

1. MŰHOLDVEVŐ ANTENNÁK

A mikrohullámú antennákat sokféleképpen osztályozhatjuk. A működési frekvenciasáv relatív szélessége szerint beszélhetünk keskeny, illetve széles sávú antennákról, a felhasználás módja szerint önálló antennaként alkalmazható, illetve mérési etalon célra szolgáló típusokról, a sugározni illetve venni kívánt jel polarizációja szerint lineárisan, körösen illetve, elliptikusan polarizált antennákról. A műholdvétele céljára általában lineárisan illetve, körösen polarizált forgásparaboloid antennákat, ritkábban úgynevezett ofset antennákat használnak.

1.1. Az apertúra sugárzók

A mikrohullámú antennák általában úgynevezett apertúra sugárzók, ami azt jelenti, hogy a sugárzás kiinduló helyének az antenna apertúráját, azaz nyílásfelületét tekintjük. Ez a felület paraboloid antennák esetén a paraboloid pereme által meghatározott sík, tölcés-sugárzók esetén a csőtápvonal kiszélesedésével nyert tölcés-szájnyílás. Ennek a felületnek a mérete és kialakítása igen fontos jelentőséggel bír, mivel ez az antennák egyik legfontosabb elektromos paramétere.

Az apertúra sugárzók nyeresége - más antennákhoz hasonlóan - alapvetően a sugárzók irányítottágával függ össze. Ez azt jelenti, hogy az adott vevőantennán mérhető teljesítmény annál nagyobb, minél nagyobb az adóoldali antenna nyeresége azonos adóteljesítmény mellett. A vett teljesítmény nagysága szempontjából az adó és a vevőantenna minden esetben felcserélhető, akkor is, ha eltérő a kialakításuk.

A mikrohullámú tartományban használt antennák nyeresége sokkal nagyobb, mint az alacsonyabb frekvenciatartományban használatos antennáké. A mikrohullámú összeköttetések általában pont-pont jellegűek. A műholdak geostacionárius pályán keringenek, az egyenlítő fölött. Az apertúra sugárzók nyeresége:

$$G = \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) A_h \quad (1)$$

ahol: λ az üzemi hullámhossz.

A nyereség egyenesen arányos az A_h -val, a hatásos felülettel.

1.2. Tölcés-sugárzók

A tölcés-nyeresége nem csak az apertúra méretétől, hanem a kiszélesedő rész hosszától is függ. Tölcés-antennával nem érhető el a megadott nyereségnél lényegesen nagyobb érték. A nagy nyereségű antennák nem tölcés-antennák, mégis léteznek olyan konstrukciók, ahol a tölcés-átmenet és egy paraboloid szegmens egybeépítésével nagy teljesítményű antennákat nyerünk. Ezek azonban robusztus felépítésűek és bonyolult gyártástechnika szükséges a megépítésükhöz. Csak akkor építenek ilyen antennákat földi mikrohullámú összeköttetésekhez, ha a cél az igen kis oldal és hátrasugárzás. A csőtápvonal rendszerről a koaxiális rendszerre való áttéréshez alkalmasan méretezett és elhelyezett szondát használnak. A szonda méretei és elhelyezkedése ugyanúgy a frekvenciától függ, mint a tápvonalnak a méretei, hiszen minden csőtápvonalra jellemző a háttérhullámhossz, mely meghatározza az átvihető legkisebb frekvenciát.

Egy téglalap keresztmetszetű csőtápvonalban végződő antenna csak olyan elektromágneses hullámok vételére alkalmas, amelyeknél az elektromos térerősség vektorának iránya megegyezik a téglalap rövidebbik oldalának irányával. Eszerint beszélünk vízszintesen, függőlegesen és ferdén polarizált hullámról illetve antennáról. Vannak olyan antennák, ahol az antennát alkotó elemeket kell a

polarizációval megegyező síkba forгатni. Az antenna egyidejűleg függőlegesen és vízszintesen polarizált hullámokat is sugározhat. Ha az amplitúdók megegyeznek és 90° -os fáziskülönbség van köztük, akkor beszélünk körösen polarizált hullámról. A kör és a négyzet alakú tápvonal alkalmas két, egymásra merőleges jel vezetésére úgy, hogy azok ne zavarják egymást. Ez akkor valósítható meg, ha az antenna maga is jelentős keresztpolarizációs csillapítással rendelkezik. Ennek értéke jó esetben 40-50 dB körüli. Ez azért lényeges, mert a műholdas műsorelosztásban és műsorszórásban mind lineáris, mind körös polarizáció esetén mindkét polarizációban sugároznak programokat a jobb frekvencia kihasználás érdekében. Ha mindkét polarizációt egyidejűleg kívánjuk venni, akkor olyan primer sugárzót használunk, amely körös vagy négyzetes tápvonalban végződik, az így vett és sugárzott jelek szétválasztására szolgálnak a polárváltók. Ekkor két különálló külsőtéri egységet kell szerelnünk, ha erre nincs szükség, akkor olyan átmenet kell az antenna kimenetére, amelyik a körös és a négyzetes kimenetet téglalappá konvertálja át. Ennek helyzete határozza meg a polarizáció irányát.

1.3. Összetett mikrohullámú antennák

A tölcersugárzók szerepe jelentős a mikrohullámú technikában. Különösen jelentős, amikor a tölcersugárzókat tükröző felületek megvilágítására használva összetett antennákat hozunk létre. Ebben az esetben a sugárzás irányítására használt tükröző felületet szekunder sugárzónak, a tükröt megvilágító tölcért pedig primer sugárzónak (tápfejnek) nevezzük.

Az alapvető primer-szekunder elrendezések közül legismertebbek a következők:

- előlről táplált paraboloid;
- Cassegrain-antenna;
- előlről táplált ofszet antenna;
- kéttükrös ofszet antenna.

1.3.1. Előlről táplált paraboloidok

A parabola azon pontok mértani helye a síkban, amelyek a parabola vezéregyenesétől és fókuszpontjától egyenlő távolságra vannak.

Forgási paraboloid esetén vezérsíkról beszélünk. A fenti definíció szerint, a fókuszból kiinduló és a paraboloidról visszavert bármely nyaláb a fókuszról az apertúra síkjáig azonos utat tesz meg, és a fókuszából érkező megvilágítást párhuzamos nyalábbá transzformálja.

Az apertúra felülete elvileg azonos fázisú hullámfrontnak tekinthető, ami az ilyen antennákkal elérhető viszonylag nagy nyereség egyik feltétele. Ilyen antennát láthatunk az 1. ábrán.



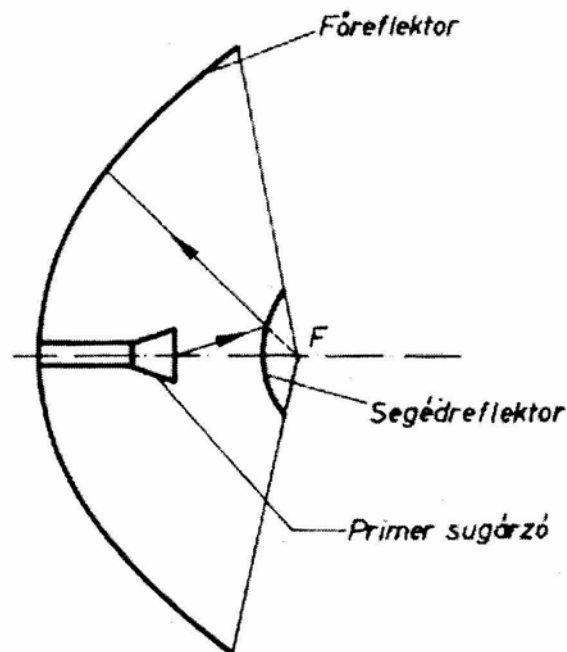
1. ábra. Szemből megvilágított paraboloid antenna (Kathrein)

A másik követelmény a maximális apertúra hatásfok szempontjából az amplitúdóban egyenletes megvilágítás. A paraboloid megvilágítására ezért irányított sugárzót (tölcsért) használunk. A tölcsér tengelyirányától távolodva a nyaláb csökkenő intenzitású, így a paraboloid széle felé csökkenő intenzitást kapunk.

Ez előnyös lehet, mert csökkennek az antenna iránykarakterisztikájában a szimmetrikusan jelentkező melléknyalábok. Nem mindegy, hogy milyen mértékű a megvilágításnak a szélek felé való csökkenése, ha ez kis mértékű, akkor sok energiát sugárzunk el a paraboloid peremén túli térrészekbe, ha nagy, akkor a paraboloidnak csak a középső része van megvilágítva, így kicsi a hatásos felület. Az előlről való táplálásnak két módja van a gyakorlatban. A primer sugárzót csőből vagy rúdból készült távtartók rögzítik a paraboloid fókuszába, vagy hatványokat alkalmaznak.

1.3.2. Cassegrain-antennák

A Cassegrain-távcsőből származtatható a mikrohullámú antenna felépítése. Az antenna a paraboloidon és a primer sugárzón kívül egy második reflektáló felületet is tartalmaz, amelyet szubreflektornak nevezünk. Ez a felület forgáshiperboloid, amelynek két fókuszpontja van. (2. ábra)



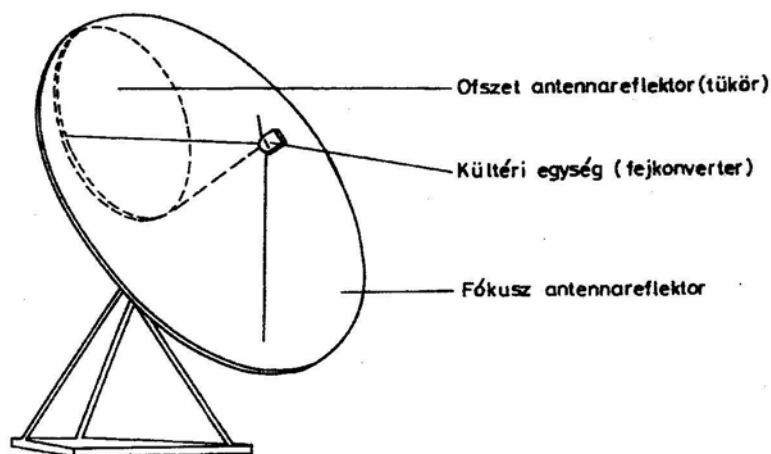
2. ábra. Cassegrain-antenna vázlatos felépítése

A hiperboloid egyik fókuszpontjának a paraboloid fókuszával, a másiknak a primersugárzó szájnál kell egybeesnie. A paraboloid fókusza ily módon virtuálissá válik, hiszen a primer sugárzó nem itt van elhelyezve, a paraboloid reflektort a segédreflektorról visszavert nyaláb világítja meg. A Cassegrain-rendszer előnye a közvetlen megvilágítással szemben, hogy mélyebb paraboloidot és így tengely irányban rövidebb antennát nyerhetünk, ami akkor fontos, ha radomot kell alkalmaznunk. A radom mikrohullámot áteresztő anyagból készült lemez, amit az antenna elejére szerelnek föl, védelmi célokból. Jól használható ez a rendszer akkor, ha ugyanazt a paraboloidot különböző kialakítású és frekvenciasávban működő primer sugárzókkal akarjuk megvilágítani. Ha az egyes primer sugárzók egyaránt alkalmasak ugyanannak a segédreflektornak a megvilágítására, akkor hátulról egyenként helyezhetjük el őket az antenna közepébe.

Minden eddigi előnynél jelentősebb lehet az a körülmény, hogy a forgáshiperboloidtól eltérő alakú, speciálisan kialakított segédreflektorral megvalósítható az egyenletes paraboloid megvilágítás, amely a maximális apertúra hatásfok elérése miatt szükséges.

1.4. Az ofszet antenna

A hó lerakódásának megakadályozására létezik egy elegáns, gyári megoldás, az ofszet antenna alkalmazása. Lényegében ez is parabolaantenna, csak a forgási paraboloidnak egy felsőbb szegmensét használják reflektorként, és efelé forgatják el az eredeti paraboloid fókuszpontjában lévő primer sugárzót. Erre az elrendezésre utal az angol offset elnevezés, ami tengelyből történő kibillentést, eltolást, kihajlítást jelent. Az első pillanatban nehéz megmondani egy ilyen antennáról, valójában melyik műholdat látja, mert a vételi irány és a tükör által a primer sugárzóra fókuszált jel iránya egymással szöget zár be, a reflektor felületének pedig egyetlen pontja sem merőleges a műhold irányára, azaz a reflektor nem arra néz, amerre az antenna „lát”.



3. ábra. Ofszet antenna

A venni kívánt műholdra állítva ezeknek az antennáknak a tükörfelülete - a primerfókuszos antennakétól eltérően - csaknem függőleges, ami megkönnyíti az antenna függőleges árbóchoz, falhoz, illetve erkélykorláthoz való rögzítését, és még azzal az előnnyel is jár, hogy a hó sokkal kevésbé tud megmaradni rajta, ezáltal jelentősen csökken a tartós vételromlás valószínűsége.

Az aszimmetrikus elrendezésből következik az ofszet antennáknak az a kedvező tulajdonsága, hogy a primer sugárzó és felerősítő szerelvényei nincsenek a sugárzó útjában, azaz nem takarják a tükör egyetlen pontját sem. Ez hatásfok-növekedést eredményez és az antenna egyéb elektromos paramétereire is kihat. Tagadhatatlan előnyei miatt valószínűleg nem véletlen, hogy napjainkban az eladott antennák túlnyomó többsége ofszet antenna. A szaküzletekben az utóbbi időben jelentek meg nagyobb mennyiségben a lapantennák. Az ilyen antennák a felületükön elhelyezett néhány száz elemi antenna (dipól) segítségével közvetlenül veszik a beérkező jeleket. A dipólokat úgy kötik össze, hogy az általuk vett mikrohullámú energia összegződjön. Alkalmazásuk - a könnyű felszerelhetőségük, de viszonylag nagyobb zavarérzékenységük miatt - elsősorban ott célszerű, ahol a hagyományos antennákat valamilyen ok miatt (például helyhiány, kirándulás) nem lehet felszerelni.

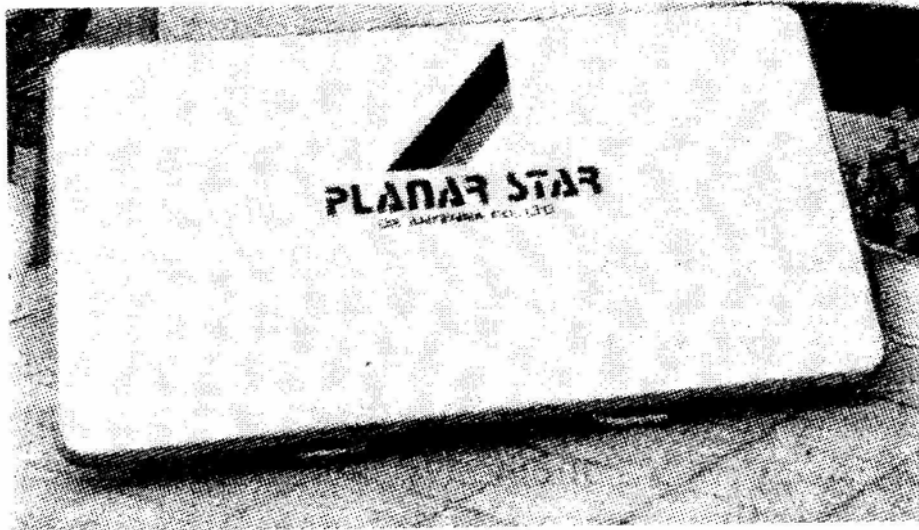
1.5. Síkfelületű műholdvevő antenna

Hazánkban, pillantásunkat a háztetőkre, kertekre vetve észrevehetjük, hogy a parabolaantennák száma öröndetesen szaporodik. A paraboloid felületű antennák szinte már a települések képéhez tartoznak. Azonban nem csak ilyen „tányér” alakú antennák léteznek, kifejlesztették a síkfelületű antennát, amely nem más, mint egy Fresnel-lencse. (4. ábra)

Míg a hagyományos paraboloid felület tükrözéssel koncentrálja a jelet, ez a lencse átengedi magán és fókuszálja. Természetesen ekkor az SHF konverter a lencse mögött - annak fókuszpontjában - van. Ezen antenna tervezését antennakönyvekben nem találjuk meg, az alapösszefüggések az optikából

jönnek. Elterjedésük valószínűleg azért nem lett széleskörű, mert a parabolatükör nagyiparilag könnyebben előállítható.

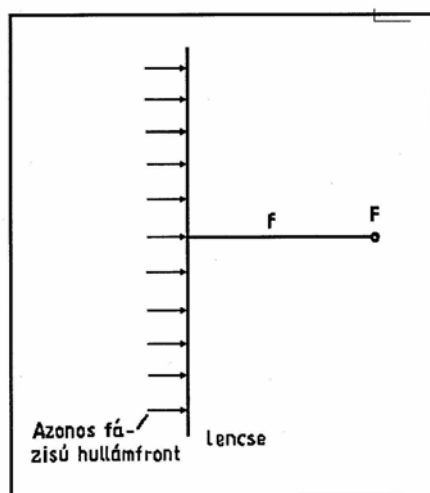
A következőkben ismertetésre kerülő antenna alapkonstrukciója a C sávra (3,7-4,2 GHz) készült, de könnyen áttervezhető a számunkra érdekes K_u (10,7-11,7 GHz) sávra is.



4.ábra. DBS vevő mikrosztrip antenna

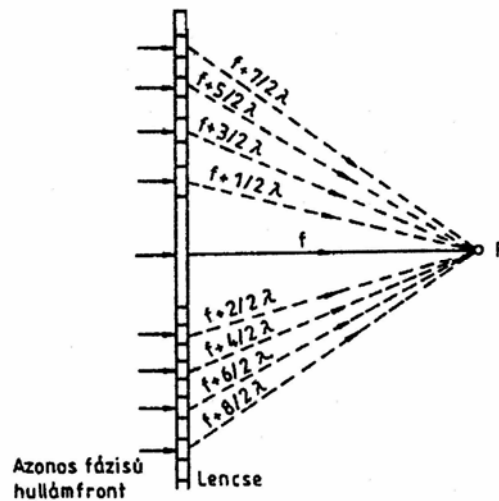
A Fresnel-lencse elve igen egyszerű, működése nagyon könnyen átlátható. Ha két azonos frekvenciájú hullámfront találkozik, az eredő jel amplitúdója két alapesetben számolható ki egyszerűen. Ha a frontok fázisban vannak, amplitúdóik összegződnek, s ez lesz az eredő jel amplitúdója. Ha a frontok ellenfázisban (180°) találkoznak, kioltják egymást, azonos amplitúdót feltételezve.

A műsorszóró műhold sugározza a TV-jeleket, s azok közelednek az antennánkhoz. Ha az SHF konverter bemenetén lévő sugárzótól f -el jelölt távolságra egy megfelelő lencsét helyezünk, akkor feltételezhetjük, hogy a mikrohullámok ezen felület mentén (5. ábra) azonos fázisú hullámfrontot alkotnak. Azt az egyetlen hullámot, amely az f vonalában éri el a sugárzót, nevezzük ki referenciának. Azok a hullámok, amelyek ezen vonal alatt, illetve felett lépnek be a sugárzóba a lencsén keresztül - a Huygens-elv alapján a hullámfront minden pontját egy másodlagos hullám forrásának tekinthetjük - fáziskülönbségeik miatt kioltást szenvednek.



5.ábra.

A fáziskülönbség abból adódik, hogy egy másodlagos hullámnak nagyobb távolságot kell megtennie, hogy a fókuszpontot elérje. Az eredmény: a vett jel erőssége csökken. Osszuk az azonos fázisú felületet olyan zónákra, amelyek távolsága az F fókuszponttól $1/2$ hullámhosszal növekszik. A 6. ábrán ezt az elrendezést figyelhetjük meg.



6. ábra. Fáziskülönbségek bemutatása

Megjegyezzük, hogy az „f” referencia vonal feletti tartományban páratlan számú félhullámhossz-többszörözéssel ábrázoltuk a zónákat, a vonal alatt páros félhullámhosszal. Értékeljük ki az így zónákra osztott felület zónáinak amplitúdó hozzájárulását az F fókuszpontban. Legyen az 1. zóna amplitúdója A_1 a 2. zónáé A_2 , és így tovább. Ha a felület mondjuk 20 zónára osztott, akkor az eredő amplitúdó:

$$A_f = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots + A_{19} - A_{20} \quad (2)$$

Magyarázat: a különböző zónák $1/2$ hullámhossznyi távolsággal különböznek egymástól a fókuszponttól mért távolságban, és így az egymást követő zónák által létrehozott hullámok 180° fáziskülönbséggel érkeznek a fókuszpontba. Így az összegzett hullám amplitúdója az F pontban tehát nem más, mint a páratlan zónák amplitúdó összegéből kivont páros zónák amplitúdó összege. Mindemellett egy másik tényező is belép. A középső zónától távolodva az egymást követő zónák növekvő szöggel lépnek be és hatásaik - összeghez történő hozzájárulásuk - egyre gyengébbek lesznek. Fresnel ötlete az volt, hogy az általa konstruált felület különböző zónáinak hullámfront áteresztő képességét blokkolja, azaz a fókuszpontban csak a fázisban történő összegzést teszi lehetővé. A fenti 20 szegmenses felületre, amelyet így megfelelően kiképezve már lencsének nevezhetünk:

$$A_f = A_1 + A_3 + A_5 + \dots + A_{19} \quad (3)$$

Vagyis az $A_1, A_3, \dots, A_{19}$ zóna átereszt - lyukas - az $A_2, A_4, \dots, A_{20}$ zóna fedett. Ha az összes zóna áteresztő lenne, az eredő amplitúdó csak

$$A_f = 1/2 A_1 \quad (4)$$

míg a lencse esetében $I_0 A_1$, azaz hússzorosa az előbbinek. A nyereség decibelben:

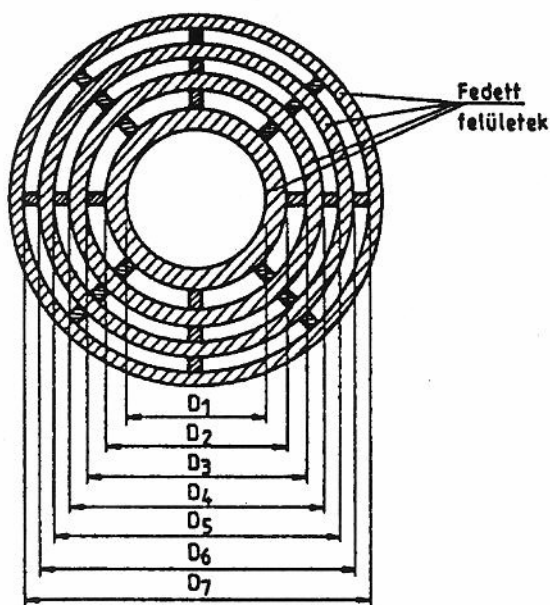
$$G = 20 \lg N, \quad (5)$$

ahol N a zónák száma.

Zónák száma	Nyereség [dB]
2	6,0
4	12,0
6	15,6
8	18,1
10	20,0
12	21,6
14	22,9
16	24,1
18	25,1
20	26,0
24	27,6
28	28,9
32	30,1
36	31,1
40	32,0

7. ábra Nyereség táblázat

A 7. ábrán a 2-40 zónás lencse nyereségét tüntettem fel. Láthatóan a zónák számának duplázása 6 dB nyereséget jelent. Megjegyezzük, hogy a nyereség - elméletileg - a lencse átmérőjétől független. A parabolatükör esetében az átmérő és a nyereség szoros összefüggésben van, a nyereség ott csak az átmérő növelésével emelhető. A Fresnel-lencsénél állandó külső átmérőnél a nyereség a zónák számának növelésével mindaddig növekszik, amíg a zóna szélessége a vett jel hullámhosszával összemérhetővé válik. Mindemellett a lencse átmérőjének növelése a felbontást javítja, azaz a polárpályán egymáshoz közel lévő műholdak elszeparálása javul.



8. ábra Zónás antennakialakítás

Tekintsünk a 8. ábrára, a lencsét előlről nézve a zónák koncentrikus körök, a páratlan zónák hiányoznak - áteresztik a hullámokat - a páros zónák fémezettek - fémtartalmú festékekkel fedettek -, így azok blokkolják a jeleket. Sugárirányban nyolc tartóelem fut végig, melyek természetesen a lencse saját anyagából is lehetnek. Ezek takarása csak jelentéktelen nyereségcsökkenést okoz. A tervezéshez szükséges úgynevezett skála-tényező (S), amely nem más, mint a belső zóna átmérője.

$$S = D_1 = D_{max} / N, \quad (6)$$

ahol D_{max} a teljes átmérő és N zónák száma.

A további átmérőket a következőképpen határozzuk meg:

$$D_2 = D_1 \sqrt{2} \quad (7)$$

$$D_3 = D_1 \sqrt{3} \quad (8)$$

$$D_4 = D_1 \sqrt{4} \quad (9)$$

$$D_{N-1} = D_1 \sqrt{N-1} \quad (10)$$

Az eddigiekből látható, hogy csodákat nem várhatunk. A nyereség képletéből kitűnik, hogy 38 dB nyereség eléréséhez - amely parabola esetén 0,9 m átmérőnek felel meg - 80 zóna kell, és ehhez a zónaszélességből adódó korlátozást is figyelembe véve kb. 1,5 m átmérő tartozik. Az ugyanakkora nyereség eléréséhez majd kétszeres átmérő szükséges.

Számszerűen:

$$S = D_1 = 1500 / \sqrt{80} = 167,7 \text{ mm} \quad (11)$$

$$D_2 = 167,7 \sqrt{2} = 237,1 \text{ mm} \quad (12)$$

$$D_3 = 167,7 \sqrt{3} = 290,5 \text{ mm} \quad (13)$$

$$D_{79} = 167,7 \sqrt{79} = 1490,6 \text{ mm} \quad (14)$$

$$D_{80} = 167,7 \sqrt{80} = 1500,0 \text{ mm} \quad (15)$$

Fókuszpont távolsága:

$$f = [D_1 / 2]^2 / \lambda \quad (16)$$

ahol λ a hullámhossz; D_1 -et és λ -t mm-ben kell beírni a képletbe.

$$f = [167,7 / 2]^2 / 26 = 270,4 \text{ mm} \quad (17)$$

A méret és a zónák kimunkálásának időigényessége magyarázatot ad arra, hogy iparilag miért nem gyártják ezt az antennát. Az elért nyereség is csak a DBS (Direct Broadcasting Satellite) közvetlen műsorszóró holdakhoz elegendő (TV-SAT, TDF, BBS stb.). Van viszont egy nagy előnye, ha a polárpálya adott szakaszára állunk, ez a lencse több - közvetlenül egymás mellett lévő - holdra is ad egy-egy fókuszot, azaz egyikről a másikra történő átálláskor csak a sugárzót kell mozgatni az antenna mögött. Ha az antenna elkészült, és jól működik, ez bizony nem kis előny, gondoljunk itt az antennaforgató és az antennaállvány megoldásainak nehézségére és nem utolsósorban az árára. Az antenna anyaga lehet: rétegelt falemez a megfelelő, páratlan zónák kifűrészelésével vagy annak

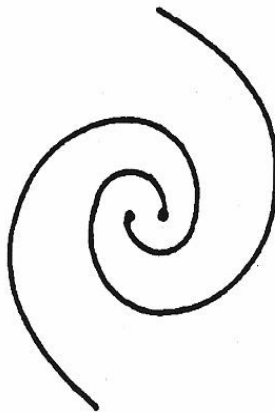
alumínium tartalmú festékkel történő bevonásával; sík fémlemezről, a megfelelő zónák kivágásával; plexilemezből, ha a megfelelő zónák helyére alufóliát ragasztunk vagy használhatunk üvegtáblát megfelelően befémezve.

1.6. A spirál antenna

1.6.1. Szélessávú antennák

Szélessávúnak tekintünk minden olyan antennát, mely egy előirt sugárzási karakterisztikát, polarizációt, impedancia-karakterisztikát vagy ezek variációit egy oktávnál nagyobb frekvenciatartományban teljesíti. A szigorúan frekvencia független antennák az antennák összes lényeges paramétereit változatlanul tartják egy oktávnál jóval nagyobb (elvileg tetszőlegesen széles) frekvenciasávban.

Az ilyen típusú antennák létezését Rumsey bizonyította be arra az ötletre koncentrálnival, hogy egy olyan antenna, melynek a geometriája egy konstans szög segítségével egyértelműen leírható: irány- és impedancia-karakterisztikára nézve frekvencia független tulajdonságokat mutat (9. ábra).



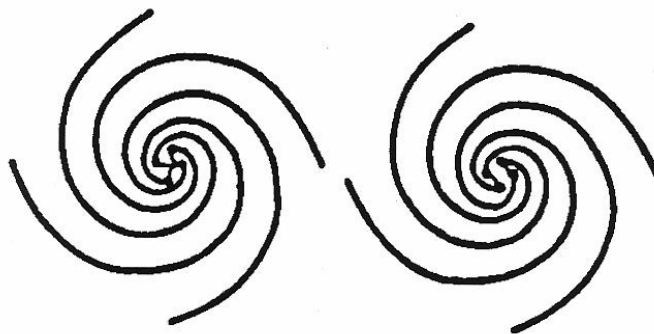
9. ábra Rumsey-féle antennatípus

1.6.2. Log-spiral antenna

A Rumsey által levezetett szélessávú antennák általános egyenletéből származtatható a logaritmikus vagy egyenlő szögű spirál antenna, melyet az (18) kifejezés ír le.

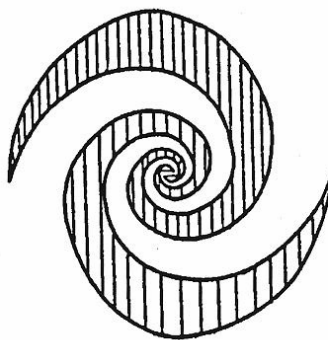
$$r = r_0 \cdot e^{a(\varphi - \varphi_0)} \quad (18)$$

ahol r_0 a kezdő rádiusz; a spirálállandó. Az r_0 értékét rögzítve és a φ_0 -nak különböző értéket adva, különböző antennavariációkat hozhatunk létre. Például a $\varphi_{01} = 0$ és $\varphi_{02} = \pi$ választás esetén a 9. ábrán látható antennát nyerjük. Ha φ_0 -nak $0; \frac{\pi}{2}; \pi; 3\frac{\pi}{2}$ értékeket írunk elő, akkor négy bevezetésű görbét kapunk, melyek kezdő végeit megfelelően összekötve újabb antennavariációk állnak elő (10. ábra).



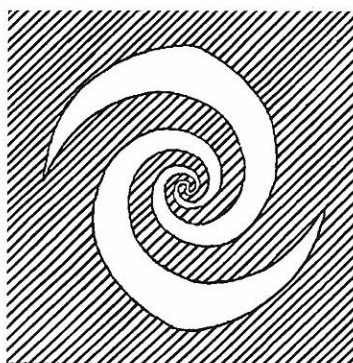
10.ábra Újabb antennavariáció

A gyakorlatban leginkább használt megoldás a 11. ábrán látható.



11.ábra Gyakorlati megoldás

Ebben az esetben φ_0 a $\left(0; \frac{\pi}{2}\right)$ és a $\left(\pi; 3\frac{\pi}{2}\right)$ intervallumban folytonosan minden értéket felvesz.

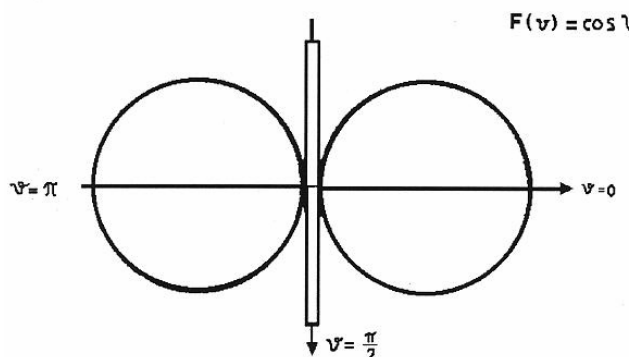


12.ábra Az antenna önkomponensének megvalósítása

Egyes esetekben előnyösebb ennek az antennának az önkomponensét megvalósítani (12.ábra). A komponens antennákat egymásba helyezve zárt fémfelületet kapnák. Ezeken az eszközökön végzett kísérletek során bebizonyosodott, hogy a log-spirál antenna a gyakorlatban is egy végtelen szerkezethez hasonló tulajdonságokkal rendelkezik. A sávszélességet alulról a választott karhossz,

felülről pedig a táplálási pontok kiképzésének a precíz megvalósítása korlátozza. A legkisebb üzemi frekvencián a spirálkarok hossza λ nagyságú.

A karok kezdőpontjait ellenfázisban gerjesztve az antenna sugárzaskarakterisztikája a 13. ábra szerint alakul. A kör maximumai $\vartheta = 0$ és a $\vartheta = \pi$ irányokba esnek.



13.ábra Az antenna sugárzási karakterisztikája

1.6.3.A log-spirál antenna működési elve

A szimmetrikus log-spirál antennát szimmetrikus módon gerjesztve az áramhullám egy csekély csillapítással halad a karok mentén. Mikor az áramhullám a szögszerkezet λ -val összemérhető tartományába ér (aktív tartomány), a spirálkarok mentén vezetett energia elsugárzódik. Mivel az aktív tartomány nagysága az aktuális hullámhosszban kifejezve mindig állandó (ezt a szerkezet geometriája biztosítja) a λ csökkenésével, illetve növekedésével az aktív tartomány elmozdul az antenna belső illetve külső vége felé. Így módon a log-spirál a hatásos apertúrájának felületét automatikusan úgy szabályozza, ha tetszik, úgy arányosítja a működési frekvenciának megfelelően, hogy az antenna valamennyi frekvencián azonosan viselkedik. A karok spirálalakja miatt ezt az arányosítást a kisugárzott tér elfordulása kíséri az antenna tengelye körül. Ez jól szemléltethető, ha a log-spirál görbét leíró vektort λ -ra normalizáljuk:

$$r' = \frac{r}{\lambda} = e^{\frac{a(\varphi - \frac{l}{a} \ln \lambda)}{a}} = e^{a(\varphi - \varphi_0)} \quad (19)$$

ahol:

$$\varphi_0 = \frac{l}{a} \ln \lambda \quad (20)$$

Tehát a log-spirál antenna sugárzási diagramja a frekvenciával elfordul. Ha a kisugárzott tér független volna φ -tól, akkor ez az elfordulás a sugárzási diagramot változatlanul hagyná. Az antennát f_1 frekvenciáról f_2 -re hangolva a sugárzás-karakterisztika elfordulás:

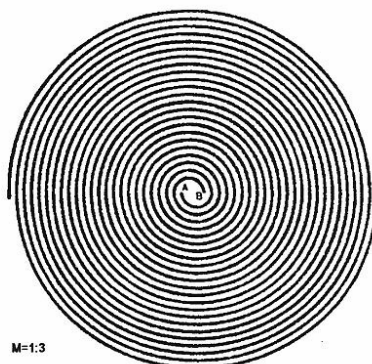
$$\Delta\varphi = \frac{l}{a} \ln \frac{f_1}{f_2} \quad (21)$$

Ebből az is következik, hogy valamely rögzített síkban az ilyen antenna sugárzási diagramja a (22) egyenletet kielégítő frekvenciaértékeknél ismétlődni fog:

$$\ln \frac{f_1}{f_2} = n \cdot \pi \cdot a \quad (22)$$

$n = 1; 2; \dots$

1.6.4. Archimedesi spirál antenna



14. ábra Szimmetrikus táplálású spirál antenna

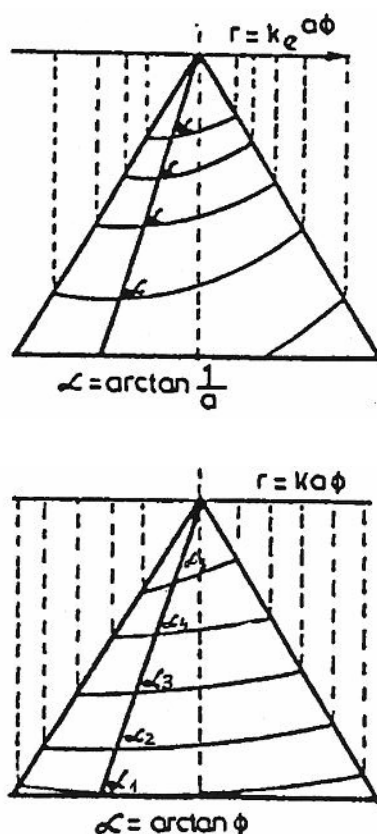
A 14. ábrán látható szimmetrikus táplálású spirál antenna nem származtatható le a Rumsey-féle általános egyenletből, mégis a szélessávú antennák között tartjuk számon. Ennek oka, hogy a log-spirál antennához hasonló szélessávú tulajdonságokkal rendelkezik, habár sávselességben erősebben korlátozott. A gyakorlatban (7-8):1 arányú frekvenciaátfogást valósították meg. Az alábbiakban kétféle spirálgörbe összehasonlításából próbálunk magyarázatot adni az archimedesi spirál-antenna szélessávú viselkedésére.

Az archimedesi spirált leíró vektor egyenlete:

$$r = k \cdot a \cdot \varphi \quad (23)$$

A log-spirált leíró vektor egyenlete:

$$r = k \cdot e^{a\varphi} \quad (24)$$



15. ábra

Abból a célból, hogy a görbék közötti lényeges különbséget vizuálisan érzékelhetőbbé tegyük, képezzük le ezeket a görbéket egy tetszőleges, de azonos csúcsszögű kúpfelületre (15. ábra). Az r helyvektor és a görbéhez - a helyvektor és a görbe metszéspontjához - húzott érintő által bezárt α szöget vizsgálva a következő megállapításokat tehetjük: A log-spirál görbénél az α -szög mindenhol állandó.

Ennek tulajdonítható a frekvencia független viselkedés. Az archimedesi spirálgörbe esetében ez az α -szög a kúp alkotója mentén változó. Ha azonban az archimedesi spirálgörbét megfelelően szorosan tekerjük, akkor elegendően távol a kezdőpontoktól az α -szög a ϕ -nek már csak lassan változó függvénye. Ilyen módon az előző feltételnek eleget tevő archimedesi spirál antenna egy szorosan tekert log-spirál közelítésének is felfogható. Ez a matematika útján is egyszerűen belátható a log-spirál egyenletének sorba fejtésével:

$$e^{a\phi} = 1 + a\phi + \frac{a^2\phi^2}{2} + \frac{a^3\phi^3}{3!} + \dots + \frac{a^n\phi^n}{n!} \quad (25)$$

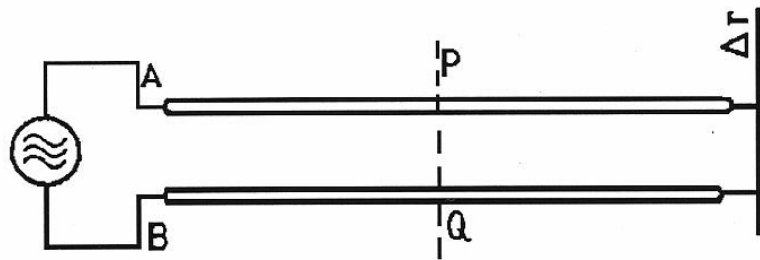
Szorosan tekert log-spirál esetén: $a \ll 1$, így a (25) függvénysorban a hatványkitevők növekedésével a sor tagjai 0-hoz tartanak. Megfelelően kis „a” választása esetén írhatjuk, hogy:

$$e^{a\phi} = 1 + a\phi \quad (26)$$

Ezzel pedig állításunkat matematikailag is igazoltuk.

1.6.5. Az archimedesi spirál antenna sugárzási mechanizmusa

Az archimedesi spirál antennát Turner vezette be. Fejlesztése empirikus úton történt és az antenna elméletével, sugárzási mechanizmusával foglalkozó irodalom jó része is kvalitatív megfontolásokra épül. A gyakorlatban szerzett kísérleti eredményekhez talán Burdine sávmélete áll a legközelebb. Ő volt, aki a sugárzási mechanizmus elemzésénél egyszerű szimmetrikus szalagvonalként fogta fel a spirál antennát. Burdine elképzelését követve a 16. ábrán látható szimmetrikus szalagvonalból alakítsuk ki a spirál antennát a 14. ábra szerint.



16. ábra Spirál antenna kialakítása szimmetrikus szalagvonalból

Az A és B pontokat gerjesztve áramhullám indul a spirálkarokon kifelé egy csekély csillapítással (átviteli zóna). Amikor az áramhullám olyan területre érkezik, ahol a szomszédos menetek a pillanatnyi áramok azonos fázishelyzetbe kerülnek, akkor a spirálkarokon vezetett energia nagy része (elméletileg teljes része) elsugárzódik. Azt az apertúra részt, ahol ez a folyamat lejátszódik nevezzük az antenna aktív tartományának. Az aktív tartományt elhagyva az antenna ismét közösleges átviteli vonalként működik, azonban az intenzív sugárzást követően az itt jelenlévő el nem sugárzott teljesítmény elenyészően kicsi a bemeneti pontokra kapcsolt teljesítményhez képest. Ez a tovahaladó el nem sugárzott teljesítmény-hullám a spirálkarok végeinél reflektálódik, majd visszaúton az aktív tartományhoz érkeve nagyrészt ismét elsugárzódik. Ebben a másodlagos folyamatban a teljesítményviszonyok olyan kisszintűek, hogy nem befolyásolják lényegesen az antenna működését, csupán az antenna körös polarizációs tulajdonságát rontják valamelyest. A gerjesztő frekvenciát változtatva az antenna apertúrájának, a hullámhossztól függően, mindig más és más része válik aktívvá, sugárzóvá. Az alacsonyabb frekvenciákon a külső, magasabb frekvenciákon a belső menetek sugároznak.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy az archimedesi spirál antenna apertúrája a log-spirál antennához hasonló módon képes „arányosítani” a frekvenciával, de mivel az aktív tartományban a spirálkarok geometriája hullámhosszakban kifejezve nem állandó, amint a frekvencia változik, az antennajellemzők is változnak, de lassabban, mint a frekvenciaváltozás.

Felhasznált irodalom:

1. Gschwindt András: Műholdas TV –és rádióvétel, Műszaki könyvkiadó, 1997
2. Géher Károly: Híradástechnika, Műszaki könyvkiadó, 1993
3. Armando Garcia Dominguez: Antennák méretezése, 1990
4. Dr. Almássy György: Mikrohullámú berendezések tervezése, Tankönyvkiadó, 1985