

Tehnika in konstruktorstvo

Ureja: **Matjaž Vidmar, S53MV**, Sergeja Mašere 21, 5000 Nova Gorica, Telefon doma: 065 26-717

NEKAJ MALEGA O ZRCALNIH ANTENAH

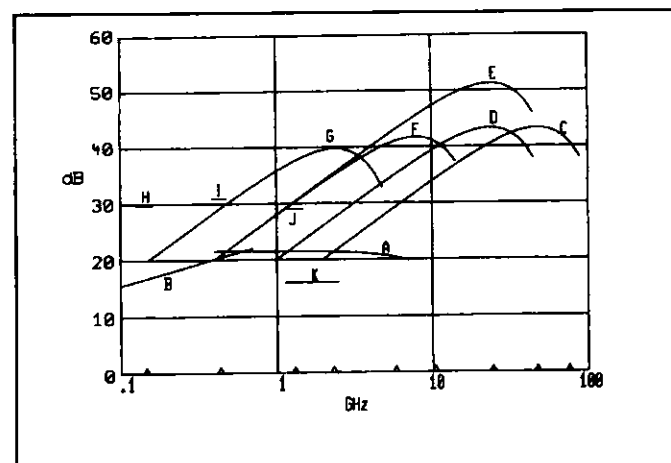
Marko Čebokli, S57UUU

1. Uvod

V zadnjem času mi je kar nekaj HAMov postavljalo vprašanja o zrcalnih antenah. Zato sem se odločil, da napišem par strani, na katerih bom poskusil natresti odgovore na nekaj vprašanj, ki se pojavijo ob praktičnem delu s tovrstnimi antenami.

2. Kdaj je smiselno uporabiti zrcalo?

Najpreprostejši odgovor je seveda: kadar rabimo velik dobitek na visokih frekvencah. O tem, kdaj zares potrebujemo velik dobitek, na tem mestu ne bi razpravljali. Malo konkretnje pa o tem, kaj je velik dobitek in kaj so visoke frekvence, lahko podiskutiramo ob sliki 1. Na njej so v odvisnosti od frekvence poleg dobitkov različnih zrcal (krivulje C do G) narisani dobitki posameznih yagic, skupin yagic in pa short backfire antene. Dobre in preizkušene yagice (naprimer DL6WU) obstajajo približno do dolžine 20 valovnih dolžin (krivulja A na sliki 1). Na nižjih frekvencah postane omejitve dolžina booma, ki se še ne zlomi pod lastno težo, približno 10m (krivulja B). Največje skupine yagic, ki jih srečamo pri EME Big Gunih na spodnjih treh bandih, so predstavljeni s črticami H, I in J. Število yagic, ki jih je smiselno vezati v skupino, s frekvenco upada, ker rastejo izgube v napajalnih kablji in fazne napake zaradi netočnih dolžin kablov in položajev anten. Glavni prednosti skupin yagic sta manjša masa in manjši upor vetra, kar velja tam nekje do kakih 25-30dBi dobitka. Velika prednost zrcala je v tem, da je samo po sebi zelo širokopasovno - eno zrcalo lahko s različnimi primarnimi viri (ali pa s širokopasovnim virom) uporabljamo na različnih bandih. Zelo enostavno je tudi menjati polarizacijo. V primerjavi s skupino yagic pri zrcalu odpadejo tudi vse težave s kompliciranim napajalnim vezjem z delilniki moči, kablovjem in konektorji - ker ga pač ni! Na višjih bandih so za manjše dobitke zrcalu konkurenčne tudi lijakaste (horn) antene. Za dobitke nad kakih 25dBi pa postane lijak že precej večji in okornejši od enakovrednega zrcala.



Krivulja A: Yagi antene dolge 20 valovnih dolžin, točnosti 0.5mm
 Krivulja B: Yagi antene dolge 10 metrov, točnosti 2mm
 Krivulja C: Zrcalo premera 0.6m, točnosti 0.5mm
 Krivulja D: Zrcalo premera 1.2m, točnosti 1mm
 Krivulja E: Zrcalo premera 3m, točnosti 1mm (dobra poštarska)
 Krivulja F: Zrcalo premera 3m, točnosti 3mm (Makedonska TVRO)
 Krivulja G: Zrcalo premera 8m, točnosti 10mm (Amaterska izdelava)
 Krivulja H: Skupina 32 Yagic dolžine 10m za 144MHz
 Krivulja I: Skupina 16 Yagic dolžine 10m za 432MHz
 Krivulja J: Skupina 8 Yagic dolžine 20 valovnih dolžin za 1296MHz
 Krivulja K: Short backfire pisrki

Zobci ob spodnjem robu označujejo amaterske bande. Krivulji pod A in B predstavljata celi družini yagic anten, ena sama nikakor ne more pokrivati tako širokega pasu frekvenc!

Slika 1. Dobitki raznih anten v odvisnosti od frekvence.

3. Kolikšen dobitek ima zrcalo?

Dobitek zrcala je sorazmeren njegovi površini. Za 55% izkoristek površine (tipična vrednost) dobitek v dBi izračunamo po formuli (1) na sliki 2, kamor vstavimo frekvenco v MHz in premer zrcala v m. Če oblika zrcala znatno (glede na valovno dolžino) odstopa od idealne, izgubo dobitka lahko ocenimo po formuli (2) na sliki 2, kjer je 'e' srednje kvadratno (RMS) odstopanje (približno tretjina maksimalne amplitude).

$$G = 20\log(d) + 20\log(f) - 41.5 \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

(d[m], f[MHz])

$$L = -684 \left(\frac{e}{\lambda}\right)^2 \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

$$z = \frac{x^2}{4f} \quad (3)$$

$$f = \frac{d^2}{16h} \quad (4)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (5)$$

$$e = \frac{f^2}{b-f} \quad (6)$$

$$r > \frac{2d^2}{\lambda} \quad (7)$$

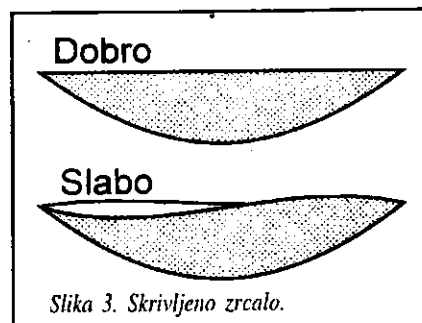
Slika 2. Formule.

4. Na katerih frekvencah je neko zrcalo uporabno?

Imamo neko zrcalo, in zanima nas, za katere frekvence ga lahko uporabimo. Spodnja frekvenčna meja je določena s premerom zrcala. Da res deluje kot zrcalo in ne samo kot uklonska ovira ali pa delec, na katerem se valovanje sipa, mora biti veliko vsaj štiri do pet valovnih dolžin - zares pa zrcalo pokaže vse svoje dobre lastnosti, ko je večje od desetih valovnih dolžin. Zrcalo premera 1.2m je torej uporabno približno od 23cm banda navzgor itd. Iz tega tudi sledi, da kadar potrebujemo dobitek manjši od kakih 20dBi, zrcalo ne pride v poštev. Zgornjo frekvenčno mejo pa pogosto natančno izdelave zrcala - to je, koliko oblika zrcala odstopa od idealnega paraboloidea. Te napake povzročijo, da se valovi, odbiti od raznih delov zrcala ne seštevajo v fazi, zaradi česar upade dobitek. Naprimer, zrcalo s povprečnim odstopanjem 1mm je na 10GHz še odlično. Za silo je uporabno še na 24GHz, kjer ima 3-4dB manj dobitka od idealno točnega zrcala enake velikosti. Na 47GHz in višje takšno zrcalo ni več uporabno, saj izgublamo že več kot 10dB.

5. Imam zrcalo, ki je malo 'pohabljeno'. Ali je še uporabno?

"Od oka" pravilo je, da naj površina ne odstopa od idealne za več kot 1/16 do 1/8 valovne dolžine. Majhne "buške" so manj problematične kot odstopanja večjih delov površine. Najslabše je, če je cela antena zvita v "propeler". Do tega pride, če antena pade na rob (naprimer pri demontaži z njenega originalnega delovnega mesta), ali pa če antena brez ustrezne zadnje ojačitve dalj časa sloni ob steni itd. Takšno zvitost najlaže opazimo, če anteno iz več smeri pogledamo preko roba. Spretni in zadnji rob se morata pri tem lepo pokriti (slika 3). Presenetljivo občutljiv detektor neravnin je tudi roka: ob hitrem potegu s prsti po površini antene

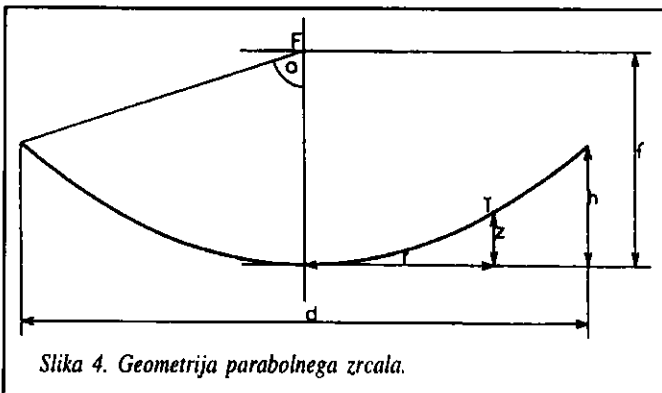


Slika 3. Skrivljeno zrcalo.

zlahka začutimo tudi submilimeterske izbokline. Če je površina antene zrcalna, jo lahko preverimo tako, da ponoči v gorišče damo majhno žarnico, in anteno od daleč (vsaj 20 premerov) pogledamo z daljnogledom iz smeri glavnega snopa. Celotna površina zrcala mora biti istočasno enakomerno svetleča. Približen izraz za izgubo dobitka zaradi mehanskih odstopanj j (2) (slika 2), kjer je 'e' srednje kvadratno (RMS) odstopanje (približno tretjina maksimalne amplitude).

6. Kakšna je formula za parabolne oblike?

Antensko parabolno zrcalo je rotacijski paraboloid, to je ukrivljena ploskev, ki jo dobimo, če parabolno krivuljo zavrtimo okrog osi, ki gre skozi njeno teme in gorišče. Geometrijo parabolne krivulje prikazuje slika 4, njena ooblika pa ustreza formuli 3 (slika 2).



Slika 4. Geometrija parabolnega zrcala.

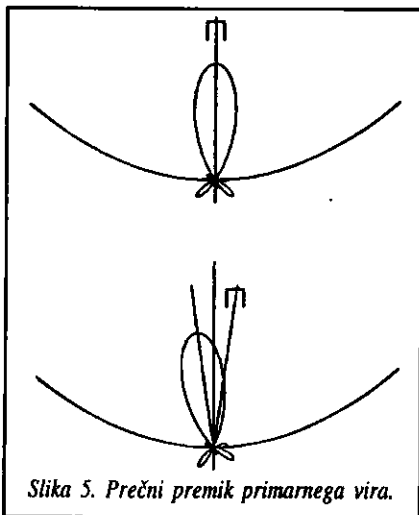
7. Kaj pomeni število f/d?

To število je mera za 'globino' antene, in je pomembno pri izbiri primarnega vira. Manjša številka pomeni globljo anteno, večja pa bolj ploščato. Število f/d je razmerje med goriščno razdaljo 'f' in premerom zrcala 'd', natanko tako kot zaslonka pri fotografskem objektivu. Tipično se ta vrednost giblje med 0.25 in 0.6. Zrcalo z razmerjem $f/d=0.25$ je že zelo globoko, pri njem pride gorišče ravno v ravnino odprtine. Tako globoko zrcalo je možno učinkovito napajati (osvetliti) edino z dvozrcalnim Cassegrain sistemom, zato jih v praksi redko srečamo. Prednost tako globokega zrcala so nižji stranski snopi in s tem manjši šum, pri HAMih pa je takšen f/d ponavadi posledica povečevanja obstoječega zrcala. Tipična simetrična zrcala imajo f/d nekje med 0.35 in 0.4, višje vrednosti okrog 0.5 do 0.6 pa srečamo pri offset zrcalih in pa pri samogradnjah. Kot, pod katerim iz gorišča vidimo rob zrcala (slika 4), je $a=2*\arctan(d/(4*f))$.

8. Kako točno je treba postaviti primarni vir v gorišče?

Pri postavljanju primarnega vira v gorišče ločimo dve napaki: prečno

(odstopanje od osi) in vzdolžno (napačna goriščna razdalja). Majhne prečne napake skorajda ne poslabšajo električnih lastnosti (dobitek itd), povzročijo pa "škiljenje" - to pomeni, da smer glavnega snopa odstopa od smeri osi zrcala (slika 5). Prečnih napak tudi ni težko odpraviti: zadostuje, da v treh točkah pomerimo razdalje med primarnim virom in robom zrcala. Izmerjene razdalje naj se ne razlikujejo več kot desetinko valovne dolžine, da se



Slika 5. Prečni premik primarnega vira.

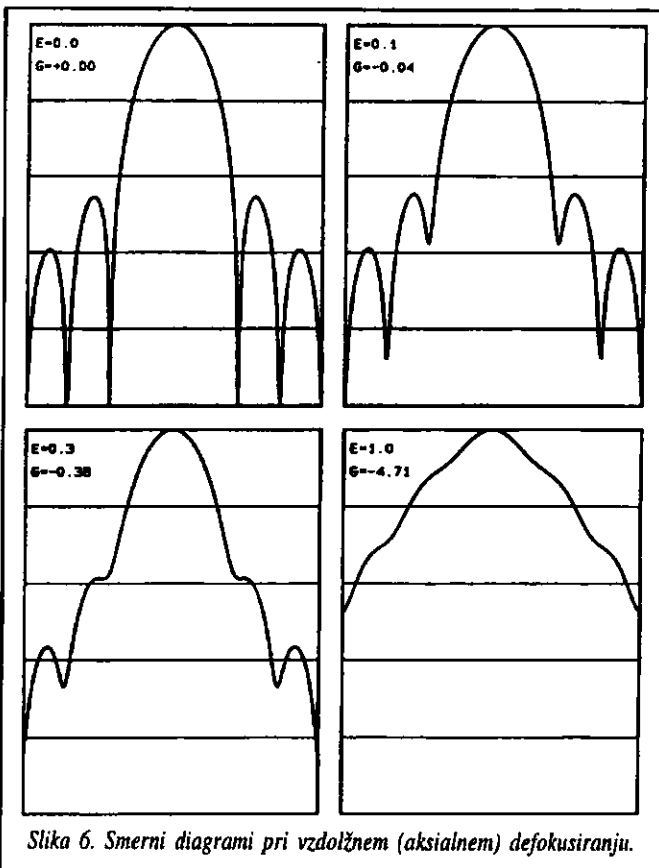
izognemo 'škiljenju'. Kar se dobitka tiče, tudi pomik za celo valovno dolžino vstran še ne povzroči omembe vredne izgube. (Če na fiksno montiranem zrcalu primarni vir pomaknemo vstran, se bo signal seveda močno zmanjšal - ne zaradi izgube dobitka, ampak zato, ker glavni snop ne bo več usmerjen proti korespondentu.) Malo več težav ponavadi povzroča vzdolžno fokusiranje: pogosto nimamo čisto točnega podatka o goriščni razdalji zrcala in o položaju faznega središča primarnega izvora. Fazno središče je točka, iz katere navidezno izhajajo krogljeni valovi. To je tista točka, ki jo moramo postaviti v gorišče zrcala. Pri valovodnih lijakah je fazno središče približno v odprtini valovoda. Občutljivost zrcala na aksialno defokusiranje je odvisna od njegove globine (f/d). Izguba dobitka za nekaj tipičnih primerov, pri osvetlitvi -10dB na robu, je podana v tabeli 1. Smiselna zahteva za točnost fokusiranja je desetinka valovne dolžine.

Veliko prej kot na dobitku se defokusiranje pozna na smernem diagramu (slika 6, za $f/d=0.4$). Primarni vir zato najlažje postavimo točno v go-

Napaka	f/D			
	0.25	0.3	0.4	0.5
0.10	-0.44	-0.07	-0.04	-0.01
0.30	-4.30	-0.64	-0.38	-0.14
1.00	-16.7	-9.39	-4.71	-1.65

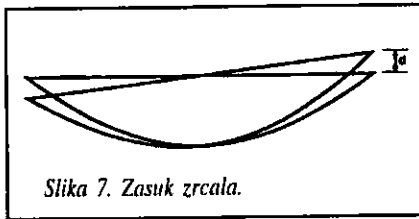
Izguba v dB, napaka v λ

Tabela 1. Izguba dobitka zaradi vzdolžnega premika primarnega vira.



Slika 6. Smerni diagrami pri vzdolžnem (aksialnem) defokusiranju.

rišče tako, da ga malo premikamo in opazujemo smerni diagram (odvisnost jakosti signala od smeri antene). Vir signala mora biti v področju daljnega polja (formula 7, slika 2). Pri dobro fokusiranem kvalitetnem zrcalu so 'luknje' med glavnim in stranskimi snopi zelo globoke (tudi 40dB in več). Če s fokusiranjem ne moremo doseči globokih lukenj, je to znak, da površina zrcala odstopa od idealne parabolne oblike. Ko se zaradi defokusiranja prva stranska snopa zlijeta z glavnim, znaša izguba dobitka šele približno štiri desetinke decibela. Pri improviziranem merjenju smernega diagrama je ponavadi težko po obliki ločiti 'čist' glavni snop od takšnega, ki se je že popolnoma zlil s stranskimi. Zato je dobro vedeti, da pridemo na prvi stranski snop takrat, ko rob antene premaknemo za valovno dolžino

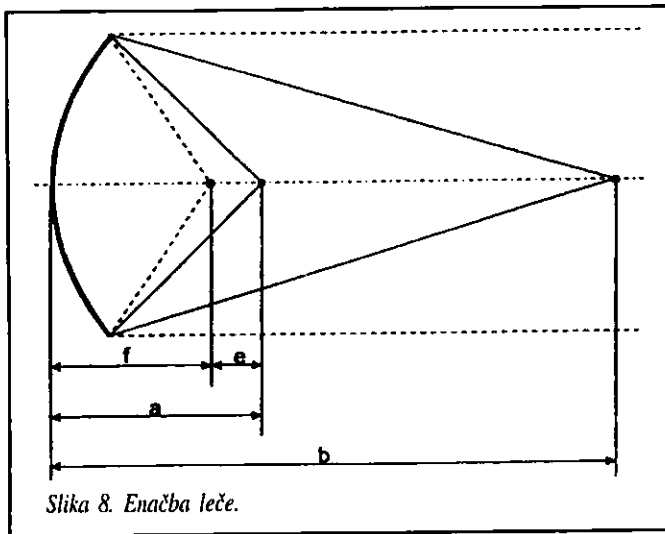


Slika 7. Zasuk zrcala.

(slika 7). Če vmes ni bilo minimuma, so snopi zlitli. Seveda je zelo priporočljivo že v naprej čimbolje čimbolje poznati položaj gorišča, zato:

9. Kako 'na suho' poiščem gorišče parabolnega zrcala?

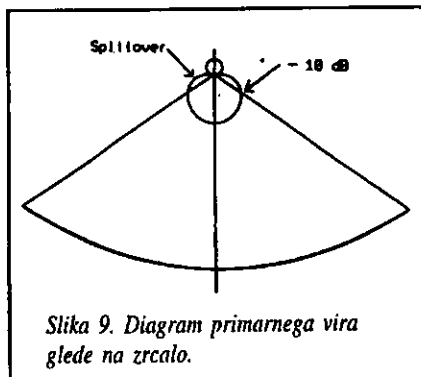
Pri simetričnem zrcalu je gorišče na osi zrcala, goriščno razdaljo (to je razdalja 'f' med goriščem in temenom antene - - slika 4) pa lahko izračunamo iz izmerjene globine 'h' in premera zrcala 'd' po formuli (4) (slika 2). Globino izmerimo tako, da preko odprtine zrcala položimo ravno palico. Če ima zrcalo zaobljene robove, je treba kot premer upoštevati razdaljo med točkama, kjer bi podaljšana krivulja zrcala sekala palico. Če je površina zrcala zrcalna, si pri iskanju gorišča lahko pomagamo s svetlobo: podnevi tako, da poiščemo točko, kjer zrcalo zbere sončne žarke, ponoči pa lahko damo v gorišče majhno žarnico (12V avtomobilsko) in zrcalo opazujemo od daleč. Ko je žarnica v gorišču, se enakomerno zasveti vsa površina zrcala. Ker opazovalec ni neskončno oddaljen, pri tem dobimo malo preveliko goriščno razdaljo. Iz enačbe leče ((5), slika slika 2 in slika 8) lahko določimo velikost napake ((6), slika 2). Pomagamo si lahko tudi z zvokom: če damo v gorišče majhen mikrofonski, dobimo napravo za poslušanje na daljavo. Če zamenjamo gigaherce s kiloherci, je valovna dolžina zvoka približno enaka radijski.



Slika 8. Enačba leče.

10. Kakšen primarni vir (sevalec) potrebujem za dano zrcalo?

Zrcalo ima največji dobitok (100% izkoristek), če je po celotni površini enakomerno osvetljeno. Naloga primarnega vira (sevalec, feed) je, da čimbolj enakomerno osvetli zrcalo, brez da bi pri tem svetil mimo roba zrcala. Idealen primarni vir bi torej moral imeti konstanten diagram do kota, pod katerim vidi rob zrcala, od tam dalje pa nič. (V resnici je rob zrcala malo dalje od gorišča kot teme zrcala, zato bi moral diagram idealnega vira od sredine proti robu na-



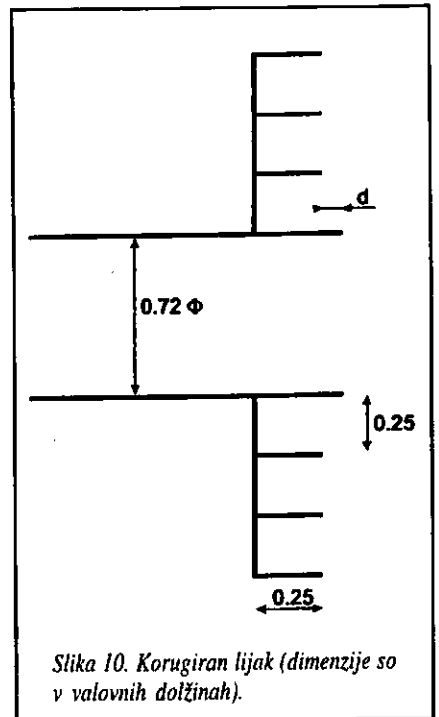
Slika 9. Diagram primarnega vira glede na zrcalo.

računati kot $1/\cos(a/2)**4$, kjer je 'a' argument smernega diagrama žarilca F(a) - slika 4.) Če ima primarni vir preozek diagram, ne osvetli zunanega dela zrcala, ki ga zato ne izkoristimo - torej bi bilo vseeno, če bi imeli manjše zrcalo. Če pa je primarni vir preširok, gre del težko pridelane moči oddajnika v nič mimo zrcala. Pri sprejemu pa ima preširok primarni vir poleg manjšega dobitka še dodatno slabost - 'pobere' več šuma. Realni primarni viri imajo seveda bolj žzaobljen' smerni diagram, zato moramo pri izbiri širine izbrati kompromis med manjšo osvetlitvijo roba in svetelnjem mimo zrcala ('spillover'). Za največji dobitok izberemo širino tako, da je rob zrcala osvetljen približno 10dB manj kot sredina (slika 9). Če je pomembna čim nižja šumna temperatura antene (nizki stranski snopi), izberemo ožji vir (manjša osvetlitev robov, naprimer -15dB). Tipčno dosežemo 50..60% dobitka, ki bi ga (idealno) enakomerno osvetljeno zrcalo.

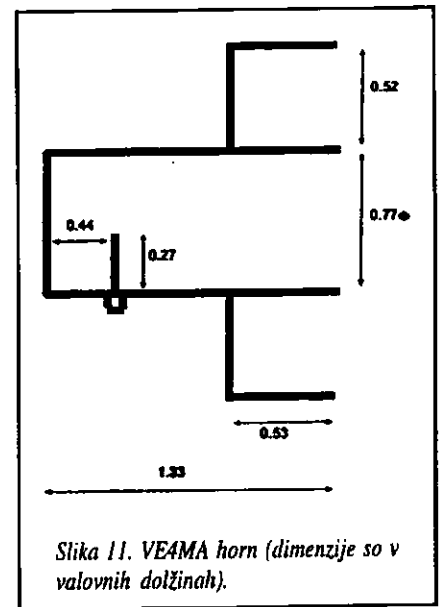
11. Nekaj najpogosteje uporabljanih primarnih virov

Najpreprostejši vir za nižje frekvence in zrcala globine približno 0.35 je dipol z reflektorjem. Za plitveje antene ($f/d=0.5..0.6$) uporabimo dva dipola pred ploskim reflektorjem (med njima je lahko lijak za višji band), uporaben pa je tudi dipol v skodelici (1). Če rabimo eno krožno polarizacijo na nižjih frekvencah, lahko uporabimo majhno vijačno (helix) anteno (2).

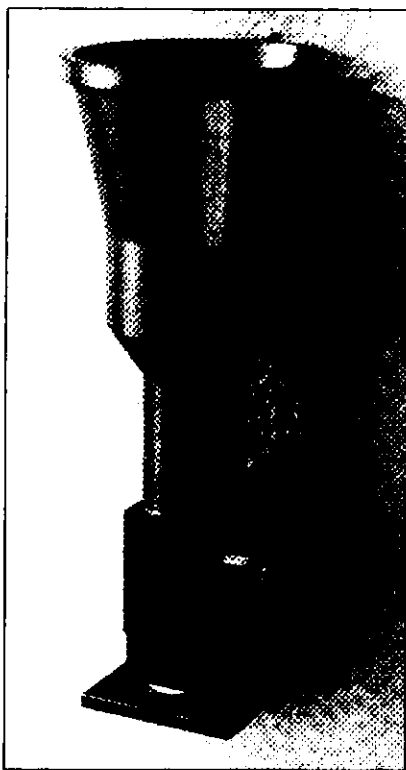
Globini se prilagodimo s številom ovojev. Za $f/d=0.35$ sta potrebna približno dva ovoja. Kot širokopasovni primarni vir za linearno polarizacijo je uporabna tudi log-periodična antena (3). Na višjih frekvencah kot primarni vir večinoma uporabljamo valovodne lijake. Majhen pravokoten lijakek ponavadi uporabimo, kadar za samonosni napajalni vod uporabimo v kljuko zvit valovod, kakršnega pogosto vidimo na 'poštarskih' antenah. Za samogradnjo je najpreprostejši okrogel lijake. Za antene globine 0.3..0.4 ponavadi uporabimo kar odprt okrogel valovod, brez lijakastega dela (1), (4). S premerom cevi lahko vplivamo na širino diagrama, vendar pa smo omejeni na dimenzije, v katerih se širi en sam rod (premer od 0.59 do 0.76 valovne dolžine). Odprt okrogel valovod ima precej visoke stranske snope, širina diagrama pa je različna v E in H ravnini. Lastnosti mu lahko bistveno izboljšamo s korugacijo (slika 10), ali pa če mu dodamo parazitno napa-



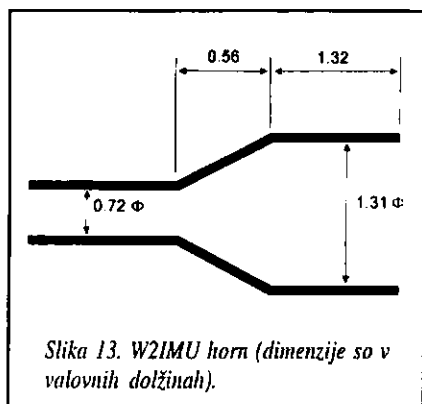
Slika 10. Korugiran lijake (dimenzije so v valovnih dolžinah).



Slika 11. VEAMA horn (dimenzije so v valovnih dolžinah).



Slika 12. Dvorodovni lijak.

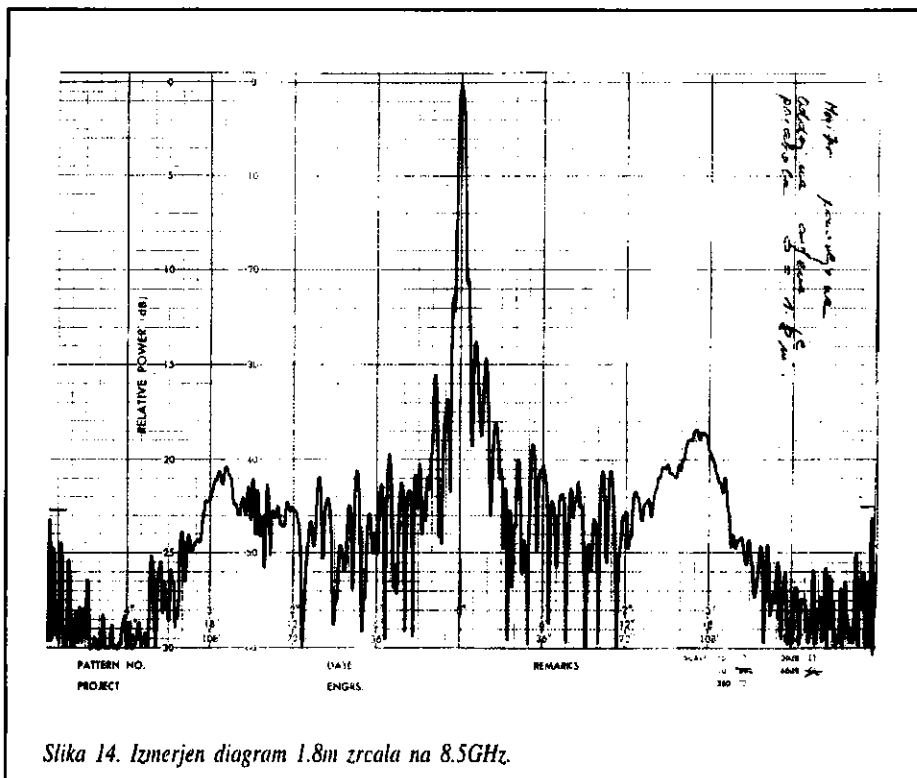


Slika 13. W21MU horn (dimenzije so v valovnih dolžinah).

setinko valovne dolžine nazaj ('d', slika 10). S takšnimi izboljšavami pridobimo nekaj manj kot en decibel na dobitku zrcala, precej pa se zmanjša tudi šumna temperatura, če je antena usmerjena v nebo (sateliti, EME). Korugacija ima vpliv tudi na odboj na koncu cevi, zato moramo po premikanju korugacije ponovno preveriti prilagoditev. Za plitvčje antene lahko enostavno dodamo stožčast lijak. Boljša rešitev je posebna oblika lijaka, kjer s pomočjo stopničaste nezveznosti namerno vzbudimo višji rod v pravilni amplitudi in fazi (dual mode horn, slika 12). Za zrcala globine 0.5 do 0.6 je med HAMi zelo popularen 'W21MU horn', slika 13. Dvorodovne lijake pogosto vidimo kot integrirane primarne vire na LNBjih za offset zrcala za satelitsko televizijo. Ker je za obliko diagrama zelo važna medsebojna faza obeh rodov, so dvorodovni lijaki precej ozkopasovni, zato se moramo točno (1%) držati predpisanih dimenzij.

12. Kakšen je smerni diagram, kolikšna je širina snopa?

Širina glavnega snopa zrcalne antene v radianih je približno enaka valovni dolžini, deljeni s premerom zrcala (en radian je 57.3 stopinje). Prvi stranski snopi so približno 17 do 25 dB pod glavnim. Poleg teh so pomembni še 'spillover' stranski snopi in pa snop v smeri nazaj (slika 14). 'Spillover' snopi so tam, kjer primarni vir posveti mimo roba zrcala, za $f/d=0.4$ približno na 120 stopinj. Preko njih antena nabere večino šuma. Zmanjša-



Slika 14. Izmerjen diagram 1.8m zrcala na 8.5GHz.

jan koaksialni radiator ('Koch' antena, 'VE4MA feed', slika 11).

Koaksialni radiator je precej ozkopasoven, torej kritičen glede dimenzij, korugiran lijak pa deluje v širokem pasu (50%), zato dimenzije niso kritične. S premikanjem korugacije vzdolž valovoda lahko v določenih mejah spremenimo širino diagrama. Za zrcala globine 0.35 mora biti korugacija umaknjena približno de-

mo jih tako, da zmanjšamo osvetlitev na robu zrcala. Zadnji snop nastane zato, ker se v tej smeri prispevki uklona okrog roba zrcala seštejejo v fazi. Proti njemu se lahko borimo z nazobčanjem roba zrcala ('kastelacija'), vendar pa ponavadi ni moteč (tipično -40dB). Pri usmerjanju antene proti korespondentu je dobro vedeti, da z maksimuma pridemo na -3dB točko, ko rob zrcala premaknemo za četrto valovne dolžine (slika 7 - neodvisno od velikosti zrcala in valovne dožine). To nam da občutek, kako točno je treba usmeriti zrcalo. Torej je pol valovne dolžine na robu antene smislen korak po smeri, kadar iščemo neznan signal.

13. Mrežasta zrcala

Zaradi manjše teže in upora vetra so popularna tudi mrežasta zrcala. V ZDA, kjer imajo ljudje na dvoriščih 3.5m zrcala za satelitsko TV na 4GHz, pa v reklami povedo tudi to, da se za takšnim zrcalom ne more skriti lopov... Da takšno zrcalo pravilno deluje, luknje v mreži ne smejo biti večje od desetinke valovne dolžine.

14. Senčenje zrcala

Sam primarni vir in pa konstrukcija, ki ga nosi, zakrivata del odprtega zrcala. V večini praktičnih primerov je vpliv na dobitok zanemarljiv. Senčenje povzroči predvsem povečanje stranskih snopov v področju daleč od glavenag snopa in s tem povečanje šumne temperature antene, kar pa pri 'zemeljskih' zvezah ni pomembno. Senčenje je omembe vredno predvsem na zelo majhnih (glede na valovno dolžino) zrcalih, kjer premer primarnega vira doseže petino premera zrcala ali več.

15. S kakšno barvo smem pobarvati zrcalo?

Dobra je vsaka barva, ki ne vsebuje prevodnih ali feromagnetnih delcev. Smiselno je uporabiti barvo, ki daje mat površino, da zmanjšamo usmerjen odboj sončne svetlobe. Na nepobarvanem aluminijastem zrcalu lahko Sonce stali ali zažge plastične dele blizu gorišča!

16. Samogradnja zrcala

Pri samogradnji prideta v poštev predvsem dve tehnologiji: za manjša zrcala za višje frekvence izdelava iz armiranega poliestra ali podobne mase, za večja zrcala za nižje frekvence pa konstrukcija s kovinskimi rebri in preko njih napeto mrežo. V prvem primeru rabimo kalup, ki ga posnamemo po obstoječem zrcalu ali pa ga izdelamo s pomočjo šablone. Zelo primeren material za kalup je armiran beton, kakršnega so včasih uporabljali za

izdelavo jadrnic. Plastično zrcalo seveda ne bi prav dobro odbijalo radijskih valov, zato moramo poskrbeti za ustrezno kovinsko površino. Če namesto prve plasti steklene cunjke na kalup položimo fino kovinsko mrežico (medenina, raster 1-2mm), bo zrcalo uporabno tam nekje do vključno 10GHz. Paziti je treba, da se med izdelavo mrežica ne dvigne od kalupa, ker se napaka v plastiki množi s korenem iz dielektričnosti. Za 24GHz in višje pa je najbolje na gotovo zrcalo nalepiti aluminijasto folijo.

17. Kako močna mora biti konstrukcija, ki nosi zrcalo?

Premer	Veter [km/h]			
	25	50	100	200
0.3	3.7	15	61	200
0.6	15	60	244	960
1.2	60	240	980	3800
1.8	140	540	2200	8600
3.0	380	1500	6100	24000

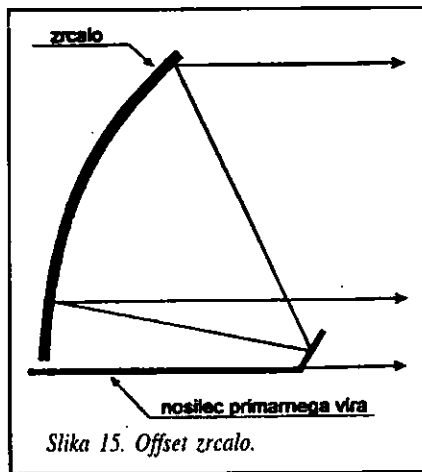
Premer v m, sila v N

Tabela 2. Maksimalne sile vetra na parabola zrcala.

kost, pa tudi žled ni od muh. Računati moramo vsaj s 100kg dodatne obremenitve na kvadratni meter.

18. Offset zrcala

Glavna prednost offset zrcala je v tem, da primarni vir ne povzroča sence in je zato smerni diagram čistejši. Omogoča tudi montažo postaj/transverterja v neposredno bližino primarnega vira, s čimer se lahko izognemo slabljenju priključnega kabla, ki pri tipičnem zrcalu za 10GHz znaša okrog 3dB. Prodajalci satelitske televizije k temu povedo še to, da se v offset anteni ne nabira sneg, ker za tipične satelite na naši zemljišči stoji skoraj pokonci. No, med amaterji offset zrcala kljub temu niso preveč priljubljena, večinoma zato, ker se bojijo, da jih ne bodo znali pravilno usmeriti proti korespondentu. Ta strah pa je ponavadi odveč, saj so skoraj vse (televizijske) offset antene narejene tako, da roka, ki drži primarni vir, kaže v smeri glavnega snopa (slika 15). In kako pri offset zrcalu najdemo gorišče? Teoretično je sicer tudi tu možno iz izmer zrcala izračunati položaj gorišča, vendar pa so enačbe slabo pogojene in se majhna napaka pri merjenju prelevi v veliko pri izračunanem položaju gorišča. Še en razlog za to, da se offset anteno splača vzeti samo, če je zraven tudi originalna roka za primarni vir! Res pa je, da so offset zrcala precej plitva in zato dokaj neobčutljiva na defokusiranje. Pri računanju dobika upoštevamo manjšega od obeh premerov elipsastega zrcala. F/d je pri offset zrcalih ponavadi bistveno (približno dvakrat) večji kot pri simetričnih, zato rabijo primarne vire z ožjim sevalnim diagramom. Pri sat-tv antenah je to ponavadi korugiran ali pa dvorodovni lijak. Za 10GHz je uporabna predvsem korugirana verzija - dvorodovni lijak je precej ozkopasoven. Če je bil predviden za zgornje satelitsko področje (nad 11.7GHz), za 10GHz ni več idealen. Kar se tiče ostalih lastnosti (točnost površine itd), velja vse, kar je bilo zgoraj povedano o simetričnih zrcalih.



Zelo močna! Maksimalne sile vetra za nekaj velikosti zrcal in hitrosti vetra so podane v tabeli 2. Sila vetra je največja, ko piha pod kotom kakih 60 stopinj glede na os zrcala, ker takrat zrcalo deluje kot lopatica Peltonove turbine. Sila na mrežasto zrcalo je nekoliko manjša, za 1cm mrežo morda polovična. Pozimi v Sloveniji meter snega ni redkost, pa tudi žled ni od muh. Računati moramo vsaj s 100kg dodatne obremenitve na kvadratni meter.

19. Dvozrcalne antene (Cassegrain, Gregorian)

19. Dvozrcalne antene (Cassegrain, Gregorian)

Kot primarni vir za veliko zrcalo lahko uporabimo tudi majhno zrcalno anteno in tako dobimo dvozrcalno anteno. Osnovna ideja dvozrcalne antene je v tem, da elipsa in hiperbola odbijata valove, ki prihajajo iz enega gorišča tako, da po odboju navidezno prihajajo iz drugega gorišča. Primarni vir damo v eno gorišče elipse ali hiperbole, drugo gorišče pa damo v gorišče primarnega zrcala.

Cassegrain antena uporablja konveksno hiperbolično sekundarno zrcalo, Gregorian pa konkavno elipsoidno (slika 16). Glavni čar dvozrcalnih anten je v tem, da se z oblikovanjem sekundarnega zrcala lahko zelo približamo idealnemu smernemu diagramu primarnega vira. Fazne napake, ki jih pri tem povzročimo, po potrebi popravimo z oblikovanjem glavenga zrcala. Dobra stran dvozrcalne antene je tudi ta, da je napajalna točka v bližini temena glavnega zrcala, tako da odpadejo dolgi in izgubni VF vodi.

Fokusiranje dvozrcalne antene je precej zahtevno, saj je treba pravilno nastaviti tako primarni vir kot sekundarno zrcalo. Primarni vir je ponavadi precej velik korugiran lijak, ker 'gleda' sekundarno zrcalo pod precej majlim kotom.

Malo (sekundarno) zrcalo mora imeti v premeru vsaj kakih pet do deset valovnih dolžin, veliko (primarno) pa mora biti vsaj nekajkrat večje od malega, da ga to preveč ne zasenči. Tako je dvozrcalna konfiguracija primerna samo za velike antene premera vsaj kakih 50 valovnih dolžin. Zato dvozrcalnih anten v amaterski praksi skoraj ne najdemo.

Malo (sekundarno) zrcalo mora imeti v premeru vsaj kakih pet do deset valovnih dolžin, veliko (primarno) pa mora biti vsaj nekajkrat večje od malega, da ga to preveč ne zasenči. Tako je dvozrcalna konfiguracija primerna samo za velike antene premera vsaj kakih 50 valovnih dolžin. Zato dvozrcalnih anten v amaterski praksi skoraj ne najdemo.

20. Druge vrste zrcalnih anten

Poleg zgoraj naštetih imamo še sferične, toroidne, cilindrične, pa oblikovane za kosekans diagram, dvozrcalne offset antene, oblikovane dvozrcalne itd....

O zrcalnih antenah je bilo napisanih že precej debelih knjig! Ker pa sem v naslovu napisal 'nekaj malega', bom tu zaključil.

Literatura:

- (1) M. Vidmar, S53MV: "Na sneg in led odporni lonci za 23 in 13cm", CQ ZRS 1/1996, strani 15-23.
- (2) M. Vidmar, S53MV: "Sprejemnik za frekvenčno področje 2.4GHz", CQ ZRS 6/1993, strani 34-51.
- (3) M. Čebokli, S57UUU: "Antenica za 1-10GHz", CQ ZRS 2/1998, strani 25-27.
- (4) R. Vilhar S53WW: "Enostaven žarilec za parabolično anteno", Zbornik BEACON 99, stran 225.