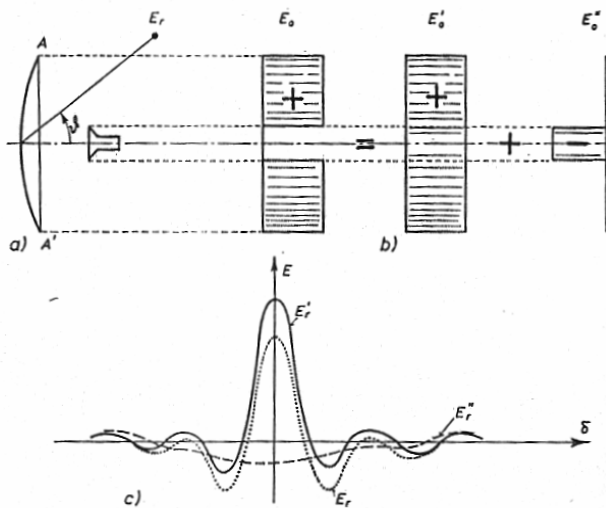
Sistemi sa dva reflektora su najčešće korišćeni. Oni se satoje od primarnog paraboličnog reflektora i sekundarnog koje može biti odsečak neke druge matematičke površine. Najčešće se koriste odsecci hiperboloida (Cassegrain antena) i elipsoida (Gregorian antena).



Sl. 1.121. Tumačenje deformacije dijagrama zračenja zbog pomaka primarnog radijatora iz žarišta u aksijalnom smjeru (a) i skica pripadnog dijagrama zračenja (b)

konverzija F/D vrši na više ili na niže, koriste se dva tipa sekundarnog ogledala : hiperboloidno (konvexno) i elipsoidno (konkavno).

Duboki parabolični reflektori se prilagođavaju na fidove sa relativno uskim dijagramom zračenja preko konvexnog hiperboličnog ogledala (reflektora) smeštenim ispred ravni fokusa, dok se fid nalazi obično u ravni i u centru primarnog reflektora. Ovaj tip antene (Cassegrain) je vrlo mnogo u upotrebi kod profesionalnih prijemnih i emisionih satelitskih sistema zbog svojih izvanrednih karakteristika.



Sl. 1.118. Prikaz blokiranja dijela površine paraboličnog reflektora: a) geometrijski odnosi, b) skica raspodjele polja u otvoru, c) skica dijagrama zračenja

gotovo savršen, jer nagli pad iluminacije na ivici primarnog reflektora obezbeđuje sekundarno ogledalo. Jednostavno, postavljanjem sekundarnog ogledala tako da reflektovana energija sa njegove ivice pada

Kombinacija dva reflektora nam obezbeđuje nekoliko prednosti u odnosu na klasičnu ili offset antenu sa fidom u primarnom fokusu.

Pošto fid ne iluminira direktno primarni paraboloid nego preko sekundarnog reflektora, onda je moguće modeliranjem oblika i veličine sekundarnog reflektora korigovati nesavršenosti fida i obezbediti optimalnu iluminaciju primarnog reflektora.

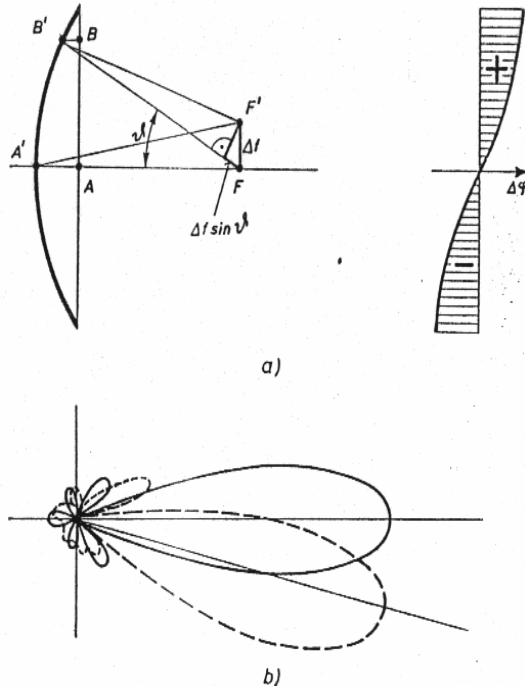
Osim toga sekundarni reflektor vrši konverziju F/D primarnog reflektora tako da je moguće primenom sekundarnog reflektora prilagoditi F/D primarnog reflektora na fid.

Zavisno od toga da li se

Drugi tip je poznat kao Gregorian antena koji, umesto hiperboličnog subreflektora, koristi eliptični, koji se nalazi iza ravni primarnog fokusa. Fid se kod ovog tipa antene nalazi vrlo blizu sekundarnog konkavnog reflektora tj. u fokusu elipsoida. U ovom slučaju se vrši konverzija F/D na više tj. omogućuje se da fid sa malim F/D radi sa antenom koja ima veliki F/D.

Glavni razlog korišćenja dva reflektora nije konverzija F/D već je to, moglo bi se reći, uzgredna korist. Glavni razlog je taj što, pri korišćenju sekundarnog reflektora, nesavršeni oblik dijagrama zračenja fida postaje

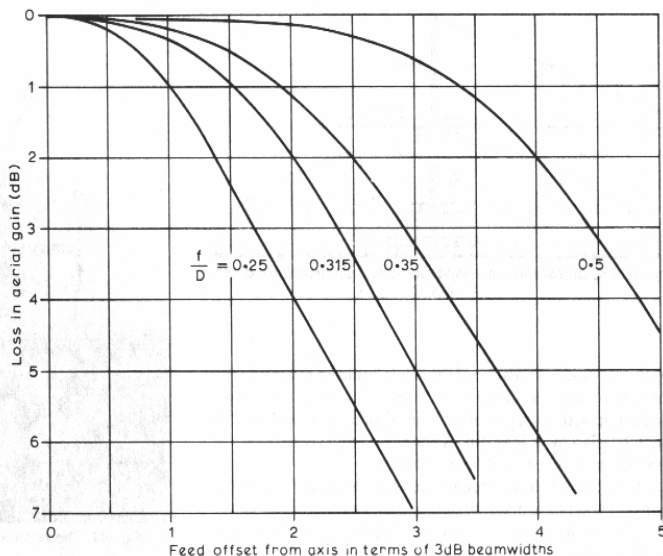
tačno na ivicu primarnog reflektora obezbeđuje da nema spillovera primarnog ogledala. Naravno, spillover sekundarnog ogledala takođe postoji, ali pošto fid gleda u nebo pored ivice sekundarnog ogledala on skuplja vrlo malo šuma. Kod klasičnih antena sa fidom u primarnom fokusu fid gleda u zemlju oko antene i skuplja jako mnogo termalnog i drugog šuma.



Sl. 1.122. Tumačenje deformacije dijagrama zračenja zbog pomaka primarnog radijatora

je kod multirefleksorske antenske sistema moguće vršiti namerno, precizno kontrolisano, izobličavanje primarnog i sekundarnog reflektora tako da oni odstupaju od matematičkog paraboloida, odnosno hiperboloida, u cilju dalje optimizacije efikasnosti antene.

Ovo se, naravno, ne radi "napamet", već se koriste vrlo intenzivne matematičke analize da bi se odredili optimalni oblici oba ogledala kako bi se dobila što ravnomernija iluminacija i što manji spillover, a time i maksimalna efikasnost antene.



Međutim, kako to obično biva i ovaj sistem ima svojih nedostataka. Glavni nedostatak je taj što sekundarno ogledalo pravi senku na primarnom ogledalu i time mu smanjuje efektivnu površinu i efikasnost. Ovaj nedostatak nije moguće smanjiti smanjenjem dimenzija sekundarnog reflektora, jer sekundarno ogledalo ne sme da bude suviše malo. Minimalna teorijska vrednost prečnika je oko 5 talasnih dužina a u praksi se retko koriste reflektori prečnika manjeg od 10 talasnih dužina.

Ovaj nedostatak može se prevazići jedino korišćenjem minimalnog sekundarnog i što većeg primarnog ogledala. To praktično znači da je ovaj sistem primenjiv samo kod relativno velikih paraboličnih antena. Drugi način prevazilaženja je upotreba ofset Cassegrain sistema.

Na kraju vredi spomenuti da

Posebним oblicima i konstrukcijama primarnog i sekundarnog ogledala moguće je modeliranje i ostalih parametara antene u cilju dobijanja antena sa nekim posebno izraženim osobinama, za korišćenje u vrlo specifičnim slučajevima.

"Pokretne" nepokretne antene

Posebnom konstrukcijom oba reflektora moguće je, u znatnoj meri, modelirati performanse antene kako bi se istakle pojedine osobine koje su bitne, kada se antena koristi za specijalne namene.

Tako je, recimo, moguće povećati polarizaciono razdvajanje, time što se subreflektor napravi tako da reflektuje samo jednu od dve ortogonalne polarizacije. Ovo se izvodi na taj način što se reflektorska površina napravi u vidu rešetke sastavljene od žica ili šipki, koje su paralelne sa željenom ravni polarizacije. Signali druge polarizacije su na ovaj način veoma oslabljeni.

Jedna od često korišćenih osobina multirefleksor antena je mogućnost da se umesto rotiranja cele antene u cilju praćenja Meseca ili satelita, sa koga se želi primati signal, može pomerati samo subreflektor. Usled pomeranja subreflektora, slično kao kod antena kod kojih se u istu svrhu koristi pomeranja fida, dolazi do degradacije karakteristika antenskog sistema. Prednost pomeranja subreflektora u odnosu na pomeranje fida je da je posebnim modeliranjem površina oba reflektora moguće delimično kompenzovati ovu degradaciju kvaliteta i time povećati maksimalni rotacioni ugao.

U ovoj oblasti su posebno efikasne tzv. torusne antene, koje su u osnovi Gregorian ili Casegrain multirefleksor ofset antene. One se sastoje od dva reflektora koji stoje koncentrično jedan naspram drugog kao odsecci unutrašnje i spoljašnje površine torusa. Ovakvom konstrukcijom omogućeno je rotiranje dijagrama antene i njegovo usmeravanje na različite tačke na nebu u vrlo širokom rasponu uglova.

VAŽNO JE I OD ČEGA I KAKO!

Materijali za izradu antena

U principu, parabolična antena se može napraviti od bilo kakvog materijala koji ispunjava određene mehaničke i električne zahteve. Mehanički zahtevi podrazumevaju čvrstoću i trajnost, dok električni zahtevi propisuju da reflektorska površina mora da bude elektroprovodna. Parabolična antena je, kao uostalom svaka reflektorska antena, širokopojasna u frekvencijskom pogledu. Ta činjenica je značajna jer, za razliku od rezonantnih antena koje moraju da imaju dobru provodljivost da bi se smanjili gubici, kod paraboličnih antena zbog velike površine i malih cirkulišućih struja nije neophodno da parabolični reflektor bude veoma dobar provodnik.

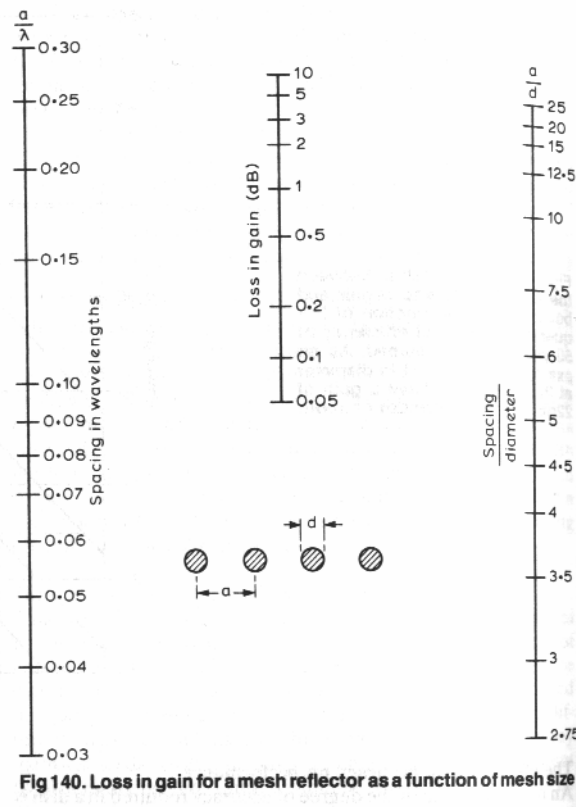


Fig 140. Loss in gain for a mesh reflector as a function of mesh size

Naravno i ovde postoji granica, ali svi metali koji se, uglavnom, koriste za izradu antena ili njihovu zaštitu od korozije su dovoljno dobri provodnici za ove svrhe.

Zbog svoje male specifične težine i dobrih antikoroziivnih, električnih i mehaničkih osobina najčešće se koristi aluminijum. On praktično zadovoljava sve neophodne zahteve za kvalitetnu antenu.

Plastične mase su vrlo pogodne za izradu antena livenjem ili laminiranjem ali je neophodno ostvariti provodnu površinu reflektora. Najčešće korišćene metode su lepljenje metalne folije ili bojenje specijalnim provodnim bojama.

Svojevremeno je nekoliko firmi pokušalo da pri izradi plastične antene livenjem ili laminiranjem ubaci metalnu mrežu u plastiku i tako reši problem provodne reflektujuće površine. Ovo je dalo, kao što se i moglo očekivati, katastrofalne rezultate na visokim frekvencijama. Prvi razlog je taj što mreža nije mogla da se formira prema kalupu a da odstupanja ne budu prevelika usled lokalnog gužvanja ili lošeg naleganja. Rezultat je bio veoma neprecizna antena iako su i plastični odlivak i kalup korektni. Drugi razlog je uticaj relativno debelog sloja plastike ispred mreže kroz koji mora da prođe radio talas i to dva puta, jednom kada padne na antenu, a drugi put kada se reflektuje od mreže ka

fokusu. Plastične mase, koje su jeftine za izradu antena, imaju vrlo loše elektromagnetne osobine na visokim frekvencijama. Imajući ovo sve u vidu, jasno je da je katastrofa bila neizbežna. Na nižim frekvencijama ova tehnologija se može relativno uspešno koristiti.

Plastične mase se mogu prevlačiti tankim slojevima metala elektrohemijским postupcima (galvanizacija) pa je to mnogo bolji način za izradu provodne površine paraboličnih antena. Postupci livenja plastike ili metala pod pritiskom daju najbolje rezultate u pogledu tačnosti i ponovljivosti ukoliko je kalup tačan i sve ostalo urađeno tako da se antena naknadno ne deformiše.

Na tržištu se mogu naći i antene koje su proizvedene presovanjem perforiranog lima, obično aluminijumskog sa rupicama prečnika nekoliko milimetara. Ideja konstruktora je bila da se smanji težina i otpornost na vetar ali da se ne naruše performanse antene.

Perforirane antene imaju manju težinu ali ne i mnogo manju otpornost na vetar. Da bi antena zadržala dobre šumne karakteristike, tj. da fid nebi primao šum kroz perforaciju, rupice moraju biti manje od jedne dvadesetine najveće talasne dužine koju antena treba da prima. U slučaju prijema signala u opsegu 10 GHz, rupice ne smeju biti veće od 1.5 mm. Kroz ovakve rupice slab vetar još može i da prolazi. Sa povećanjem brzine vetra otpor, pri prolasku kroz ovako male rupice, raste po eksponencijalnoj funkciji pa je korist od rupica upravo najmanja za najveće brzine vetra, a valjalo bi da je upravo obrnuto.

Antena iz jednog ili više komada?

Zbog lakšeg transporta, antene velikog prečnika grade se iz segmenata koji se prilikom montaže sklapaju. Segmenti su obično u obliku kriški koje po ivici imaju mogućnost pričvršćenja na susedne kriške i tako formiraju paraboličnu površinu.

U amaterskom opsegu od 10 GHz ovakve antene su se pokazale jako loše. Njihova upotreba je dosta manje kritična u opsegu od 1.3 ili 2.3 GHz .

Razlog lošeg rada ovakvih antena u 10 GHz opsegu je velika greška parabolične krive. U prethodnim brojevima videli smo koliko je važno sprečiti izobličenja paraboloida i to posebno izobličenja koja zahvataju velike površine, kao što su uvijanje ili otvaranje odnosno zatvaranje parabolične površine.

Upravo su parabole, koje su sagrađene od segmenata, veoma neotporne, ili još bolje rečeno veoma podložne, ovom tipu izobličenja.

Veoma je teško, ako ne i nemoguće, da se prilikom sastavljanja antene ne jave greške i sile koje će antenu izobličiti. Pojedine profesionalne antene velikog prečnika, uvek se grade iz segmenata, ali je konstrukcija tako podešena da se prilikom montaže koriste pomoćni alati i čitave pomoćne konstrukcije kako bi se ovo izbeglo. Osim toga profesionalne antene se posle sastavljanja intenzivno ispituju, mere i podešavaju pomoću savremenih optičko-laserskih uređaja.

Antene manjih prečnika, koje se grade iz segmenata, na delovima antene koji se međusobno sastavljaju poseduju specijalne kalibrisane repere ili spojeve takvog tipa koji obezbeđuju veliki stepen tačnosti prilikom sklapanja. Ovo sve znatno poskupljuje antenu pa se u komercijalnim verzijama antena sastavljenih iz segmenata ovo ne koristi.

Upravo zato u opsegu od 10 GHz treba izbegavati upotrebu antena sastavljenih iz segmenata jer one i pored svog velikog prečnika obično rade kao da su dva puta manje!

Opasan sjaj

Iako boja antene može da izgleda nevažna to uopšte nije tako iz više razloga. Kao prvo, velika površina antene usmerene ka nebu predstavlja sasvim solidan solarni kolektor. Toplota koju skuplja i fokusira može vrlo lako da istopi plastične a ponekad i metalne delove fida, koaksijalnog releja i predpojačavača.

Da bi se ovo sprečilo, antena mora da bude obojena tzv. disperzionom bojom koja nije sjajna nego je "mat". Korišćenje običnih boja za automobile daje vrlo sjajnu površinu i konvertor je u velikoj opasnosti naročito prilikom merenja šuma Sunca radi provere i kalibracije prijemnih karakteristika EME sistema.

Ukoliko je antena obojena običnom automobilskom bojom, koja daje visok sjaj, treba je blago "matirati" finom šmirglom ili peskiranjem, tek koliko da izgubi sjaj koji je opasan za predpojačavač i fid.

Crna, bela ili zelena?

Dilema da li je bolja bela ili neka druga boja je nešto kompleksnija i odluka zahteva neke kompromise. Sa stanovišta refleksije sunčevih zraka i zagrevanja fida u žiži najbolje bi bilo da je antena mat-crna. Crna boja najmanje reflektuje svetlost ali nažalost i najviše upija toplotu pa crno obojena antena na suncu vrlo brzo postane vrela. Vrela antena, poput svakog tela kome je povišena temperatura, zrači šum. Taj šum direktno prima predpojačavač i time je pokvaren šumni broj sistema. Srećom zbog velike provodnosti površine antene koja je obično izrađena od aluminijuma snaga ovog termičkog šuma i pored povećanja fizičke temperature antene nije velika. Kod antena koje imaju slabiju provodnost parabolične površine, jer su napravljene od drugog materijala, o čemu smo pisali u prošlom broju, ovaj uticaj je srazmerno veći. Povećanje fizičke temperature antene dovodi i do širenja materijala što može lako dovesti do izobličavanja paraboloida i degradacije kvaliteta antene.

Veličina izobličenja zavisi od tipa antene i od načina njenog pričvršćenja na nosač. Nije svejedno kako se i na koju stranu, širi ili skuplja antena pri promeni temperature.

Sa stanovišta ekologije i estetike bilo bi lepo da se antena uklapa svojom bojom u okolinu, tako da je vizuelno ne narušava svojim prisustvom. Tu su boje poput zelene ili, u gradovima, boje crvene cigle i crepa uobičajena rešenja.

Na kraju, neophodan je kompromis koji će pomiriti sve ove oprečne zahteve. Kompromis između crne i bele antene je svetlo siva mat antena, pa su tako obojene sve profesionalne antene. Ukoliko je estetski faktor bitan, onda je rešenje neka svetlija nijansa zelene ili neke druge boje slične boji okoline ali obavezno bez sjaja tj. matirane površine.

Zimska oprema

Matirane, hrapave površine lakše zadržavaju vodu, led i sneg koji su veliki neprijatelji kvalitetnog prijema za vreme zimskog perioda. Razlog velike osetljivosti na vodu i led je to što se radio talasi kroz vodu i led kreću drugačijim brzinama nego kroz vazduh. Time se menjaju fazni stavovi signala i uglovi refleksije, što sve zajedno ima za posledicu defokusiranje antene tj. ozbiljnu degradaciju kvaliteta antene prekrivene ledom ili vodom. Osim toga prolaskom kroz vodu i led signali trpe i značajne gubitke.

Suv sneg, zbog svoje manje gustine, manje utiče na prijem, posebno ako sloj nije suviše debeo.

Profesionalne antene zato poseduju grejače ugrađene u svoju površinu.

U poslednje vreme pronađeni su i vrlo efikasni premazi za antene koji ih čine otpornim na sakupljanje vode i leda.

Kao u HI-FI tehnicima

U ranijim brojevima pokazali smo sa kolikom preciznošću je neophodno napraviti antenu da bi ona bila koliko toliko dobra. Greške od par milimetara, ako zahvataju veliku površinu, su katastrofalne za kvalitetan rad antene.

Napraviti vrlo tačan kalup za antenu je težak posao koji zahteva dosta ulaganja i znanja. Da li je uzimanje "otiska" neke kvalitetne parabolične antene garancija da će i antena napravljena pomoću tog otiska-kalupa biti kvalitetna?

Pod pretpostavkom da imamo savršen kalup, čije je odstupanje od matematičkog paraboloida jednako nuli, to nam još uvek ne pruža potpunu garanciju da će antene sa tog kalupa biti dobre. Antene proizvedene na tom kalupu imaju šanse da budu dobre onoliko koliko im tehnologija izrade obezbeđuje vernost reprodukcije dimenzija kalupa. Slično kao u HI-FI tehnicima. Jedan muzički sadržaj može biti savršeno snimljen na CD ili neki drugi nosač zvuka, ali krajnji kvalitet, pri slušanju, zavisi od ostatka opreme, pre svega, pojačavača snage i zvučnika. O akustici prostora ne treba ni govoriti jer je sama po sebi jasna. Očito je da ograničenje kvaliteta ne leži samo u kvalitetnom 'otisku' zvuka već i u tehnologiji koja sledi.

Kvalitetan kalup predstavlja dobar preduslov za dobru antenu ali ne i dovoljan. Potrebno je da tehnologija proizvodnje antena sa tog kalupa, koja sledi, bude takođe takvog kvaliteta da obezbeđuje visoku vernost reprodukcije dimenzija kalupa pri izradi antena.

Pri gradnji parabolične antene najvažnije i najteže je da antena sa kalupa bude bez izobličenja, tj. da bude onoliko tačna koliko je kalup tačan!

Zablude i neznanje

Prvi proizvođač antene čiji “otisak” uzimamo, imao je kalup koji je imao svoje greške i pri proizvodnji antene, nesavršena tehnologija izrade, joj je dalje uvećala greške. Neko je posle toga uzeo otisak, koji takođe ima u odnosu na antenu neke greške, i na kraju dolazi njegova tehnologija izrade koja dalje uvećava greške. Čak kada bi i imao savršenu tehnologiju reprodukcije, on bi, u najboljem slučaju, reprodukovao sve greške prvog proizvođača!

Da rezimiramo: Ogromna većina graditelja antena naivno veruje da je kalup najvažnija stvar kod proizvodnje antena, i da kada to reše, (obično “skidanjem kalupa” neke kvalitetne antene) rešili su sve probleme. To nažalost, uopšte, nije tako jer je glavni faktor ograničenja kvaliteta antena upravo tehnologija izrade, tj. transfer dimenzija antena sa kalupa na antenu. Ko taj tehnološki ambis preskoči može da računa sa visokim kvalitetom antena. Tek tada kalup može da bude ograničavajući faktor kvaliteta ali obično ni tada nije jer je, u današnje vreme, relativno lako, pomoću numeričkih alatnih mašina, izraditi kalup vrlo visoke tačnosti (ispod 0.05 mm); ali je i te kakav problem dobiti otisak antena sa tog kalupa, koji će biti u granicama ispod 1 mm, a to znači DVADESET PUTA slabije tačnosti!

Kada se ovome dodaju problemi “povratka” materijala pri presovanju ili izvlačenju i neophodnoj korekciji dimenzija kalupa kako bi se kompenzovale razne nesavršenosti proizvodnje, postaje jasno da bez velikog znanja i dugotrajnog mukotrpnog usavršavanja nema kvalitetne antene.

Upravo zato “skidanje kalupa” i razne druge prečice daju loše rezultate, jer je tehnologija koja ih prati, obično vrlo primitivna i ne može da obezbedi vernu reprodukciju čak i tog kakvog-takvog “skinutog kalupa”!

Naravno, na nižim frekvencijama ovaj problem je mnogo manje aktuelan.

I na kraju, tačno je da paraboličnu antenu zaslužno zovu “kraljica mikrotalasnih antena”, ali kao što ste u ovoj seriji članaka mogli da vidite među njima ima raznih “kraljica”, nebrojeno maćehi i tek tu i tamo poneka Paraljuga ...!
