

7 sávós, egyszerű, függőleges körsugárzó

Dr. Gschwindt András HA5WH
gschwindt@mht.bme.hu

A rádióamatőröknek engedélyezett sávok száma és a meglévők szélessége az utóbbi évtizedekben örvendetesen növekedett. Ezért egyre inkább “szélessávúak” lettek a rövidhullámokon forgalmazók is. Jelen cikkünkben olyan antennakonstrukciót ismertetünk, amely a 7...30 MHz-es sávokban biztosít megfelelő sugárzási karakterisztikát.

Hazai környezetben a 10 MHz alatti sávok általában a helyi vagy kistávolságú összeköttetésekre a legalkalmasabbak, míg a 10-30 MHz közöttiek a nagyobb távolságok áthidalására szolgálnak. Hazánkban az ionoszféra F2-es rétegének határfrekvenciája (foF2) ritkán emelkedik 10 MHz fölé. 160, 80 és 40 m-en az NVIS-jellegű, felfele sugárzás (NVIS – a függőlegeshez közeli beesésű térhullámok), különösen a hazai és más európai kapcsolatok jellegzetes nyomvonala. Röviden: az alsó sávokban magasabb, a felsőkben alacsonyabb elevációs szög alatt kell az antennának sugároznia. A vízszintes, viszonylag alacsonyan levő huzalok (legtöbbször dipólelrendezésben) jól sugároznak a nagyobb elevációs szögek irányába. A függőlegesen állók a kisebb elevációjú tartományokat „kedvelik”.

A szélessávúság biztosítása

Katalógusokat nézegetve, a vertikális sugárzók családjában, jellegzetes megoldásokkal találkozunk. Az alap-építőelem a földön álló vagy megemelt, ellensúlyokkal kiegészített változat. Többsávós megoldása szelektív rövidítő elemeket alkalmaz („trap”-ok – párhuzamos rezgőkörök). Így az egyes sávokra sikerül $\lambda/4$ hosszt és az 50 Ω -hoz közeli tápponti impedanciát megvalósítani. Egy 7-30 MHz között működő sugárzóba 6 (!) rezgőkört kellene beépíteni. Ráadásul a jó működés megkívánná szelektív ellensúlyok alkalmazását is; sávonként 3-at –, összesen 21 db-ot!

Az óvatosabbak két antennaváltozatot gyártanak: 14, 21 és 28, illetve 10, 18 és 24 MHz-re. Vannak csodálatos, karácsonyfa jellegű konstrukciók, ahol az RF-jelnek “komoly gondot jelenthet” az egyes sávokhoz tartozó struktúrarészek megtalálása. További probléma a rezgőkörök sávcsökkentő hatása. Igaz, minden antennakonstrukció kompromisszumok árán születik meg.

Az előzőekben leírt gondok, nehezen kézben tartható jellemzők, beállítási nehézségek készítették a szerzőt egy, az előzőektől eltérő szemléletű antenna megalkotására.

A szélessávúság ára

Ahhoz, hogy a földön álló vagy megemelt, ellensúlyokkal ellátott függőleges sugárzó által kibocsátott nyaláb ne rendelkezzen magasabb elevációjú oldalnyalábokkal, a hossza nem lehet nagyobb $5/8$ -ad λ -nál.

Ha nem akarunk $\lambda/4$ -re szelektíven rövidítő elemeket használni, akkor a tápponti impedancia lényegesen el fog térni 50 Ω -tól. Az SWR akár többször tíz is lehet! Ilyen körülmények között természetes, hogy antennahangolót (ATU-t) kell használnunk. Ez

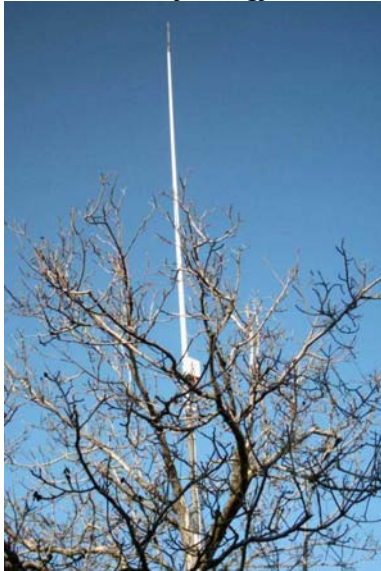
nem olcsó multság, de megéri, hiszen a tervezés során az iránykarakterisztikákra kell koncentrálnunk –, a tápponti nehézségeket az ATU kezeli.

Az antennaillesztők “réme” a túl kicsi vagy túl nagy tápponti impedancia. A túl kicsit (néhány ohmost) az antenna minimális hosszának megválasztásával, míg a túl nagyot a félhullámú rezonanciák kikerülésével oldhatjuk meg.

Az optimális hossz meghatározása

Összefoglalva: az antenna ne legyen $5/8 \lambda$ -nál hosszabb 28 MHz-en és ne jusson a félhullámú rezonanciája amatőrsávba! 28 MHz-en (10,7 m-en) az $5/8$ -ad hossz 6,5 m. A 6,5 m-es $5/8$ -ados hosszúsághoz 13 m félhullámhossz, azaz 23,1 MHz-es rezonancia tartozik. Ezt a frekvenciát “szerethetjük”, hiszen a 21 és a 24,9 MHz-es sávok között nagyjából középen helyezkedik el. Nem kell a hosszúságot korrigálni. A negyedhullámú rezonancia $2 \times 13 = 26$ m-en (11,5 MHz-en) fog jelentkezni.

Elvileg nagyon egyszerűvé vált a problémánk: készítsünk egy klasszikus, 11,5 MHz-en negyedhullámúként rezonáló függőleges sugárzót! ATU-val illesztve, a 7...30 MHz-es sávokban jól működő antennához jutunk. 7 MHz-en kissé rövid az antenna, de 10,1 MHz-en már jól fogja érezni magát az ATU.



Mit hanyagoltunk el?

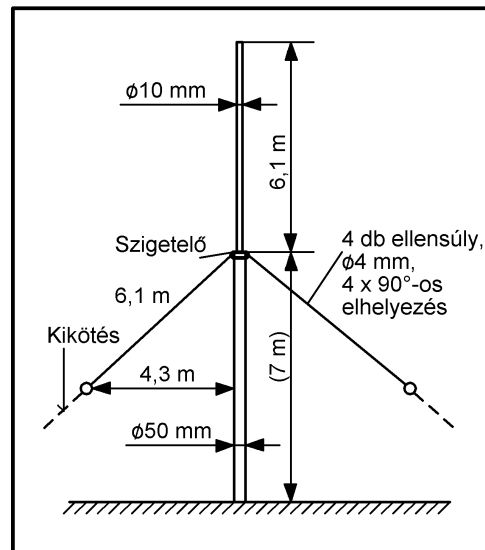
Természetesen az előző számításaink ideális körülmények között igazak. Az antennánk valódi hossza függ a sugárzó és az ellensúlyok átmérőjétől, a föld fölötti magasságtól, az elrendezés geometriájától.

Az elemek vastagításával csökkenteni lehet a rezonanciafrekvencián mérhető tápponti impedanciát. Ezzel az ATU munkáját tesszük könnyebbé. Az 1 k Ω -nál nagyobb impedanciát általában rossz hatásfokkal, nehezen (esetleg sehogyan sem) tudják az illesztők kezelni. Az antenna táppont-magasságát a szerző helyi körülményei határozták meg (ilyen magas a befogadó diófa koronája).

Számítógépes modellezés

Adottak a feltételek: a félhullámú rezonancia legyen 23,2 MHz körül, viszonylag vastag ($\varnothing 15$ mm-es) sugárzó és ellensúlyok kerüljenek felhasználásra! Az antenna tápponti magassága 7 m. Az $\varnothing 4$ mm-es ellensúlyhuzalok 45° -os szögben helyezkedjenek el! A mechanikai méretek szinte kínálják egy CB-antenna módosítását: az ellensúlyokat kell lecserélni, a sugárzó hosszát beállítani. Az ellensúlyokat a kikötés részeként valósíthatjuk meg.

Az EZNEC v.3 számítógép-program szerint a valóságos hossz 6,1 m. Ekkor a félhullámú rezonancia 22,8 MHz-en jelentkezik. A



tápponti impedancia reális része 864Ω a 21,45 és 748Ω a 24,9 MHz-es frekvencián. A negyedhullámú rezonancia 11,9 MHz-re adódik, itt az SWR 1,17.

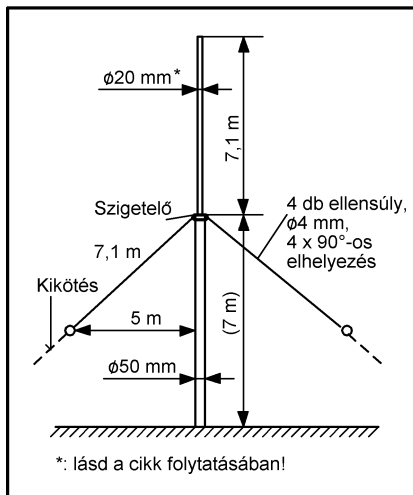
10,1 MHz-en kicsit rövid az antenna, de a tápponti impedancia reális része 24Ω , ami jól kezelhető. 7 MHz-en már rosszabb a helyzet: a valós rész csak $2,7 \Omega$. Jó lenne hosszabb sugárzó! A 7 MHz feletti minden sávban jó az iránykarakterisztika. Jó alap a nagytávolságú összeköttetésekhez –, fölfelé nincs sugárzás.

A 7-29,7 MHz között működő antenna vázlatos elrendezését, főbb méreteit az **1. ábra** mutatja. A félhullámú rezonancia 22,8 MHz-en van. Megjegyzendő, hogy a valóságban nem készült el. A szerző gyakran vadászik DX-re a 7 MHz-es sávban, ezért a $2,7 \Omega$ -os érték megfontolásra késztette. Jobb lenne hosszabb antenna, esetleg a 28 MHz-es iránykarakterisztika elrontása árán is. A 7 MHz-es óvatosság ellenére az antenna biztosan jól fog működni a 10...29,7 MHz-es sávokban és megfelelő illesztő választásával 7 MHz-en is.

A 7 MHz-es jellemzők javítása

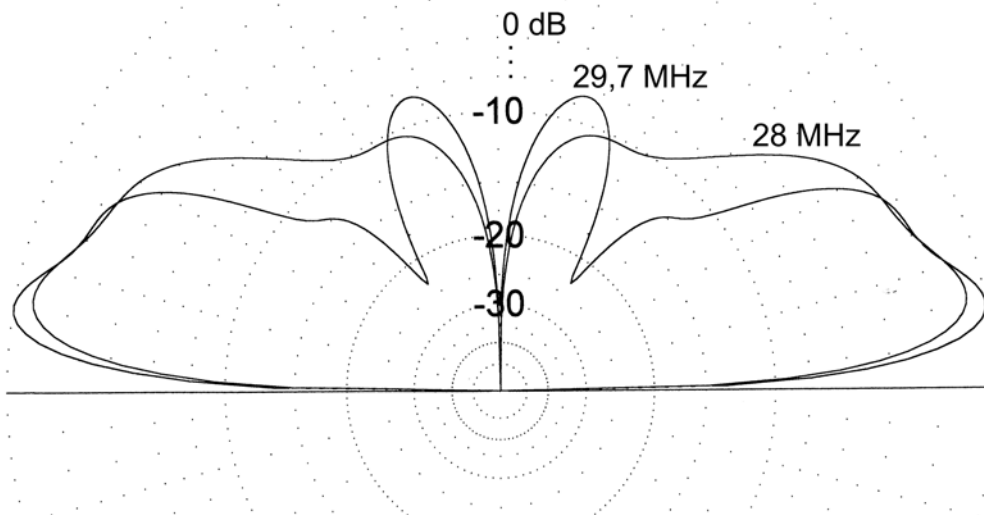
A szerző évtizedekkel ezelőtt kezdődött – és feltehetően élete végéig tartó (HI!) – antenna-korszerűsítési terveinek egyike lett megvalósítva az előzőekben bemutatott elven.

A sugárzó módosított átmérője 20 mm. A lényeges különbség: a veszélyes rezonanciafrekvencia áthelyezése a 18,1-21 MHz-es sávok közé, vagyis az antenna hosszának növelése. A rezonanciafrekvencia, ill. ezen keresztül az antennaelemek



hosszának növelésével a 7 MHz-es sávon segítünk, emeljük a tápponti impedancia reális részének értékét. Az új optimalizálás eredményeként a félhullámú rezonancia 19,5 MHz-re adódott. A 7 MHz-es tápponti impedancia valós része az előző érték közel négyszerese, azaz $10,7 \Omega$ lett. Nem dolgoztunk hiába, de ajánlatos megnézni, mi történt a 28 MHz-es sugárzással. A **2. ábra** a 28 és a 29,7 MHz-en várható iránykarakteristikát mutatja. A sáv felső végén már megindul a felfelé sugárzás. Nem tragikus; az elvesző energia meglehetősen kicsi lesz. Érdekes volt a 7 MHz-es helyzeten javítani.

Tekintsük át a 7,1 m-es antenna esetén a kiszámolt adatokat kicsit részletesebben (**1.**



táblázat! A tápponti impedanciának csak a valós része lett feltüntetve. Természetesen a két rezonanciafrekvencián (10,2 és 19,5 MHz-en) tisztán ohmos az impedancia. A viszonylag vastag sugárzó és ellensúlyok „lehúzták” a félhullámú rezonanciát 1250 Ω -ra. Az illesztő számára izgalmas frekvenciákon (18,1 és 21,1 MHz-en) a valós rész 1 k Ω alá került (869, ill. 832 Ω). Ahogy ezt az antennákkal foglalkozók jól tudják, a negyed- és a félhullámú rezonancia között kisebb, mint kettő a szorzó (10,2 és 19,5 MHz). Szerencsésen alakult a negyedhullámú rezonancia, hiszen a 30 m-es sávban illesztő nélkül is használhatjuk az antennát (10,1 MHz-en az SWR 1,13). Később, ha lesz elég “lehetőség a zsebünkben”, megvehetjük az ATU-t. 7 MHz-en sikerült a tápponti reális részt 10 Ω fölé tolni, ami könnyebbé teszi az illesztést.

A megnövelt méretű antenna főbb méreteit a **3. ábra** mutatja. Ezt az antennát építette meg, mérte és használja a szerző. A 7,1 m-es antenna különböző sávoknál számolt sugárzási jellemzői a **2. táblázatban** láthatók. A nyaláb iránya (az eleváció szöge) és az izotróp sugárzóhoz viszonyított nyereség jól mutatja a 24,9 MHz-en jelentkező problémát, a kinyílt, megemelkedett nyalábot. 29,9 MHz-en 2 sugárzási maximum van.

1. táblázat

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frekvencia [MHz] | 7 | 10,1 | 10,2 | 14,1 | 18,1 | 19,5 | 21,1 | 24,9 | 28,2 |
| Impedancia [Ω] | 23 | 47 | 48 | 172 | 869 | 1250 | 832 | 189 | 54 |
| SWR | 47 | 1,13 | 1,05 | 12 | 22 | 25 | 29 | 9,6 | 11 |

2. táblázat

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| Frekvencia [MHz] | 7 | 10,1 | 14,1 | 18,1 | 21,2 | 24,9 | 28 | 29,7 |
| Max. sugárzás iránya | 20° | 18° | 15° | 13° | 12° | 57° (30°) | 11° | 10° |
| -3 dB-es pontok | 7,5; 40 | 7; 35 | 6; 29 | 6; 24 | 5; 50 | 17; 72 | 5; 34 | 4; 28 |
| Nyereség [dBi] | 1,06 | 0,95 | 1,45 | 1,57 | 2,92 | 5,53 | 4,71 | 5,34 |

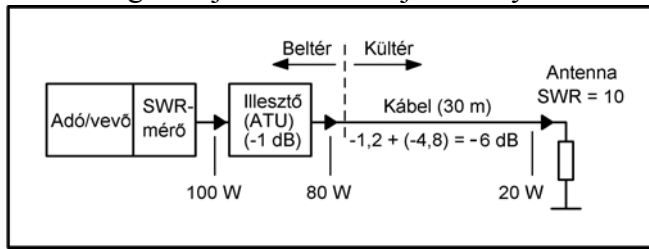
Hova helyezzük az antennaillesztőt?

Az antennaillesztők virágkorát éljük. Kapható szinte minden változat: kültéri, beltéri, automatikus- és kézi állítású. A kérdés: melyiket szeressük? A csábítóbb és olcsóbb a beltéri, esetleg az adó-vevőbe épített, kis átfogású változat. Az antennát tápláló kábelben a veszteség egy adott frekvencián két részből áll. Az egyik jól ismert, a kábel ohmos és dielektromos jellemzőit tartalmazza, a másik a kábelben lengő teljesítmény reflexiók vesztesége (rossz lezárás a terhelés oldaláról). A kettő összege a koax teljes csillapítása. Az utóbbit olvashatjuk ki a **3. táblázatból**, míg az első az illesztetlen lezárt kábel alapvető, a hosszával arányos veszteség, ami katalógusadat. A könnyebb megértést segítse egy példa!

A 3. táblázat felső sora a tápkábelben mért SWR-t mutatja. Az előző számításainkból tudjuk, hogy 10-50 közötti SWR is előfordulhat az antenna táppontjában.

Legyen egy 30 m-es koax csillapítása 29 MHz-en 1,2 dB (meglehetősen vékony a kábel)! Ha a lezárás 10-es SWR-t mutat, akkor a reflexióból adódó csillapítás 4,8 dB

lesz. A teljes veszteség $4,8 + 1,2 = 6$ dB. Tételezzük fel, hogy az ATU 1 dB-t (20%-ot) “eszik meg” a rajta áthaladó teljesítményből!

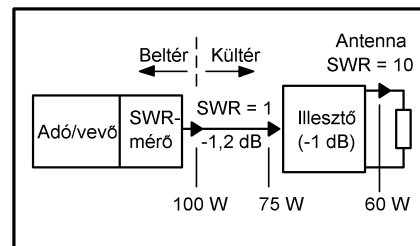


A **4. ábra** szerint, 100 W-os adóteljesítményt feltételezve beltéri, az adó-vevő mellett elhelyezett ATU esetén, $SWR = 10$ -nél, jelentős teljesítményvesztéssel számolhatunk: az antennára alig 20 W jut. Ha az

ATU-t az antenna tövébe helyezük, a tápteljesítmény 60 W-ra növekszik (**5. ábra**), tehát a koaxban keletkező veszteség csökkenthető. Az elrendezések önmagukért beszélnek. 7 MHz-en ($SWR > 100$), beltéri ATU használatakor, QRP-vé alakulna az állomásunk!

Az ATU kimenetén a “megjavított” SWR biztosan kisebb lesz 2-nél, amit az adó gond nélkül fog elviselni. További hátrány, hogy az illesztetlenségből adódó csillapítás vételkor is jelentkezik.

Következtetés: az ATU legjobb helye egy koaxkábeles, reflexiót okozó terheléssel lezárt rendszerben a lezárásnál van.



A megvalósítás gondjai

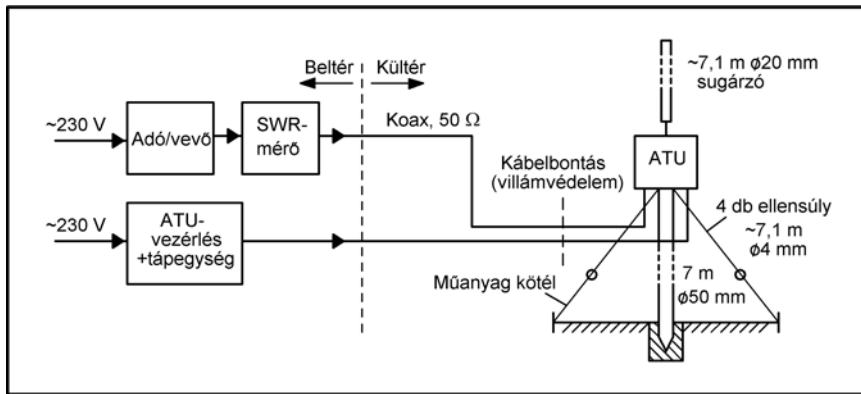
A 3. ábrán látható antenna mechanikai konstrukciója, elkészítése az egyéni lehetőségektől függ. A szerző a sugárzót és az ellensúlyokat koaxiális kábeltől valósította meg. A sugárzó két, párhuzamosan kapcsolt, 10 mm harisnya-átmérőjű koaxiális kábel egy műanyag (előző “életében” rádiótelefon-antennát tartó) csőben, a cső felső végén megfogva lett elhelyezve. A cső hossza 6,6 m, ezért a sugárzó felső végét meg kellett toldani. A toldat két részből áll: csúsztathatóan összeerősített egy-egy alumíniumcső, melyeket állítható módon sikerült összerakni. Ez lehetővé tette a méretek egyszerű változtatását, a pontos frekvenciára hangolást.

A műanyag cső és a koaxkábel automatikusan megoldotta a talpszigetelő feladatát is. Természetesen a “kinek mi van” elvet használva talpszigetelőnek alkalmazhatunk az erősáramú technikában használt szigetelőt vagy egy megfelelő szilárdságú műanyag csövet.

A sugárzót, a CB-antennákhoz hasonlóan, öntartóra lehet kialakítani (járulékos szolgáltatás = szélirány és -erősség jelzése) vagy műanyag (nem nedvszívó) kötéllel 3 ponton rögzíthetjük. Az ellensúlyok is részét képezhetik a kikötésnek (pl. 4 mm-es alu- vagy rézkábel(sodrat) műanyag kötéllel kiegészítve. A számított cső- és huzalátméreteket igyekezzünk tartani!

Figyeljünk az elektromos kötések sorrendjére! A sugárzó talppontjához csatlakozik az ATU bemenete. A bemenetén nagyfeszültségű szigetelőt kell elhelyezni, hiszen az antennánk talppontján több száz voltos RF-feszültség is kialakulhat (21 és 18 MHz, 100 W teljesítmény)!

A tartócső és az ellensúlyok az ATU kimeneti oldalán lévő földsarura csatlakozzanak (ott, ahol a koaxkábel is csatlakozik)! Ebben az elrendezésben az ATU mintegy a sugárzó részét képezi. A műszaki leírás rajzai a bekötéseket részletesen ismertetik. A **6. ábra** a teljes elrendezés kábelezését mutatja.



A szerző helyproblémái miatt a teljes antenna egy kb. 20 éves diófa lombzatában – a tartócső a törzshöz erősítve – lett felépítve (ld. a fényképet). A sugárzó a

fehér műanyag csőben van, a fehér doboz pedig az ATU. A koaxkábelből kialakított ellensúlyok lágyan simulnak a fa ágai közé (a fotón nem láthatók). Egy hosszú rúddal sikerült a 4 ellensúly egyenletes elosztását biztosítani. Szerencsére a diófa viszonylag lassan növekszik, ezért várhatóan nem túl gyakran kell majd az antenna magasságát növelni.

A megvalósítás során feltétlenül igyekezzünk kijelölni az esetleges villámok útját! Rakjunk a vezérlő- és a koaxkábelre megszakítást, bontást lehetővé tevő csatlakozót! Ezzel kizárhatjuk a villám házbajutását. Ha mód van rá, akár a földbe is tehetjük a kábeleket, de ekkor is gondoskodjunk a bontási lehetőségről! Jobb félni, mint egy új ATU-ra gyűjteni a pénzt.

Az ATU-k bemenete gyakran tartalmaz túlfeszültség-védelmet. Ennek megoldása, elhelyezése nem egyszerű feladat, mert üzemszerűen több száz volt lehet a bemenet kapcsain. Ne hagyjuk hosszúra a kikapcsolt ATU tápellátó/vezérlő kábelét! Ezen az úton a villám “hátba támadhatja” a berendezésünket. A már saját kárukon tanultak túlfeszültség-védők elhelyezését javasolják az ATU-ba belépő vezetésekre. Ne feledjük, az ATU az állomásunk túlfeszültség szempontjából legsebezhetőbb pontja!

Néhány szempont a megfelelő ATU kiválasztásához

A szerző az ICOM AH4-es típusát használja, melyet a 3,5-50 MHz sávokra, max. 100 W teljesítményre ajánlanak. Dobozát kinyitva megdöbbenő a sok relé, kapacitás, induktivitás látványa. Kb. 5...10 W-ot adva a bemenetére, majd a startgombot megnyomva, 1...3 másodperc alatt lehangol. Az adó-vevő SWR-mérőjén követhetjük az eseményeket.

Több cég is gyárt kültéri felhasználásra alkalmas ATU-kat. Először nézzük meg a bemeneten levő csatlakozót! Ha ez nem egy nagyfeszültséget bíró, kerámia szigetelésű megoldás, akkor rögtön felejtjük el! A gyártók gyakran egy-egy beltéri célra fejlesztett, SWR-t kis tartományban illeszteni tudó egységet helyeznek vízmentes dobozba és némi felárral igyekeznek kültériként eladni.

Ha van elegendő “adottságunk”, akkor 100 W-os adóteljesítményhez 300...350 W-ra ajánlott ATU-t vegyünk! Ha egy mód van rá, kerüljük a ferrites tekercseket (toroidra tekerve) tartalmazókat! A légmagosak doboza általában nagyobb, de nem fenyeget a ferrit nagyobb SWR-nél jelentkező túlvezérlése. Bármelyik internetes keresőprogram segítségével kigyűjthetjük a számunkra megfelelőket, meg is rendelhetjük vagy elegendő ismeretet szerezhethetünk egy importőrrel történő tárgyaláshoz.

A tápláláshoz általában 13 V körüli egyenfeszültség szükséges. Csúcsáram-felvételük nem lépi túl az 1,5...2 A-t. A hangolás során az antennára általában nem jut néhány száz mW-nál nagyobb teljesítmény.

Ritkán adják meg az impedanciaillesztési tartományt. A kis impedanciájú részre korlátként a legalacsonyabb frekvencián még leilleszthető, legrövidebb antennahosszt találjuk meg határadatként, pl.: 160 m-en 7 m. A nagyobb impedanciájú tartomány határára vonatkozó figyelmeztetés: az antenna hossza ne legyen $\lambda/2$ vagy annak többszöröse!

Nagyon oda kell figyelni az ATU-k alkalmazásakor a bemeneti impedancia lehetséges korlátaira. Az ATU mindent lehangol, legfeljebb a teljesítmény nagy része a dobozban marad!

A “puding próbája”, avagy hogyan szól az antenna

A diófa nehezen engedte a lombjai közé az antennát. Az árboc 2 m-es csövekből lett összeállítva, egyenként beemelve a tagokat, majd a törzshöz több helyen rögzítve. Az összerakás, ellensúly-elhelyezés után egy, közvetlenül a táppontra csatlakoztatott 50 Ω -os koax végéről történt az SWR-mérés. A minimális SWR 9,8 MHz-en volt. Hol van a plusz hossz? 20 cm az ATU bemenetéig, kb. 10 cm maga a hangoló. 30 cm-rel rövidítve a sugázót, a minimális SWR 10,2 MHz-re nőtt. Ezzel a beállítás neheze elvégeztetett. A végleges, teljes hossz jól egyezett a számítással.

Az ATU felrakása után a mérések az adó-vevő környezetébe helyeződtek át. Sávról sávra haladva, az ATU kifogástalanul, gyorsan hangolt le. A maradék SWR mindenütt 1,5 alatt maradt. A koaxkábelen nincs RF-jel. A számítógép boldog, Bill G. nem csuklik...

Az üzemi próbák alapja a jó, öreg (15 éve üzemelő) Inverted L-antennával való összehasonlítás volt (10 m fel, 18 m vízszintesen, 12 m magasságban). Valóság-hű állapot. 28 MHz-en döbbenetes volt a különbség. Hallgatva az állomásokat, az új antenna 2-3 S-fokkal vezetett. Volt olyan állomás, amelyik a régivel meg sem hallott, míg az újra 569-et adott. Általában 2 S-fok volt a különbség az új javára. A réginek feltehetően nagyon szaggatott az iránykarakterisztikája. 24,9 MHz-en is egy S-fok általában az új javára. Hasonló a helyzet a többi sávban is.

Az igazi próba 7 MHz. A régiből “dől” a jel, szinte fuldokol a vevő. Az újat figyelve, a német, ukrán állomások, sőt a hazaiak is 1-2 S-fokkal gyengébbek, mint a régivel. Némi töprengés után világossá válik a helyzet: a régi kedveli a magas elevációval, felülről beeső jeleket, míg az új ezeket jelentősen csökkenti. Erre terveztük. Az igazi, megnyugtató összehasonlítást a japán állomások adták, amelyek lényegesen szebben szóltak az új antennával. A beteljesülést, a “vállveregetést” ZL1CYK hozta. 559 az újjal, szinte vehetetlen jelek a régivel. Megérte a küszködés. Remélem, a diófa is megbocsát.

80 és 160 m-es gondolatok

Nem szerepelt a szerző tervei között az antenna 80 m-es használata. Az előzetes becslések szerint a sugárzási ellenállásnak 1 Ω alatt kellett lennie, erősen kapacitív jelleggel. Ha az ATU nemet mond az illesztésre, a szerzőben fel sem vetődik a további kísérletezés gondolata. De az ATU “rácsapott” az antennára. A szerb, cseh, német állomások 579...599-et adtak. Az antenna használható volt 80 m-en. Természetesen az Inverted L jobb volt.

Vissza a számítógéphez! Ekkor jött a meglepetés: a tápponti impedancia 3,6 MHz-en 72-j 203 Ω volt. Az árameloszlást tanulmányozva, egy érdekes sugárzási elrendezésre derült fény. A 7 m-es földelt tartóoszlop, felső végén az ellensúlyokkal, intenzíven

sugárzik! A teljes struktúra mint egyik végén földelt sugárzó működik. Gyors rezonancia-keresés. 3,8 MHz-en tisztán ohmos a táppont. A rezonanciát meghatározó elem a tartóoszlop. 8 m-re emelve az antenna magasságát, a rezonancia a 80 m-es sávba került. Ebben az elrendezésben az elválasztás nélküli, koaxkábeles táplálás nem szerencsés. Szükség lenne legalább egy, koaxkábelből kialakított RF-fojtóra, hogy megakadályozzuk a koax sugárzását, a köpenyáram kialakulását. Esetleg a földbe ásott ellensúlyokra...

Évés közben jön az étvágy! Nézzük meg 160 m-en! A tápponti impedancia ohmos része közel 6Ω . Normális esetben, egyszerű 7,1 m-es, földön álló sugárzó alkalmazásakor ennek 1Ω alatt kellene lennie! A "karácsonyfa" struktúra sokat javított a sugárzási jellemzőkön. Olyan, mintha egy tetőterheléssel ellátott rendszert készítettünk volna (csak éppen fejre állítva)! Sajnos, a 160 m-es kísérletre az ATU korlátai miatt nem kerülhetett sor, de akinek van rá lehetősége, megpróbálhatná. Sokkal jobb, mint nem forgalmazni ebben a sávban!

Összefoglalva: a szerző reméli, hogy sikerült egy kis helyigényű, 7 (9 ?) sávban jól használható, kísérletekkel igazoltan jól működő antennakonstrukciót bemutatni. Egy ötlet a folytatáshoz...

3. táblázat

| SWR | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 50 |
|---------------------------|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| Veszteség a kábelben [dB] | 0 | 0,18 | 0,5 | 1,25 | 2,55 | 4,8 | 7,4 | 11 |
| Terhelésre jutó telj. [%] | 100 | 96 | 89 | 75 | 55 | 33 | 18 | 7,7 |