

A RÁDIÓAMATŐR

ELŐADÁSSOROZAT 73–119. rész

2016–2019.

(II. kötet – bővített kiadás)

Szerző: Zentai Tibor HA2MN

Lektor és szerkesztő: Papp József



**HAJDÚ QTC
2020.**

**A kiadvány szabadon terjeszthető,
ára kizárólag a nyomdai előállítás költségét fedezi!**

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	4
A frekvenciamoduláció alapelve – A rádióamatőr – 73. rész	6
A frekvenciamoduláció jellemzői – A rádióamatőr – 74. rész	7
A frekvenciamoduláció és a digi módok – A rádióamatőr – 75. rész	9
Antennák – a hullámhossz – A rádióamatőr – 76. rész	10
A rezonáns antenna – A rádióamatőr – 77. rész	12
A félhullámú antenna – A rádióamatőr – 78. rész.....	14
Félhullámú antenna méretezése – A rádióamatőr – 79. rész	15
A félhullámú antenna táplálása – A rádióamatőr – 80. rész	17
A dipól antenna jellemzői – A rádióamatőr – 81. rész	18
A negyedhullámú antenna – A rádióamatőr – 82. rész	20
Nem rezonáns antenna – A rádióamatőr – 83. rész	22
Nem rezonáns antenna táplálása – A rádióamatőr – 84. rész	23
A fordított „L” antenna és táplálása – A rádióamatőr – 85. rész.....	25
A Zeppelin antenna és táplálása – A rádióamatőr – 86. rész	26
Az Inverted „V” antenna és táplálása – A rádióamatőr – 87. rész	28
A sok-sávós dipól rendszer – A rádióamatőr – 88. rész	29
A többsávós, hullámcsapdás antennák elve – A rádióamatőr– 89. rész...	31
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről I – A rádióamatőr – 90. rész	33
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről II. – A rádióamatőr – 91. rész	34
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről III. – A rádióamatőr – 92. rész	36
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről IV. – A rádióamatőr – 93. rész.....	38
Többsávós antenna rezonáns tápvezetéssel I. – A rádióamatőr – 94. rész ...	39
Többsávós antenna rezonáns tápvezetéssel II. – A rádióamatőr – 95. rész..	41
Többsávós antenna rezonáns tápvezetéssel III. – A rádióamatőr – 96.rész..	42
Tápvezetés és illesztés – A rádióamatőr – 97. rész.....	44
Többsávós antenna – a W3DZZ – A rádióamatőr – 98. rész.....	45
Többsávós antenna – a Windom – A rádióamatőr– 99. rész	46
Gondolatok a rádióamatőr ismeretekről – A rádióamatőr – 100.rész.....	48
Az antenna a legjobb teljesítményerősítő? – A rádióamatőr – 101. rész ..	49
Erősítés és csillapítás – a deciBell – I. – A rádióamatőr – 102. rész	51
Erősítés és csillapítás – a deciBell – II. – A rádióamatőr – 103. rész.....	52
Teljesítményerősítés – A rádióamatőr – 104. rész.....	53
Veszteségek az antennarendszerben – A rádióamatőr – 105. rész	54
Az irány sugárzó antenna – A rádióamatőr – 106. rész	56
Az antennanyereségről – A rádióamatőr – 107. rész	57
A nyereséges huzalantenna – A rádióamatőr – 108. rész	59

Az iránysugárzó antenna fénytani modellje - A rádióamatőr-109.rész ...	60
Az elektromágneses hullámok „tükrei” - A rádióamatőr – 110. rész	62
A Yagi antenna - A rádióamatőr – 111. rész	63
Yagi csoportantennák - A rádióamatőr – 112. rész.....	64
Az antennák forgatásáról - A rádióamatőr – 113. rész	66
A holdraszállás rádiókommunikációjáról - A rádióamatőr – 114. rész	67
A rövidhullámú Yagi antennáról - A rádióamatőr – 115. rész	69
A Quad (négyyszög) antenna - A rádióamatőr – 116. rész	70
A quad és más hurokantennák - A rádióamatőr – 117. rész	72
A szélessávú hurokantenna - A rádióamatőr – 118. rész	73
A rombuszantenna - A rádióamatőr – 119. rész	74
Függelék (Az I. kötet tartalomjegyzéke)	76
Szerzői zárszó a „Rádióamatőr” és a „Korszakváltás a rádióamatőr technikában” sorozatokhoz.....	78

ELŐSZÓ

E sorozat célja a rádióamatőr hobbi bemutatása, népszerűsítése, megszerettetése mindazokkal, akik érdeklődést mutatnak a kommunikáció – távközlés egy mára már unikálisnak számító formája iránt. Kiadványunkban a Hajdú QTC adásaiban eddig elhangzott sorozat korábbi, az első kötetet alkotó 72 és a második kötetet eddig alkotó 73–96. részek után e kötetet újabb 12 résszel (97–108. előadás – 2018.) és most ismét 11 résszel (109–119. előadás – 2019.), továbbá zárszóval bővítő kiadásban kerül szerkesztett formában az olvasó kezébe.

A rádióamatőr tevékenység ma, egy több mint másfél száz évvel ezelőtt kialakult – a vezetékes távírász, majd a rádió feltalálásával annak továbbfejlődött változataként a rádiótávírász, rádióoperátor – szakmának hobbi szintű folytatása, átöröklődése civilekre. A technika fejlődése következtében a professzionális távírási szakma gyakorlatilag kihalt, a globális kommunikációt ma már a távírásszokhoz, rádió operátorokhoz képest mérhetetlenül gyorsabb gépek biztosítják.

A rádióamatőr a régi szakma kezdeteitől elkezdte utánozni a rádiótávírásszokat, de otthonról, hobbi céljából épített és üzemeltetett rádióállomást azért, hogy hasonló érdeklődésű rádióamatőrökkel létesítsen rádiókapcsolatot a környező településeken, az ország különböző pontjain, a szomszédos országokban, a saját kontinensén, és mint a legizgalmasabb, más, távoli kontinenseken. S ma már természetesen a világűrben szolgálatot teljesítő amatőrtársakkal is megteheti ezt, vagy éppen a föld körül keringő rádióamatőr műholdakon keresztül elérheti a föld legtávolabbi pontjait. Igazi kihívás például a Hold rádióamatőr felhasználása, ugyanis a Holdra sugárzott, célszerűen megválasztott rádióhullámok visszaverődnek, s mindenütt vehetővé válnak a Földön, ahol a Hold éppen, ha szemmel nem is, de a rádióhullámok szempontjából látható.

A rádióamatőr – ellentétben a csak a célállomásokkal forgalmazó professzionális rádiótávírásszal – véletlenszerűen találkozik társaival az éterben, továbbá nem célja üzenetek, információk közvetítése, továbbítása. A cél maga a kapcsolat létrehozása, megteremtése, amely a rádióhullámok terjedési sajátosságai miatt nem mindig zavartalan vagy megvalósítható. A rádióamatőr kapcsolat megteremtésének lehetősége bővíthető megfelelő hullámterjedési ismeretekkel, a rádióállomás műszaki feltételeinek javításával – manapság itt elsősorban a jó antennára kell gondolni. E hobbi egyfajta vadászszenvedély kiélését teszi lehetővé, hiszen az éterben vadászni kell a világ különböző országaira, a hat kontinensre, de nem könnyű azt sem elérni, hogy minden magyar megyével amatőr rádiókapcsolatot létesítsünk. S ha sikeresek vagyunk, elmondhatjuk, hogy a világ sok országával, az összes kontinenssel rádióztunk karosszékünkben, s végül sikerült az összes hazai megyét is begyűjteni, az állomásnaplóban vezetett összeköttetések listájának tanúsága szerint.

A rádióamatőr forgalmi tevékenység hatósági engedélyhez kötött. Ahhoz, hogy valaki engedélyt szerezhessen, rádióamatőr vizsgát kell tennie. A tananyag részben a hivatásos nemzetközi rádiótávíráshoz szükséges ismeretek könnyített változata, s mivel a rádióamatőr akár saját építésű készülékkel is rádiózhat, némileg ismernie kell az elektrotechnika és a rádiótechnika alapjait. Fontos továbbá az elektromos biztonságtechnika, a hazai és a nemzetközi jogi szabályozás alapvető ismerete. Amikor kilépünk az éterbe, hazánkat képviseljük és saját személyi képességeinket mutatjuk meg a világ rádióamatőrjei előtt.

A 2000-es évek első évtizedének közepétől a morzetávíró ismerete már nem kötelező a rádióamatőr tevékenységhez, noha mégis ez a legizgalmasabb, nehéz körülmények között is a legmegbízhatóbb üzemmód. Ma az üzemmódok széles választéka áll rendelkezésre, a morze mellett forgalmazhatunk távbeszélő módban, de ugyanúgy választhatunk az úgynevezett rádióamatőr digitális üzemmódok széles spektrumából, beleértve képek és mozgóképek továbbítását is.

Rögzíteni kell, hogy a rádióamatőr tevékenység nem csak rádióépítésből, forgalmazásból áll. Mindenki rádióamatőr, aki a hobbin belül hozzájárul az étermunkához akár szoftverekkel, akár antennatervezéssel, speciális elektronikával, digitális segédáramkörökkel vagy bármi egyébvel, ami az étermunkában hasznosnak bizonyul. Ezért a hobbi sokkal kiterjedtebb annál, mintsem gondolnánk.

A rádióamatőr egymagában nem is képes átfogni a hobbi ágazatait, s amit ezekből kedvel és művel, azt is egy életen keresztül tanulnia kell. E témákról folyik a soha véget nem érő, mindig újdonságokat tartalmazó diskurzus az éterben, miközben mások távoli, egzotikus összeköttetésekre vadásznak, s megint mások éppen azt kísérletezik ki, hogy két antenna közül melyik bizonyul a jobbnak.

Mozgalmas és izgalmas hobbi ez. Alapjainak elsajátítása után egy, szó szerint és átvitt értelemben is új világ tárul elénk. Ehhez kívánok sok sikert!

Budapest, 2020. március

HA2MN

A frekvenciamoduláció alapelve (A rádióamatőr – 73. rész)

Az előző részekben alaposan kiveséztük az amplitúdómoduláció elméletét és gyakorlatát. Levezettük az oldalsávtechnika lehetőségeit, az amatőr gyakorlatban történő alkalmazhatóságát és előnyeit. Továbbá bevezetést nyertünk az AFSK üzemmódokba.

Az amatőrök számára az oldalsávtechnika kiváló energia- és sáv szélesség-takarékos megoldás főleg rövidhullámon, ahol a rendelkezésre álló sáv tartomány igen csak szűkös. Műsorszórás szempontjából viszont kézre eső megoldás az amplitúdómoduláció, noha hi-fi minőségű és zavarmentes átvitelre teljesen alkalmatlan.

Az ultrarövidhullámú és a nagyon rövid hullámú sávok spektruma – bár csak a látóhatárig tart a hullámterjedés – sokszorosa a rövidhullámú tartománynak. Ezért e sávokban nem szükséges túlságosan korlátozni egy adás sáv szélességét. A műsorszórás igénye az, hogy a hangátvitel spektruma fedje le a hallhatósági tartományt (ez embernél 16 kHz), a zenei adás dinamikája tetszőlegesen nagy legyen, azaz a halk, kis energiájú hangok is jól hallhatóak legyenek és a lehető legzavarmentesebb vétel legyen biztosítható a vételi oldalon. Ehhez jön még az az igény, hogy a sztereó hangátvitel is biztosítható legyen.

Ezen igények kielégítésére az amplitúdómoduláció alkalmatlan. Más megoldást kell keresni!

Ha egy rezgőkör frekvenciáját valamilyen modulálójellel megváltoztatjuk, a következő jelenséget észleljük; a modulálójellel arányosan megváltozik a frekvencia. Ezt fizikailag úgy lehet elérni, hogy vagy a rezgőkör induktivitását vagy a kondenzátor kapacitását befolyásoljuk a moduláló jellel. Az utóbbi, azaz a rezgőköri kondenzátor befolyásolása egyszerűbb, ugyanis a kapacitásdióda a rákapcsolt feszültségtől függően változtatja meg a kapacitását.

Ezt a fajta modulációt frekvencia vagy fázis modulációnak nevezzük. Jellemzője az, hogy ellentétben az amplitúdómodulációval itt nem jelkeverés történik, hanem egy állandó nagyságú vivőhullám van jelen, amelynek frekvenciája a moduláció jel nagyságának ütemében változik.

Itt álljunk meg egy pillanatra.

A hangfrekvenciával történő modulációnál 3 paramétert kell figyelembe venni. Alapvető paraméter a hang frekvenciájának és a hangerőnek a nagysága, továbbá a minőségi hangátvitelnél a legkisebb és a legnagyobb átvihető hangerő nagysága. Ez utóbbi paramétert dinamik tartománynak nevezzük, amely amplitúdómodulációnál maximum 100 % lehet, annál nagyobb tartományban már torz lesz a modulált jel. A frekvenciamodulációnál ez a tartomány nullától több száz százaléig terjedhet, amelynek határt csak az elektronikus hangrögzítő és átvivő

rendszerek dinamikatartománya szab. A nagy dinamika a zenei átvitelnél a legfontosabb tényező, mert a vételi oldalon visszaadja a halk és a hangos részek közötti valódi különbséget, míg az AM erre képtelen, mert a halk részek igen kis energiát (amplitúdót) képviselnek az oldalsávokban.

A frekvenciamodulációnál a hangerő változása szabályozza a frekvenciaváltozást, a hang frekvenciájának változását viszont a vivőhullámban a hangerő által okozott változások gyakorisága jeleníti meg.

Mivel a vivőhullám energiája állandó, egy FM adót egy adott fix helyzetű vevőben mindig azonos térerővel veszünk. Mivel a vivőhullám frekvenciaváltozása és a frekvenciaváltozás gyakorisága hordozza a hangerő és a hangfrekvencia nagyságáról az információt, ezért a vételnél a jel nagyság limitálásával élhetünk, amely tovább javítja a vételi zavarérzékenységet. Például elég jelentős térerőváltozás sem okoz jelentős vételromlást az FM esetében.

Természetesen van egy alsó térerőhatár, amikor már az alacsony térerő miatt bezajosodik a vétel. Erről és a frekvenciamoduláció egyéb sajátosságairól majd a későbbiekben értekezünk.

– *** –

A frekvenciamoduláció jellemzői (A rádióamatőr – 74. rész)

Az előző részben belevágtunk a frekvenciamoduláció bemutatásába.

Megállapítottuk, hogy frekvenciamodulációnál a hangerő változása szabályozza a vivőhullám frekvenciaváltozást, a hang frekvenciájának változását viszont a vivőhullámban a hangerő által okozott változások gyakorisága jeleníti meg.

Ezt a tényt igen fontos ismernünk a frekvenciamodulációról, amely fizikájában lényegesen eltér a korábban tárgyalt keverési elvű amplitúdómodulációtól.

A következő kérdés az, hogy mekkora sáv szélesség szükséges egy bizonyos hangfrekvenciás spektrum átviteléhez. Mint közismert a rádióamatőr szabályozás SSB üzemmódban maximum 2,7 kHz-es sáv szélességet enged meg a beszéd spektrum számára, amely még jól érthető beszédátvitelt biztosít.

A frekvenciamoduláció esetében ez a beszéd spektrum átvitel maximum 3 kHz-ig terjedhet, de ez nem azonos az adás által lefoglalt tényleges rádiófrekvenciás spektrum nagyságával.

Mivel a frekvenciamodulációs jel sávszélessége a modulációs indextől függ, a 3 kHz-es spektrumú beszédátvitelt 12,5 kHz-es rádiófrekvenciás sávszélesség jól biztosítja. A VHF és UHF tartományú amatőr frekvenciamodulációs üzemmódok számára fenntartott amatőrsáv szegmenseket ezért csatornákra osztották, amelyek távolsága egymástól 25 kHz-re van, és szabványos jelöléssel rendelkeznek. E spektrumban csak a kijelölt csatornákon lehet FM forgalmazást végezni.

Ha egy adott VHF és UHF amatőrsávban kijelöltek egy minden üzemmódra engedélyezett spektrumot, akkor szabadon megválaszthatjuk az FM adás frekvenciáját, azzal a megkötéssel, hogy az adásunk által lefoglalt spektrum nem lóghat ki a kijelölt sávszegmensből.

Mivel az adás sávszélessége túlmoduláció esetén meghaladhatja a 12,5 kHz-et, még olyat is tapasztalhatunk, hogy az adás eltűnhet a csatornából, azaz nem lesz vehető pillanatnyilag. Erre azt mondjuk, hogy az adás frekvencialeketje túl nagy. Ezt kerülni kell, mert a frekvenciaeltérés beleugorhat a szomszédos csatornába, ahol jelentős zavart okozhat.

Amennyiben az adás lökete kicsi, ez azt jelenti, hogy igen halkan, alig érthetően lesz hallható a vett rádióállomás, azaz a löket csak néhány kHz spektrumban van jelen az ideális 12,5 kHz helyett. Ilyenkor a modulációs hangerőt kell növelni.

A hangerő tehát arányos a lökettel.

Abban az esetben, ha távoli, gyenge térerejű FM állomással találkozunk, a zajmentes vétel helyett bezajosodott, zavart, sercegő vételt tapasztalunk. Ilyenkor lehetséges megoldás a teljesítménynövelés kérése, esetleg antennacsere. A VHF és UHF sávok rádióamatőr rádiókon, amelyek jó része csak néhány wattos teljesítményű, általában lehetőség van a teljesítmény változtatására. Minimális teljesítménnyel is lehetőség van nagy távolságok áthidalására főleg közvetlen rálátás esetén és/vagy nagy nyereségű irány sugárzó antennák alkalmazásával.

Az FM üzemmód (nem számítva a különleges terjedési jelenségeket) általában a helyi rádióforgalom kiszolgálására szolgál a VHF és UHF sávokban. Ez alól kivételt képez az egyetlen rövidhullámú sávszegmens, ahol az FM üzemmód engedélyezett, ez pedig a 10 méteres amatőrsáv 29 MHz-el kezdődő egyes szegmensei. Itt bonyolódik az FM DX forgalom és számos, a világ különböző pontjain elhelyezett FM átjátszó is található e szegmensben.

A rövidhullám terjedési sajátosságai miatt az FM itt csak akkor üzembiztos, amikor stabil, nem hullámozó terjedés alakul ki az egyes kontinensek között. A terjedés változása az FM adást bezajosíthatja, torzíthatja, sőt el is tűnhet az ellenállomás. Az FM dx-nek külön rajongótábora van a rádióamatőrök között, valóban izgalmas feladat a távoli országok, kontinensek rádióval történő "levadászása" ebben az üzemmódban.

– *** –

A frekvenciamoduláció és a digi módok (A rádióamatőr – 75. rész)

Az előző részekben áttekintettük a rádióamatőrök által használt modulációs eljárásokat. Megállapítottuk, hogy a távíró is egyfajta moduláció, ettől a mostani előadásban eltekintünk.

Megismerkedtünk az amplitúdómodulációval és annak a racionalizált, a leggazdaságosabb változatával, azaz az egyoldalsávú elnyomott vivőhullámú üzemmóddal, vagyis az SSB-vel. Bevezetést nyertünk a frekvenciamoduláció rejtelmeibe, amelynek keskenysávú változatát a rádióamatőrök is használhatják (NBFM).

Az SSB taglalásánál szemügyre vettünk néhány úgynevezett digitális üzemmódot is, amelyek a hangfrekvenciás modulálójel változtatásával beszéd helyett kép és karakteres átvitelt tesznek lehetővé (AFSK módok).

Általánosságban elmondhatjuk, hogy az AFSK jelátvitel minden távbeszélő modulációs üzemmódra alkalmas berendezéssel megvalósítható, viszont a jelek előállításához és képpé vagy karakterré való visszaalakításához régen célhardverre, ma számítógépre van szükség.

Az NBFM üzemmódban is lehetőség van az AFSK jelek továbbítására, csak az a kérdés, hogy mennyire gazdaságosan. Ugyanis az FM módot az jellemzi, hogy a teljes adási periódus alatt teljes teljesítménnyel sugároz az adó. Emlékezzünk: az SSB esetén csak akkor, ha van moduláló jel, ha nincs, akkor az adó kimenőteli teljesítmény nulla. Továbbá a kisugárzott jel teljesítménye a moduláló jel nagyságával arányos, tehát az energiaigény szempontjából az SSB gazdaságos üzemmód.

A digimódok közül az SSTV üzemmódot használjuk NBFM modulációval – és azt is csak kizárólag a VHF és az UHF sávokban tehetjük meg. Erre a célra fenntartanak kijelölt FM frekvenciákat, azaz csatornákat, és átjátszóállomások is segítik a képtovábbítást.

Van azonban egy különleges digitális modulációs eljárás, amit PACKET üzemmódnak nevezünk. Magyarul talán úgy lehetne legjobban jellemezni, hogy csomagkapcsolt digitális információátviteli technológiáról van szó. Ez a technológia szintén AFSK NBFM modulációval valósul meg, karakterek átvitele lehetséges. Igazi jelentősége abban volt a fénykorában, hogy képes volt értelmes szövegek és bináris fájlok (programok, speciális kép, hang és egyéb tartalmak) átvitelére, méghozzá olyan módon, hogy a packet üzemmódú rádiók felkapcsolódtak egy hálózatba és egymással kommunikáltak. Azaz a ma ismert internet korai állapotához hasonló rendszerről van szó, így egy, a rádióhullámok segítségével kialakított hálózatról beszélhetünk.

A hálózatot állandóan üzemben lévő csomópontok segítették, amelyek egyikéhez felcsatlakozva lehetett belépni a hálózatba és csetelni, szöveges üzeneteket küldeni, azaz címzett partnerrel levelezni, továbbá fájlokat fel- és letölteni. Az állandó

üzemű csomópontok úgynevezett faliújságja mindenféle hasznos információkat, programokat tartalmazott, és fontos szolgáltatás volt az úgynevezett DX Cluster információs rendszer is. Mellékesen megjegyezzük, hogy két rádió között is lehet packet kapcsolatot létesíteni.

Mára a packet rendszer sok funkcióját átvette az internet, viszont fénykorában, a XX. század végén nagy népszerűségnek örvendett ez a megoldás. A kommunikáció sebessége nagyon alacsony volt, egy néhányszor 10 kbyteses fájl letöltése bizony néha napokat vett igénybe, de akkor még nem volt internet.

Ez az üzemmód SSB-ben rövidhullámon is megjelent egy ideig, noha az igen lassú adatátviteli sebesség és a felhasznált sáv szélessége miatt végül kiszorult rövidhullámról.

A VHF és UHF sávokban az összekapcsolt hálózat lefedte Európa lényeges részeit, a kontinenseket interneten keresztül kötötték össze. Az alkalmazott moduláció NBFM, korábban célhardvereket kellett építeni, ma a számítógép célszoftvere elegendő az adási és vételi, valamint a rádióvezérlési és a hálózati kapcsolat fenntartási funkciók biztosításához.

Ma is használatos a VHF/UHF packet rendszer, a speciális funkciókat ellátó APRS néven kereshetünk róla információkat az interneten.

– *** –

Antennák – a hullámhossz (A rádióamatőr – 76. rész)

Ahhoz, hogy egy rádió adóvevő készülék egyáltalán üzemeltethető legyen, a készülékhez antennát kell csatlakoztatni. Az antenna feladata az, hogy a készülék által előállított nagyfrekvenciás, megfelelő szintre erősített, valamilyen módszerrel modulált elektromos jelet elektromágneses hullámmá alakítsa és annak kisugárzásával egy másik, távoli antennában elektromos jelet generáljon.

Azaz az antenna kettős szerepet tölt be, kisugározza az elektromágneses hullámot és elektromos jellé alakítja az őt érő elektromágneses hullámokat.

Ha antennáról beszélünk, elérkeztünk a nyitóelőadásokban oly sokat emlegetett kedvenc drótdarabunkhoz. Ahhoz, amely esetleg éppen ott hever a porban, s legyen bármilyen rövid vagy hosszú a drót, mindenféleképpen antennának is tekinthetjük. Vajon miért?

Korábban tudjuk, hogy a drótdarabot nagyfrekvenciás elektromos jellel vagy elektromágneses hullámmal megpengetve valami történni fog.

Ahhoz, hogy megtudjuk, vajon mi történik, meg kell ismerkednünk a hullámhossz fogalmával. Az elektromos rezgések, esetünkben a váltakozó áram frekvenciája az a szám, ami megfelel az egy másodperc alatt lefutott periódusok számának. Emlékezzünk vissza; egy periódus első felében pozitív, majd a másodikban negatív lesz a feszültség, amely szinuszosan változik. Ha azt mondjuk, hogy egy másodperc alatt 1 millió teljes periódusú fut le, akkor azt mondjuk, hogy a rezgés frekvenciája 1.000.000 Hz, rövidebben mondva 1 MHz. Ebből következik, hogy 1 Hz azt jelenti, hogy egy másodperc alatt egy teljes periódus fut le a váltakozó áram esetén.

Tudjuk, hogy az emberi hallás 16.000 Hz-ig terjed, de a hang nem elektromos rezgés, hanem a hordozó közeg nyomásváltozásának gyakoriságaként határozható meg.

A rádiótechnikában úgy 10.000 Hz környékétől szoktunk elektromágneses hullámokat generálni. Hogy miért nem kisebb frekvenciákról, később majd belátjuk.

A frekvencia mértékegysége a Hertz, használjuk még a kHz mértékegységet, amely 1000 Hz-et jelent, a MHz-et, amely 1.000.000 Hz-et jelent, a GHz-et, amely egy milliárd Hz-et, azaz 1000 MHz-et jelent, s így tovább.

A rádiófrekvenciák tehát valahol 10 kHz környékén kezdődnek. Az antenna által kisugárzott elektromágneses hullám a szabad térben fénysebességgel terjed, a hullám frekvenciája pedig megegyezik az őt generáló elektromos jel frekvenciájával.

Egy egyszerű képlettel meghatározható e hullámok hosszúsága méterben a fénysebesség és a hullám frekvenciájának ismeretében. Ez a képlet pedig így hangzik: a hullámhossz méterben egyenlő a 300 osztva a hullám frekvenciájával MHz-ben kifejezve. Ez egy nagyon fontos képlet az antennák szempontjából, ugyanis az antennákat a hullámhossz segítségével méretezzük.

A képlet matematikailag leírva a következő: $\lambda = 300/f$, ahol a λ a hullámhossz méterben, a 300 a fénysebességre utal, a frekvencia pedig MHz-ben van megadva.

Nézzünk egy példát: az 1 MHz-es frekvenciájú elektromos rezgés és elektromágneses hullám hullámhossza $300/1$, azaz pont 300 méter. A 10 MHz-esé 30 m, a 100 MHz-esé 3 méter, az 1000 MHz-esé vagyis az 1 GHz-esé 0,3 méter, azaz 30 cm lesz.

A hullámhossz tehát azt jelenti, hogy egy adott frekvencián egy teljes lefutású periódus hány méter utat tesz meg fénysebességű terjedés, azaz 300.000 km/másodperc sebesség esetén.

A hullámhossz tehát azért fontos jellemző, mert egy drótdarab tökéletes elektromos megpengetésével függ össze. Azaz bármilyen hosszú is a drótdarab, valamilyen hosszúságú elektromágneses hullám képes tökéletesen megpengetni.

Ezért, ha bármilyen drótdarabot is látok, rögtön az antennákra gondolok.

A következő részekben azt fogjuk vizsgálni, hogy milyen összefüggések tárhatók fel a drótdarab hossza és az elektromágneses hullám hossza között a tökéletes megpengetés szempontjából.

– *** –

A rezonáns antenna (A rádióamatőr – 77. rész)

Az előző részben az elektromágneses hullámokkal kapcsolatban nagyon fontos ismeretre tettünk szert. Kiszámoltuk egy megadott frekvenciájú elektromágneses hullám hullámhosszát, ami megfelel azon út méterben mért hosszúságának, amelyet a hullám egy teljes periódusa fénysebességgel terjedve megtesz. Ezt az utat hullámhossznak nevezzük, és úgy számolhatjuk ki méterben kifejezve, hogy a 300-at elosztjuk a frekvenciával, amely megahertzben van megadva.

A rádióhullámokat a kezdeti időkben hullámhossz szerint jellemezték, csak a későbbi időkben tértek át a frekvencia szerinti meghatározásra. Ma a frekvenciát használjuk a rádióhullámok mérésére és jellemzésére (a nagy pontossággal történő kifejezhetőség miatt), de a méter szerinti csoportosítás is megmaradt, amely az antennák szempontjából is előnyös. A hullámhossz szerinti felosztásra még visszatérünk.

Ha belegondolunk az elektromágneses hullám tulajdonságaiba, antenna kialakítás szempontjából két fő jellemzőt látunk a hullám természetét illetően. Az egyik a hullám polaritására, a másik a hullám polarizáltságára vonatkozik. – E jellemzőkkel a továbbiakban foglalkozunk.

Alcsoportként beszélhetünk még normál, csak mágneses hatású és csak elektromos hatású antennákról. Egyelőre a normál (elektromágneses) antennákkal foglalkozunk.

A hullám polaritása onnan ered, hogy egy periódus feléig a hullámot (azaz a félhullámot) az őt létrehozó pozitív polaritású szinuszos nagyfrekvenciás váltakozó feszültség gerjeszti, a második félhullámot pedig a negatív polaritású feszültség gerjeszti. Ennek következtében a hullámfolyamban így váltakoznak a polaritások. Ez azt jelenti, hogy a hullám mágneses és elektromos összetevői félperiódusonként ellenkező irányúak lesznek.

Ez pedig abból a szempontból fontos, hogy egy félperiódusnak megfelelő hosszúságú vezeték elegendő ahhoz, hogy tökéletes antennaként viselkedjen. Ugyanis ahogy a hullám változtatja a polaritását, ez a hatás pontosan leképeződik az antennában is, ha a hossza a hullámhossz fele. Értsük ezt úgy, hogy a hullám az első félperiódusban szinuszos lefolyású pozitív, a másodikban pedig szinuszos lefolyású negatív feszültséget indukál az antennában.

Ezzel leképeződik az elektromágneses hullám által hordozott információ, s ha ezt az antennában indukált kis feszültséget bevezetjük a rádiókészülékbe, szelektáljuk és tovább erősítjük, majd demoduláljuk, megkapjuk az eredeti rádióadást hang, kép, betű, stb. formájában a modulációs eljárástól függően.

A fentiek szerint tehát az antenna alapformájában akkor tökéletes, akkor adja a legnagyobb indukált feszültséget, ha fizikai hossza a hullámhossz felének felel meg. Ezt az antennát félhullámú dipólnak nevezzük. Az elektromágneses hullám hatására az elektronok az antennán belül ide-oda áramlanak, ez az elektronáramlás feszültséget jelent, amit az antenna kapcsairól vezetünk el.

A szabad térben elhelyezett félhullámú antenna tehát a hossza miatt nevezhető rezonánsnak, ugyanis egy szempontból úgy viselkedik, mint a rezgőkör rezonanciagörbéje. Ha növekszik vagy csökken az elektromágneses hullám frekvenciája, azaz a hullámhossza változik a drótdarab mérete által megszabott ideális hullámhosszhoz képest, az antennában indukált feszültség a rezonanciajelenséghez hasonlóan csökkenni fog. A legnagyobb feszültség tehát akkor indukálódik az antennában, ha a hossza pontosan a hullámhossz felének felel meg. Ugyanez vonatkozik az adásra használt félhullámú antennára; akkor a legnagyobb a le-sugárzott teljesítmény, ha az antenna hullámhossz-rezonáns.

A fentiek elméleti megfontolást tükröznek, a félhullámú antennák gyakorlatilag mindig kicsivel rövidebbek, mint a hullámhossz fele. Erre majd visszatérünk.

A rezonáns antenna azonban semmiképpen sem feleltethető meg a rezgőkörnek (induktivitás kapacitás), mert a rezonanciát a fizikai hossz megfelelése biztosítja. A rezonanciagörbéje azonban hasonló a rezgőkörhöz.

Az elektromágneses hullám másik jellemzője a polarizáció, amely attól függ, hogy a kisugárzó antenna a földdel párhuzamos (ezt horizontális polarizációnak nevezzük) vagy a földre merőleges elrendezésű (ezt vertikális polarizációnak nevezzük). Ellentétes polarizációjú antennák közvetlen fizikai rálátás esetén hullámtani szempontból jóformán nem látják egymást, ilyen esetben mindig azonos polarizációjú antennát kell alkalmazni.

A rövidhullámok esetében az antennapolarizáció a távolsági átvitelnél alig számít, ennek okairól szintén később fogunk értekezni. A következő részben maradunk a félhullámú antennák titkainak megismerésénél.

– *** –

A félhullámú antenna (A rádióamatőr – 78. rész)

Az előző részben megtárgyaltuk az elektromágneses hullámok és az azokat elektromos jellé alakító, vagy az elektromos jelet elektromágneses hullámként kisugárzó antennák összefüggéseit.

Legfontosabb megállapításunk az volt, hogy a hullámhossznak megfelelően méretezett antennát nevezünk rezonáns antennának.

Helyezzünk el egy félhullám-hosszúságú drótot a szabad térben, mindentől távol. Vizsgáljuk meg azt, hogy az adott hullámhosszon mit tapasztalunk az áram és a feszültségeloszlás szempontjából e drótdarab teljes hosszában szemlélve az összefüggéseket.

A drótdarab az adott hullámhosszon rezonáns, az elektromágneses hullám első félperiódusa mondjuk pozitív, a második félperiódusa negatív előjelű elektronnyomást okoz a drótdarabban. Azért mondjuk elektronnyomásnak a jelenséget, mert a drótdarab nem táplál fogyasztót, de a hullám hatására az elektronok hol az egyik végére, hol a másik végére igyekeznek tömörülni. Ez pedig azt jelenti, hogy a drótdarab végein feszültségmaximum alakul ki, ami a drótdarab fizikai közepére (azaz a negyedhullámú szakasznál) a feszültség minimumra csökken. Itt kell megjegyezni, hogy mivel ebben a drótdarabban áram alakul ki, ez a drótdarab az általa felvett teljesítmény felét adóantennaként elektromágneses hullámként kisugározza.

A fentiekből következik az is, hogy a drót fizikai közepén árammaximum alakul ki, amely a végein minimumra csökken. Ezzel meg is határoztuk a félhullámú drótdarab végeire és közepére a feszültség és az árameloszlást (a végein feszültségmaximum, a közepén árammaximum van). Közbenő helyen a fizikai végek és a közép között átmeneti állapot alakul ki, vegyük úgy, hogy az áram és a feszültségeloszlás a szinuszcörbe szerint megy végbe a fél hullámhosszúságon.

Vágjuk középen ketté a drótot is innen vezessük le a jelet egy rádióba. Ez már áramkör, hiszen az elektronok elindulnak az egyik levezető vezetéken át a rádióba, majd onnan a másik levezető vezetéken keresztül visszajutnak az antennába. A vevőbe bejutó és az onnan kilépő elektronok feszültség/áramváltozást jelentenek, amelyet a vevőben erősítünk, demodulálunk és hangjellé alakítunk.

Ezt a típusú antennát dipólnak nevezük. Ha a dipólt szabad térbe, mindentől távol képzeljük el, akkor a végein az elméleti impedancia 1 kohm, közepén pedig, ahonnan a hasznos jelet levezetjük, elméleti 73 ohm lesz. Ez onnan adódik, hogy a végeken feszültségmaximum és áramminimum van, középen pedig fordított a helyzet. Az impedancia pedig az U/I -vel egyenlő és szinuszosan oszlik el.

Ha ugyanez a dipól a föld közelébe kerül telepítésre (márpedig a legtöbb esetben csak úgy tudjuk telepíteni) a végen az impedancia több kohm-ra növekszik, középen pedig 50 ohm körül alakul ki az impedancia. Ebből következik, hogy olyan

levezetést kell alkalmazni, amely 50 ohm körüli impedanciát biztosít (erre a célra szolgál a koaxiális kábel, amelyet részletesen a tápvonalaknál tárgyalunk majd).

A vevő akkor illeszkedik legjobban az antennához, ha szintén 50 ohmos impedanciájú a bemenete.

Ugyanez az antenna adás céljára is alkalmazható. Az 50 ohmos adókimeneti impedanciát 50 ohmos koaxiális kábelrel csatlakoztatjuk a dipólra, amely az itt bevezetett nagyfrekvenciás energiát elektromágneses hullámmá alakítja és ki-sugározza az éterbe. Egy jól méretezett dipól a kapcsaira bevezetett energia 98%-át lesugározza.

A dipól antenna lényegében a tér minden irányába sugároz, ezért körsugárzó antennának nevezzük. Persze nem ennyire egyszerű a helyzet, erről majd később szót ejtünk.

A következő részben folytatjuk a dipólantenna tulajdonságainak elemzését.

– *** –

Félhullámú antenna méretezése (A rádióamatőr – 79. rész)

Az előző részben megismertedtünk a félhullám hosszúságú dipól antennával. Ez az antenna egyaránt alkalmas adásra és vételre – egy adott hullámhosszon és annak szűk környezetében. Azt is tudjuk már, hogy az antenna fizikai hossza valamivel rövidebb, mint a hullámhossz alapján számított elméleti hossz.

Ennek oka az, hogy az elektromágneses hullám terjedési sebessége vákuumban megegyezik a fénysebességgel, ugyanakkor a terjedési sebesség elektromos vezetőben valamivel kisebb lesz a fénysebességnél. Emiatt az antenna számított elméleti hosszát úgynevezett rövidítési tényezővel csökkenteni kell.

A rövidítési tényező az antennavezeték átmérőjétől függ. Minél kisebb a vezeték átmérője, annál inkább közelít a rövidítési tényező az egyhez, minél vastagabb az átmérő, annál kisebb lesz a rövidítési tényező egynél. Egy átlagos dipól antenna rövidítési tényezőjét 0,95-nek vehetjük.

Az elmondottak alapján egy átlagos dipól antenna valós fizikai hosszát a következőképpen számíthatjuk ki:

Dipól hossz méterben egyenlő a 300 osztva az üzemi frekvencia megahertzben megadva és szorozva a rövidítési tényezővel, majd az eredményt osztani kell két-tel. A 300 a fénysebességet jelenti.

Méretezzünk egy dipól antennát a 40 m-es amatőrsávra. A sávközép frekvenciája 7100 kHz, azaz 7,1 MHz, a rövidítési tényező legyen 0,95.

A dipól "l" hossz méterben egyelő 300/7,1 szorozva 0,95-el és az eredmény osztva kettővel. Elvégezve a számítást 20 méter és 7 cm lesz a 40 méteres amatőrsávon sávközepére méretezett dipól antenna valós fizikai hossza.

Mivel arról is szó volt már, hogy az antenna sáv szélessége a rezonanciagörcbéhez hasonlóan alakul, a sáv széleken, tehát 7 MHz-en a sáv elején és 7,2 MHz-en azaz a sáv végén az antenna már kisebb hatásfokkal működik. A 7 MHz-es sáv esetén ez nem okoz gondot, a 40 méteres amatőrsáv viszonylag kis sáv szélessége miatt.

Más a helyzet a 80 méteres sávban, ahol 3,5 és 3,8 MHz között engedélyezett az amatőr tevékenység. Ha sávközépre méretezzük az antennát a sáv eleji távíró DX szegmensben és a sáv végén lévő SSB DX szegmensben az antenna már érezhetően kisebb hatásfokú lesz a sávközéphez képest. Ezért a 80 méter esetében döntenünk célszerű arról, hogy mi a kedvenc rádiózási szokásunk, a távíró DX munka, az SSB DX munka vagy a hazai SSB összeköttetések létesítése. Az utóbbi esetben megfelel a sávközépre történő méretezés, míg az első két esetben a sáv elejére, illetve a sáv végére kell méretezni az antennát.

A nagyobb frekvenciákon, azaz a kisebb hullámhosszakon (úgy mint 30, 20, 17, 15, 12 és 10 méteren) már nem igazán okoz gondot a dipól sáv szélessége, nem beszélve a 10 méternél kisebb hullámhosszokról, bár az amatőrsávok szélessége esetleg ilyen esetekben is méretezési megfontolások tárgyát képezheti. Ugyanis mindig az ideális állapot megközelítésére, illetve elérésére törekszik a rádióamatőr.

Felmerül a kérdés, hogy mitől függ a dipól antenna sáv szélessége. Minden esetben az antennavezeték vastagsága, azaz a fizikai átmérője vagy az elektromos átmérője határozza meg az antenna sáv szélességét. Minél kisebb a vezeték átmérője, annál kisebb a dipól antenna sáv szélessége. Példaként említsük meg, hogy igen kis átmérőjű (néhányszor tizedmilliméteres) huzallal megépített dipól a 80 méteren néhányszor tíz kHz sáv szélességű.

Ilyen antenna nem is öntartó, mert a néhányszor tizedmilliméteres vezeték képtelen megtartani saját súlyát, kibírni a szélnyomást és a deresedést.

Az elektromos átmérőt úgy kell elképzelni, hogy rövidhullámon egy elméleti henger palástján elhelyezett több párhuzamosan kapcsolt huzallal építjük meg a dipólt. Így az elektromos átmérő többször tíz centiméter is lehet. Ez az úgynevezett vastag dipól vagy a varsa antenna, amely esetleg több MHz-es sáv szélességet is biztosít.

Alapvető szabály, hogy minél vékonyabb átmérőjű (azaz karcsúbb) a dipól, a rövidítési tényező annál jobban közelít az egyhez. A vastag dipóloknál az átmérőtől függően akár 0,7 – 0,5 is lehet a rövidítési tényező.

A következő részben folytatjuk a dipól antenna tulajdonságainak megismerését.

– *** –

A félhullámú antenna táplálása (A rádióamatőr – 80. rész)

Az előző részekben megismerkedtünk a dipól antenna főbb tulajdonságaival. Megállapítottuk, hogy az antenna akkor rezonáns, ha a hosszúsága megegyezik a rádióhullám hosszának felével, fizikai, azaz a megvalósítandó hossza pedig a rövidítési tényezővel megszorozva biztosítja a rezonanciát.

Az antenna a sáv szélességét tekintve hasonlóan viselkedik a rezgőkör rezonancia-görbéjéhez. A sáv szélesség függ a dipól karcsúságától, ami alatt a hossz és az antennavezeték elektromos átmérőjének viszonyát értjük, azaz minél vastagabb az elektromos átmérő, annál nagyobb a sáv szélesség. Az elektromos átmérőtől függ az antenna rövidítési tényezője is.

A dipólantenna táplálása, azaz az adókészülékből történő energiaátadás egyszerűen megoldható. Mint már szó volt róla, az antenna közepén árammaximum van, ahol a talpponti impedancia a legkisebb. Az elméleti (a teljesen szabad térben elhelyezett) dipóloknál a talpponti impedancia 73 ohm, a gyakorlatban megvalósítható antennáé ennél kisebb, azaz közel 50 ohm körül alakul.

A korszerű adóvevő készülék kimenete fix 50 ohm minden sávon, tehát a dipól antenna közvetlenül, hangoló nélkül csatlakoztatható az adókészülékhez. Ehhez az 50 ohmos koaxkábel, mint tápvezeték alkalmazhatjuk.

A koaxos tápvezeték esetén a dipólt a közepén el kell vágni és a két negyedhullámú tagot egymástól el kell szigetelni. Ide, a szigetelésnél az egyik negyedhullámú tagra csatlakoztatható a koaxkábel belső ere, a másik oldalra csatlakoztatható a koax külső árnyékoló harisnyája. Természetesen a csatlakoztatás alatt forrasztást értünk, a táplálást pedig technikailag úgy kell megoldani, hogy az időjárásálló és a mechanikai terheléseket tűrő legyen.

A koaxkábellel táplált dipólantenna tehát két egymástól elszigetelt negyedhullámú tagból áll. Ebből következik, hogy a dipól szimmetrikus antenna, amelyet koaxszal nem szimmetrikus módon táplálunk meg. Ugyanis a koax kábel külső árnyékolóharisnyája sűrű szövésű rézszövet, maga a tápkábel pedig elvileg tetszőleges hosszúságú lehet. Természetesen törekedni kell arra, hogy az adóvevőt és az antennát minél rövidebb tápkábellel kössük össze.

Felmerül a kérdés, hogy vajon hatással van-e az antennára ez a megoldás. Megváltoztatja-e az antenna hullámhosszát az, hogy az egyik táplálási pontra egy tetszőleges hosszúságú vezetőt (a koax árnyékoló harisnyáját) kötjük?

A válasz az, hogy elvileg nem követünk el hibát, a rezonanciát nem befolyásolja ezen aszimmetrikus táplálási megoldás. Valójában azonban nem ideális megoldás a táplálás ezen módja. Ennek több oka van, így azt a megoldást szokták alkalmazni, hogy az antenna talppontjában elhelyeznek egy úgynevezett szimmetrizáló transzformátort, amely az aszimmetrikus 50 ohmos impedanciát szimmetrikus 50 ohmos impedanciává transzformálja, s ezen keresztül már szimmetrikusan táplálják meg a dipólt.

A dipólt más módon is meg lehet táplálni. Ilyen esetben az antennát nem a talppontban tápláljuk meg, így el sem kell vágni az antennavezetékét. Pl. 300 ohmos tápvonal esetén (neve macskalétra és szimmetrikus), a dipól elméleti középpontját alapul véve, attól bizonyos, előre kiszámított távolságban csatlakoztatjuk a tápvezetéseket. E két pont pontosan 300 ohm impedanciájú terhelést biztosít, így a teljesítménycsatlakozás ideálisan, eleve szimmetrikusan biztosítható. Ezt a megoldást delta illesztésnek nevezzük.

Ismeretes az úgynevezett végtáplálási (feszültségtáplálási) megoldás is. Ilyenkor a koaxkábel egy toroid magra tekercseljük, amelynél e tekercsnek az üzemi frekvencián legalább 5000 ohmos impedanciájúnak kell lennie.

Az első negyedhullámú antennatag maga a koaxkábel lesz a tekercs után, itt elvágjuk a kábelt és a belső érre csatlakoztatjuk a másik negyedhullámú antennatagot.

Az itt ismertetett két utóbbi megoldást ritkábban alkalmazzák, az illesztő-transzformátorokkal pedig később majd részletesen foglalkozunk.

A következő részben folytatjuk az ismerkedést a dipól antennával.

– *** –

A dipól antenna jellemzői (A rádióamatőr – 81. rész)

Az előző részekben mélyebben foglalkoztunk a dipól antennával. Azonban maradtak még bizonyos témakörök, amelyek megtárgyalását most folytatjuk.

A dipól antennára az mondjuk, hogy elvileg körsugárzó antenna. Ez azonban nem teljesen igaz. A fő sugárzási irány az antennahuzal kifizítési irányára merőleges, minél inkább közelítünk a huzal feszítési irányához, annál kisebb térerőt mérhetünk. Az irány sugárzási karakterisztikát úgy kell értelmezni, hogy az antenna körüli síkban megmérjük térerősséget és megkeressük az azonos térerősségű pontokat és ezek koordinátáit rögzítjük. Ekkor kirajzolódik, hogy melyik vagy melyek az antenna fő sugárzási irányai (azaz a legtávolabbi csúcspont vagy csúcspontok). Ha az antennát körülvevő térben függőlegesen is elvégezzük a méréseket, megkapjuk a kilövési irányokat (mert rövidhullámnál nem mindegy, hogy az égbe sugározzuk a jelet, vagy alig valamivel a horizont fölé, hogy az ionoszféra minél távolabb verje azt vissza).

A dipól antenna esetében ez a jelleggörbe a síkban két kör lesz, a legnagyobb térerő a huzalkifeszítési irányára merőlegesen tapasztalható mindkét oldalon. Ebből következik, hogy a dipól antenna nem igazán nevezhető körsugárzó antennának, de nem is kimondottan irány sugárzó, mert nincs egyetlen kitértetett fő iránya. Ritkán, de előfordul, hogy a dipól antennát forgatják a legideálisabb adási/vételi irány megkeresése érdekében.

Megállapíthatjuk azt is, hogy a kisugárzott elektromágneses hullám polaritása horizontális, azaz a földdel párhuzamos. Két egymást látó pont közötti fix rádió összeköttetés szempontjából akkor ideális a dipólok elhelyezése, ha mindkettőt horizontálisan vagy a földre merőlegesen, azaz vertikálisan helyezik el. Ellenkező esetben jelentős térerőcsökkenés tapasztalható. Rövidhullámú szempontból a horizonton túli összeköttetéseknél lényegében közömbös a két dipólantenna elhelyezési pozíciója, ugyanis az ionoszféráról történő visszaverődés során a hullám polarizációja véletlenszerűen változik. Erről majd később értekezünk.

A dipól félhullám hosszúságú, rezonáns, azaz egy frekvencián és annak szűk környezetében használható antenna. Ideális esetben a megtápláló nagyfrekvenciás teljesítmény 98 százalékát sugározza ki elektromágneses hullám energiaként.

A dipól rezonáns antenna marad akkor is, ha egész hullámú méretben építjük meg. Az egész hullámú dipól már jobb irány sugárzó tulajdonsággal rendelkezik, de egy nagy problémával találjuk magunkat szembe. Ez pedig a következő:

Azt mondtuk, hogy a félhullámú dipól végein feszültségmaximum és áramminimum van. Ebből következik, hogy két félhullám hosszúságú huzalból megépített (azaz az egész hullámú) dipól antenna esetében a középpontjában lévő táplálási pontban feszültségmaximum és áramminimum lesz, ez pedig igen nagy impedanciás táplálást igényel, amely a megszokott és a gyakorlatban használható tápvonalakkal nem oldható meg. A talpponti impedancia több ezer ohm lehet, amely ráadásul állandóan változik az időjárási hatások miatt (szél, hőmérsékleti huzaltágulás, azaz megnyúlás, összehúzódás, nedvesség, zúzomra, stb.).

A félhullámú dipólt megépíthetjük hurokantennaként, amelynek neve hurokdipól. Ez azt jelenti, hogy a közepén megtáplált dipóltól bizonyos kis távolságban párhuzamosan kifeszítjük a félhullámú huzalt, amelynek végeit a dipól végeihez kötjük. A hurokdipólban az antennaáram mindkét vezetékben párhuzamosan halad, talpponti impedanciája pedig négyszerese a normál dipólnak, elméletileg 300 ohm körül alakul. Gyakorlatilag a környezeti hatások miatt 200-240 ohmmal számolhatunk és ez az antenna szintén szimmetrikus táplálást igényel.

A legegyszerűbben kivitelezhető hurokdipól változat az úgynevezett TV-kábelből (párhuzamos erű, műanyag szigetelésű szalagkábel) építhető meg. Ebben az esetben a tápvonal és az antenna is azonos kábelből készül. Sajnos a TV-kábel már nem kapható vagy nagyon drága, ugyanis a TV antennák tápkábeleként manapság már 75 ohmos koaxkábelt alkalmaznak.

A hurokdipól kevésbé érzékeny a környezetből származó zavarokra, sőt meg nem erősített források szerint 1 decibel nyereséggel is rendelkezik. Ha ez a nyereség

igaz, akkor azt jelentené, hogy 10 W bevezetett teljesítménynél 12,7 wattnyi teljesítménynek megfelelő elektromágneses hullámteljesítményt sugároz ki az antenna. A TV-kábelből készült dipól könnyen hordozható, telepíthető kitelepülő antenna lehet.

A következő részben a vertikális negyedhullámú antennákkal kezdünk foglalkozni.

– *** –

A negyedhullámú antenna (A rádióamatőr – 82. rész)

Az előző részekben már szó esett arról, hogy a dipól antennát szerelhetjük a talajjal párhuzamosan (horizontálisan) – persze minél nagyobb magasságba a tereptárgyakhoz viszonyítva. De szerelhetjük függőlegesen is a talajra (vertikálisan), itt is tanácsos a dipól alsó végét minél magasabban elhelyezni a tereptárgyaktól mérten.

A klasszikus, talajszintre elhelyezhető antenna, az úgynevezett vertikális rezonáns alapantenna hossza negyedhullámú. Azonban a másik negyedhullámú hosszú szakasz hiányzik ahhoz, hogy az antenna fizikai méretében a kívánt hullámhosszon valóban rezonáns legyen. Ehhez az szükséges, hogy a hiányzó negyedhullámú szakaszt a talajban tükrözzük. Mivel a talaj vezetőképessége (ellenállása) kiszámíthatatlan, a talaj fölé vagy a talajban kis mélységben vezetőket kell elhelyezni, még hozzá egymást keresztező, a középpontban találkozó félhullám hosszúságú vezetőket. Ebből következik, hogy ezek a vezetők az antenna telepítési középpontjától számítva negyedhullámú horizontális távolságig tartanak. Általában négy ilyen egymással derékszöget bezáró, vízszintes negyedhullámú vezető kielégíti az antennával szemben támasztott hatásfok követelményeket. Több ilyen, különböző irányú negyedhullámú vezető elhelyezése a hatásfokot már alig, de azért valamilyen kis mértékben javítja. Ezeket a vezetőket ellensúlynak nevezzük.

Ezt a típusú antennát ground-plane antennának nevezzük. Az adóvégfok földjét a sugárzó vertikális tag alatt az ellensúlyok keresztező pontjára, a teljesítménykimenetet a függőleges szakasz talpszigetelővel elválasztott alsó pontjára vezetjük. Az antenna talpponti ellenállása elméletileg a klasszikus dipól felének, azaz 36,5 ohmnak felel meg. Ez az érték azt mutatja, hogy a ground-plane antennát a talppontban illeszteni kell az adó 50 ohmos kimenete és a tápkábel 50 ohmos impedanciája miatt.

Az antenna vertikális részén a talppontnál feszültségminimum, azaz árammaximum van, míg a felső végén pont ellentétes a helyzet. Ahhoz, hogy az 50 ohmos adókimenethez tápkábelhez illeszteni tudjuk az antennát, ezért nem közvetlenül a talpponton tápláljuk, hanem kicsit magasabban, amely pontot magasságát számítással és/vagy kísérletezéssel tudjuk megkeresni. Ennek az illesz-

tési eljárásnak az elve hasonló a dipólnál ismertetett delta illesztéshez, bár ez esetben az állíthatóság biztosítása miatt az illesztőtag nem delta formájú lesz.

A jól kivitelezett ground-plane antenna főbb jellemzőiben azonos a dipóllal, viszont tökéletes körsugárzó és a kisugárzott hullám vertikális polarizációjú. E polarizáció abból a szempontból előnyös, hogy a hullám kezdetben a talajjal párhuzamosan halad, majd a föld görbülete miatt rövidhullámon az antennától a lehető legtávolabb éri el az ionoszférát, azaz az első visszaverő réteget. Így a visszaverődő hullám sokkal nagyobb távolsági ugrásra képes a dipólhoz viszonyítva.

A negyedhullámú vertikális antenna, a ground-plane emiatt kiváló antenna a rövidhullámú, nagy távolságú (dx) rádióforgalomra. Telepítési környezetében nem lehet terepakadály, annak érdekében, hogy ne szenvedjen csillapítást, vagy elnyelést a kisugárzott rádióhullám. Fizikai méretéből adódóan ez az antenna a rövidebb hullámhosszak esetén akár háztetőkre vagy más tartókra is szerelhető, de az ellensúlyokat mindenféleképpen biztosítani kell.

Ultrarövidhullám és az annál kisebb hullámhosszak esetében az antennát a tereptárgyaktól való kiemelés céljából akár árbocra is szerelhetjük az ellensúlyokkal együtt. A mechanikailag kis méretek miatt az antenna öntartóan kivitelezhető. Ezekben a hullámhosszakon a másik rádióknak (az ellenállomásnak) is vertikális polarizációjú antenna szükséges, mert az URH és az annál rövidebb hullámhosszak esetében közvetlen rálátás szükséges a rádiókapcsolathoz, így az ionoszférás visszaverődés hiánya miatt a kisugárzott hullám polaritása nem változik meg.

Ilyen hullámhosszakon az antenna kiválóan alkalmas járművekre szerelt mobil-antennának. A sugárzó mérete kicsi (a hullámhossz negyede), az ellensúlyt pedig a jármű fémkarosszériája biztosítja.

A tereptárgyakkal tűzdelt környezetben mozgó mobil rendszereknél fennáll a hullámreflexió esélye, ami azt jelenti, hogy a tereptárgyak a kisugárzott hullámot visszaverik, azaz megtörik, ami polaritásváltozással jár. Emiatt kialakulhat olyan helyzet, hogy a vevőoldalon a vett jel erőssége folyamatosan változik, akár pillanatokra el is tűnhet. Ezt a jelenséget mobileffektusnak nevezzük.

Meg kell említeni még azt is, hogy a vertikális negyedhullámú antenna hurok-antennaként is kivitelezhető, ez esetben a talpponti ellenállás négyszerese lesz a ground-plane antennának, elméletileg 145 ohm, gyakorlatilag 110-120 ohm körüli értékre számíthatunk.

A következő részben folytatjuk az antennákkal kapcsolatos eszmefuttatásunkat.

– *** –

Nem rezonáns antenna (A rádióamatőr – 83. rész)

Az előző részekben megismerkedtünk a rádiózásban használatos két rezonáns antenna típussal, a félhullámú dipóantennával és negyedhullámú vertikális – más néven a ground plane antennával.

Amikor ezt az előadássorozatot elkezdtük majd hét évvel ezelőtt, említésre került, hogy a szerző kedvence az a drótdarab, ami akár a porban hever, akár kifeszített szárítókötélként szolgál; a szerzőnek egy dolog jut eszébe róla; a rádióantenna.

Valóban, bármely drótdarab funkcionálhat antennaként, csak feleljen meg a kívánt hullámhossznak megfelelő méretnek és kellő magasságban és környezetben legyen elhelyezve ahhoz, hogy az elektromágneses hullámok hatására a legnagyobb feszültség indukálódjon benne, amit a rádiónk tovább erősít.

És igen. Egy nem méretezett, a kívánt hullámhosszal semmilyen összefüggést nem mutató drótdarabot is lehet antennaként használni. Még a hosszúsága sem befolyásolja funkcióját mint antenna. Ugyanis az elektromágneses hullámot mindenféleképpen elektromos feszültséggé alakítja. De azért itt álljunk meg egy pillanatra.

A hosszúság az antenna hatásfokát meghatározó tényező; az előző előadásokból már ismerjük e ténytet. A rezonáns antenna eddigi ismereteink szerint fél- vagy negyedhullám hosszú (vagy annak többszöröse), ugyanis ekkor teljesül az a feltétel, hogy az adott hullámhosszú elektromágneses hullámot a legjobb hatásfokkal alakítja elektromos feszültséggé, az adóból belé vezetett elektromos teljesítményt pedig a legjobb hatásfokkal alakítja át elektromágneses hullámmá.

A rövid antennák annál rosszabb hatásfokúak, minél rövidebbek a kívánt hullámhosszhoz képest, a hosszú antennák hatásfokát pedig az rontja le, hogy az antenna hossza mennyivel haladja meg a félhullámú szakaszt vagy annak többszöröseit.

Amennyiben rövidhullámra kifeszítünk egy tetszőleges hosszúságú drótdarabot, amelynek mérete mondjuk, legyen 15 méter (mert ennyi helyünk van az antenna-építésre), azt tapasztaljuk, hogy az antennát ugyan a teljes rövidhullámú tartományban használni tudjuk, de minél hosszabb a hullámhossz, annál gyengébb az antenna, a rövidebb hullámhosszak esetén pedig az antenna bizonyos hullámhosszakon jól működik, bizonyos hullámhosszakon pedig nem.

Ezt a fajta, nem méretezett antennát hosszú drótnak nevezzük, angolul longwire a neve, rádióamatőr rövidítése pedig lw.

A példának vett 15 méter hosszú antenna a méreteiből adódóan a 30 m-es hullámhosszon fél lambda hosszú rezonáns, csakúgy mint a 15 m-es hullámhosszon, ahol egész lambda hosszúságú. A lambda a hullámhosszat jelenti méterben kifejezve. A többi hullámhosszon csak kompromisszumokkal használható – például némi teljesítményt még 160 és 80 m-en is lesugároz, de igen rossz hatásfokkal.

Amennyiben ragaszkodunk a soksávós üzemhez és csak 15 méter hosszban tudunk antennát kifeszíteni – meg kell alkudnunk azzal, hogy csak ez a lehetőség adott. A rádióamatőr a műszaki megoldásaiban a legjobbra törekszik, az adott körülmények között azonban bele kell nyugodni a rendelkezésünkre álló lehetőségbe. Még mindig jobb megoldás számunkra, hogy van antennák és ott lehetünk a hullámsávokban, mintha nem lenne antennánk, s emiatt nem tudnánk bekapcsolódni az amatőr rádióforgalomba.

Ilyen esetekben némi vigaszt nyújt, hogy a rövidhullámok nem is ritkán kiemelkedő terjedést mutatnak, ami kompenzálja a műszakilag nem tökéletes megoldásokból fakadó hátrányokat. Igazi élményt nyújt, hogy tökéletlen antennánkkal mégis be tudjuk rádiózni a világot.

Felmerül azonban egy igen fontos kérdés; hogyan tápláljuk meg és illesszük le a longwire antennát a rádióberendezésünkhöz.

A következő részben megpróbálkozunk megoldást keresni e fontos kérdésre is.

– *** –

Nem rezonáns antenna táplálása (A rádióamatőr – 84. rész)

Az előző részben vizsgálni kezdtük a hosszú drót – azaz a longwire – antennát. Megállapítottuk, hogy bármilyen hosszúságú drótdarab működhetsz antennaként, viszont az antennahatásfok függvénye a hullámhossz és az antennahosszúság viszonyának. Elméleti szempontból a legjobb hatásfokot akkor érjük el, ha az antenna rezonáns.

A véletlenszerűen hosszú drót antennáknál azonban zűrzavaros állapotokkal találjuk magunkat szembe. Ugyanis ezeknek az antennáknak nem méretezett a hossza, továbbá a táplálásuk – ellentétben a dipóllal és groundplane-nel nem meghatározott impedanciájú zárt tápvonallal, hanem szintén véletlenszerű hosszúságú dróttal történik. Ez a tápláló huzal nyitott tápvonalnak számít, tehát maga is antennaként viselkedik.

A hosszú drót antenna alakilag lehet középen táplált (ez az úgynevezett „T” antenna), lehet végén táplált (ez az úgynevezett „nem rezonáns fordított L” antenna), illetve a teljes hossz mentén bármelyik pontban táplálható az antenna, beleértve a végtáplálást is (azaz közvetlen csatlakoztatást az adóhoz).

Ezek az antennák alkalmasak általános vevőantennának. A korai műsorvevő készülékek (főleg a detektoros rádiók, majd a kis érzékenységű csöves rádiók) korszakában kiválóan tették dolgukat. A rádióműsorszórás jellemzője a hosszú, a közép és rövidhullámokon az, hogy nagyon nagy teljesítményű rádióadók sugározzák a műsort, hogy a vevőoldalon kisméretű, nem rezonáns antennákkal is kiélegítő vételt lehessen elérni.

Rádióamatőr viszonylatban kicsi teljesítményű rádióadások vételéhez méretezett rezonáns antennák dukálnak azért, hogy a kis térerejű, távoli adóállomásokat is kielégítően lehessen venni, illetve forgalmazni velük. A másik fontos dolog, hogy az antennát megfelelő tápvonallal csatoljuk a készülékhez, még hozzá zárt rendszerűvel, amely nem viselkedhet antennaként.

Amikor rákényszerülünk arra, hogy egyhuzalos táplálású, véletlenszerű hosszúságú antennával vegyünk részt a rádióamatőr forgalomban, számos problémával kell szembesülni. Ezek a következők: az antenna nem rezonáns – tehát rossz a hatásfoka, a tápvonal sugároz, az adókészülékhez csatlakoztatva az antennát le kell hangolni annak érdekében, hogy az adó kimeneti impedanciájához illesszük az antenna ismeretlen impedanciáját, vagyis így tudjuk az adó teljesítményét kicsatolni az antennára.

Az illesztést antennahangolóval tudjuk megoldani, amely sokszávos üzem esetén változtatható kondenzátorokat és induktivitásokat tartalmaz. Fontos, hogy az adó a lehangolt antenna esetében úgy lássa, hogy a teljes teljesítményt átadta az antennának, így az adót nem melegíti a bent maradt, ki nem csatolt teljesítmény. Ezzel a megoldással elértük azt, hogy a teljesítmény kikerül az antennára, de hogy ebből a teljesítményből milyen hatásfokkal lesz kisugárzott elektromágneses hullámenergia, már igencsak bonyolult kérdés.

Előfordulhat olyan eset, hogy a véletlenszerűen hosszú huzalantennának nincs levezető szakasza, tehát a végét közvetlenül az adóra – antennahangolóra kötjük. Ilyenkor kerülni kell azt, hogy az antenna hossza megegyezzen a használni kívánt hullámsávok hullámhosszának felével vagy azok többszörösével. Ugyanis a félhullám hosszúságú vagy annak egész számú többszörös hosszával rendelkező drót végein túl nagy az impedancia, emiatt leillesztése az adó kimeneti impedanciájához kritikussá válik.

Az előző részben említett 15 méteres drótdarab vége tehát leilleszthetetlen lesz a 30 méteres (mert itt fél lambda hosszú) és a 15 méteres (mert itt egész lambda hosszú) hullámhossznál.

A véletlenszerűen hosszú, egyhuzalos táplálású longwire antennák hátrányai a következők:

- antennaillesztőt kell alkalmazni,
- a tápláló drót a hangoló csatlakozás pontjától kezdve maga is antenna és az adó közvetlen közelében is sugároz, ami nagyobb teljesítmények esetében megzavarja az adó elektronikáját,
- továbbá a fenti ok miatt zavart okoz a környezetben
- és maga az antenna ismeretlen hatásfokkal sugározza le a bevezetett teljesítményt.

Ezért az egyhuzalos táplálású hosszú drót antennákat kompromisszumként, kis teljesítmények esetén (néhányszor tíz wattig) használhatjuk, lehetőleg olyan környezetben, ahol nem okozunk saját és környezeti zavart a rádióadásunkkal.

A következő részben tovább ismerkedünk az antennákkal.

- *** -

A fordított „L” antenna és táplálása (A rádióamatőr – 85. rész)

Az előző részben szóba került a nem rezonáns fordított „L” antenna. Ez alkalommal szemügyre vesszük a rezonáns fordított, azaz az invertált L antennát. Ahhoz, hogy megértsük a működését, vissza kell térnünk a negyed-, illetve félhullámú függőleges antennákhoz, mint kiindulási ponthoz.

A rezonáns inverted L antenna bizonyos mértékig helytakarékos megoldás lehet egy adott környezetben, főleg a hosszabb hullámhosszúságú amatőrsávok tekintetében.

A 160 méteres amatőrsávban szeretnénk dolgozni. Az ehhez szükséges antenna méretei a következőképpen alakulnak. A félhullám hosszúságú dipól hossza 80 méterre adódna, amelyet minél magasabban kellene kifeszíteni, mondjuk két 10 emeletes épület között. Sajnos kevés amatőrnek áll rendelkezésre ilyen kiváló lehetőség, nem beszélve arról, hogy a közepén levezető koax tápvonal jelentős súllyal terhelné az antennát, ami az egész antennarendszerre vonatkozóan már komoly mechanikai terhelést jelentene és az annak megfelelő tartószerkezeti megoldás kivitelezését kívánná meg az antenna megépítése.

Ha negyedhullámú vertikális antennában gondolkodunk, akkor az antenna csúcsa 40 méter magasságban lenne, az ellensúlyok pedig 40 méter hosszban terülnének szét a földön. Ennél a megoldásnál is látszik, hogy az átlagos amatőr számára megvalósíthatatlan méretek és mechanikai követelmények vannak.

Kompromisszumként adódik a lehetőség, hogy egy negyedhullámú vertikális antennából egy fordított L alakú antennát alakítsunk ki úgy, hogy egy bizonyos magasságig függőleges az antenna, a maradék rész pedig vízszintesen fut tovább. Mondjuk a 160 méteres sáv esetében 20 méter magasságig tart a függőleges szakasz, 20 méter lesz a vízszintes szakasz. Az antenna alatt viszont továbbra is ott vannak a 40 méter hosszú ellensúlyok. Ez a megoldás barátságosabbnak tűnik, mint a 40 méteres függőleges szakasz, nem beszélve arról, hogy a 80 méteres hullámsávra méretezve az L szárai már csak 10/10 méterre adódnak, ha félbetört antennát építünk.

A fordított L antenna esetében arra kell törekedni, hogy a függőleges szakasz minél hosszabb legyen. Sajnálatos módon ezen antennák méretezése az adott építési lehetőségek függvényében mindig kompromisszumra kényszeríti az amatőrt, de legalább valamennyire jól működő antenna lehet a végeredmény.

A fordított L antenna speciális esete az, amikor félhullám hosszúságú fordított L antenna kiépítésére nyílik lehetőség. Ez már többsávós antenna, hiszen a tervezett legalacsonyabb hullámhossz felén, harmadán, negyedén, ötödén is rezonáns az antenna, és így tovább.

Az antenna illesztésére kipróbált műszaki megoldások léteznek, ezek részletes ismertetésére e fejezeten belül nincs mód. El kell mondani, hogy az antenna-elmélet egy külön tudományágat képvisel, amelyben az elmélyülés hasznos ismereteket és megoldásokat eredményez. Vannak olyan amatőrök, akik csak az antennák elméletével és antennakonstrukciók kitalálásával foglalkoznak. A fejlesztés-

tések eredménye részben az éterbeli munkával igazolható (ez alól kivétel a rövidhullám) részben, de inkább valójában a kifinomult és bonyolult antennamérések igazolják egy antenna tulajdonságait. A mérésekhez fejlett műszerpark szükséges, hiszen az antennák tulajdonságai nagy mértékben függenek attól, hogy milyen valós környezetben kerülnek telepítésre. Az elméleti méretezés során figyelembe lehet venni bizonyos környezeti hatásokat, azonban egy megépített antenna esetében a valós környezet szabja meg az antenna tulajdonságait.

A rövidhullámú terjedés változékonysága miatt a rövidhullámon két állomás közötti antennakísérletek csak relatív összehasonlításra nyújtanak lehetőséget. Ugyanis lehet, hogy egy adott pillanatban az ellenállomás antennája által kisugárzott jelet éppen jól vesszük, a következő pillanatban a terjedés változása miatt ez a jel akár el is veszhet a zajban. Vagy még nagyobb lesz, mint előzőleg volt. Emiatt kell az antennákat meghatározott módszerek szerint, fejlett műszerezettséggel mérni. Sajnos ilyesmire az átlagos amatőrnek nincs módja, de bátran alapozhat a szakirodalomra és ma már az internetre, ahol bőven talál forrásokat a különböző bevált megoldásokra.

A fordított (inverted) L antennákkal kapcsolatosan is számos leírás, konstrukció és beszámoló lelhető fel, manapság főleg az interneten.

A következő részben folytatjuk az antennák ismertetését.

– *** –

A Zeppelin antenna és táplálása (A rádióamatőr – 86. rész)

A félhullámú (rezonáns) huzalantennáknál maradva meg kell említeni az úgynevezett Zeppelin antennát. Ez az antenna történelmileg a rezonáns huzalantennák közül az egyik első végén táplált antennatípus volt, amelyet elterjedten használtak rövidhullámon azután, miután felismerték az antennahatásfok, az antennahossz és a hullámhossz közötti összefüggést.

A Zeppelin nevét onnan kapta, hogy előszeretettel alkalmazták a repülésben, főleg a Zeppelin léghajókon. Amikor rádiózni akartak, kilógatták a légijárműből az antennát, amely kiválóan tette a dolgát – ráadásul félhullámú lévén – több hullámsávon is.

Ne felejtjük el: a félhullám hosszúságú vezeték – ha a végén táplálják – rezonáns minden olyan hullámhosszon, amelynél a félhullám hosszúságú szakasz méretét méterben mérve egész számmal osztjuk, majd a kapott számot megszorozzuk kettővel. Azaz a félhullám hosszúságú antennát elméletileg egész számú félhullámú szakaszokra daraboljuk, ezeket a darabokat pedig elméletileg egymáshoz kapcsoljuk. Ezekben az elméleti szakaszokon az antenna rezonáns, az elméleti szakaszokat egymáshoz kapcsolva is rezonáns marad az antenna. Ebből következik, hogy egy adott méretű félhullám hosszúságú antenna az alaphullámhossz egész számú töredékein is rezonáns marad.

A Zeppelin antenna hosszát a legnagyobb használni kívánt (alap)hullámhossz határozza meg (a fizikai hossz ennek a hullámhossznak a fele lesz). A legnagyobb hullámhossz itt a legalacsonyabb használni kívánt frekvenciát jelenti. Az antenna rezonáns marad a legnagyobb hullámhossz felén, harmadán, negyedén és így tovább – azaz frekvenciában számolva egyre növekvő frekvenciákon.

Ez a tulajdonsága pont kiszolgálja a korabeli légiközlekedés igényét, ugyanis rövidhullámon a terjedési sajátosságok miatt a két vagy több pont közötti folyamatos rádióösszeköttetés csak időnkénti frekvenciaváltással biztosítható.

Nézzünk erre egy példát: hazai repterünk 300 km-re van éppen, a célrepülőtér pedig 1000 km-re és mindkét reptér a nappali zónában van. Ha a hazaival akarunk kommunikálni, 40 méter körüli frekvenciát kell használnunk (7 MHz), ha a célrepülőtérrel vagy annak környezetével, akkor a 20 méteres hullámhosszat kell választani (14 MHz). Ebből következik, s valóban így van, a célrepülőtéren – ha távol vagyunk tőle – nem hallják a 40 méteres adásunkat, a hazai reptéren – ha távol vagyunk tőle – pedig nem hallják a 20 méteres adásunkat (mert ott nekik éppen holtzónában vagyunk). Számunkra pedig itt a Zeppelin antenna, így könnyedén kommunikálunk mind 40, mind 20 méteren, hiszen mindkét hullámhosszon ugyanaz az antenna rezonáns, ha a fizikai hossza 20 méter.

Igen, ez nagyon jó hír a rádióamatőröknek is, de az antenna táplálása problémás.

Az antenna akkor működik jól, ha a tápvonal macskalétra (szimmetrikus táplálás) és hossza a hullámhossz negyede, vagy annak többszöröse. Az antennát az egyik tápvonal vezetékhez kötjük, a másik nem csatlakozik sehová. Ha a tápvonal hossza a hullámhossz negyedének páros számú többszöröse, feszültségtáplálásról beszélünk (ez pont megfelel az antenna végén lévő viszonyoknak – nagy feszültség, kicsi áram, nagy impedancia). Ezt az állapotot nem szeretjük, mert nehéz leilleszteni.

Ha a tápvonal hossza negyedhullámú vagy annak páratlan számú többszöröse, áramtáplálásról beszélünk – azaz kis impedancia, kis feszültség, nagy áram van a tápvonal végén. Ezt már szeretjük, mert antennahangolóval könnyen le tudjuk az antennát illeszteni az adókészülékhez.

A táplálás alapmódjából látszik, hogy ez az antenna a kötött tápvonal hossz miatt csak egy sávon lesz használható. Akkor, ha változtatni tudjuk a tápvonal negyedhullámú szakaszainak hosszát (azaz megfelelően rövidítjük vagy hosszabbítjuk a tápvonalat), akkor ki tudjuk használni a többsávós rezonáns használat lehetőségeit.

Fix telepítésnél ez nem egyszerű, ezért más táplálási megoldást kell keresni a többsávós használhatóság lehetőségének kihasználhatósága érdekében. Ilyenkor kompromisszumot kell keresni a tápvonalhosszat illetően, illetve a feszültség és áramcsatolás sávonként váltakozó felvállalásával.

A Zeppelin antenna a táplálás módja miatt nem tökéletesen zavarmentes a környezetben, ezért ma a használata kevésbé elterjedt, mint a rövidhullám használatának kezdetén és a fénykorában volt.

A következő részben folytatjuk az antennákkal való ismerkedést.

– *** –

Az Inverted „V” antenna és táplálása (A rádióamatőr – 87. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a Zeppelin antennával, amelynek egyik speciális kialakítása több sávú üzemre is alkalmas. Most egy olyan dipólból származtatott antenna kerül bemutatásra, amely hasonlóan a Zeppelin antennához, egyik speciális megoldásában szintén többsávú üzemre lesz alkalmas.

Amennyiben veszünk egy standard, középen táplált dipól antennát, amelynek hossza elektromosan a hullámhossz fele (azaz félhullámú dipól), szembe kerülhetünk olyan problémával, hogy nagyobb hullámhosszak esetén nincs elegendő helyünk az antenna kifeszítéséhez.

Például egy 80 méteres hullámhosszra méretezett dipól két vége közötti kifeszítési távolság (ez természetesen nagyobb, mint az antenna elektromos hossza) több, mint 41 méter hosszra adódik. Sajnos a legtöbb esetben ilyen méretű hely nem áll rendelkezésre az átlagos amatőr viszonyok esetén.

Felmerül a kérdés, hogy mi van akkor, ha az antenna két szárát nem vízszintesen, hanem például derékszögben megtörve, a föld felé lejtősen szereljük fel. Ekkor egy árbockellene, amely az antenna közepét tartja, az antenna két végét a föld közelében a földhöz rögzítjük. Ez az egész elrendezés úgy nézne ki, mint egy fordított „V” betű. Gyors számítást végezve ekkor a kifeszítési távolság 30 méter körüli hosszra csökkenne, ráadásul megtakarítanánk egy árbockot.

Nos, úgy néz ki a dolog, hogy ez az antenna rezonáns marad, de a kompromisszumos megoldásnak ára van. Ezt az árat az antenna hatásfokának romlásával kell megfizetni, ugyanis az antenna két vége, ahol a feszültségmaximum kialakul, 1-2 méter magasságban kerül közel a földhöz. Emiatt a végeknél zavaros helyzet áll elő, a veszteség megnő és nagyobb lesz, mint az átlagos dipóltól elvárható.

Az antenna horizontálisan polarizált marad és a sugárzási jelleggörbéje is hasonló lesz a dipól antennához. Hozzávetőleges kalkuláció szerint az antennahatásfok 80-90% között várható.

Ezt az antennát fordított V antennának nevezzük, elterjedten inverted „V”, angolul kifejezve „ví” néven emlegetjük. Az antenna egy sávú, 50 ohmos koax táplálású,

a kompromisszumokat figyelembe véve jól használható antenna lesz rövid-hullámon. Mint köztudott, a jó terjedés kialakulása kompenzálja a műszaki hiányosságokat.

Az inverted „ví” antenna, hasonlóan a Zeppelin antennához több sávós sugárzásra is alkalmas akkor, ha speciális táplálási megoldást választunk. Amennyiben ezt az antennát párhuzamos, azaz szimmetrikus tápvezetékkel (macskalétrával, TV kábellel), tápláljuk meg, amely 200-600 ohmos impedanciával rendelkezik, az antenna a félhullámhossz egész számú hányadosainak megfelelő hullámhosszakon is használható lesz.

Ez azt jelenti, hogy egy 80 méteres hullámhosszra méretezett antenna 40, 20, és 10 méteren is rezonáns marad, azaz a 3,5 MHz-re méretezett antenna használható lesz 7,14, és 28 MHz-en is.

Meg kell jegyezni, hogy az antenna erős kompromisszummal lehangolható 30, 17, 15 és 12 méteren is – természetesen megnövekedett veszteséggel kell számolni.

Az antennához szimmetrikus kimenetű antennahangolót kell használni annak érdekében, hogy pontosan leilleszthessük az antennát. Ez az antennahangoló elég bonyolult megoldásnak számít, nem beszélve a párhuzamos vezetékes tápvonaltól. Van azonban egy másik megoldás, amely egy félhullám- vagy annak egész számú többszöröse hosszúságú koax táplálást biztosít úgy, hogy az antenna középpontjába egy 1:4 vagy 1-9-es áttételű széles sávú impedancia-transzformátort helyezünk el.

Ez esetben az antennahangolónál elegendő az aszimmetrikus kimenet, amely jóval egyszerűbb műszaki megoldást igényel, illetve a korszerű adóvevőkben már opcióként eredetileg be is építették. A koax hosszát a legnagyobb hullámhosszra kell kiszámítani és a koax rövidítési tényezőjének megfelelően csökkenteni kell a hosszát. Ekkor a koax bármilyen impedanciát 1:1-ben átvisz, hátránya viszont az, hogy rezonáns tápvonalként viselkedik, azaz a rezonanciafrekvenciáról való elhangoláskor az átvitel vesztesége is nő.

A következő részben folytatjuk az ismerkedést az antennákkal.

– *** –

A sok-sávós dipól rendszer (A rádióamatőr – 88. rész)

Az előző részekben megismertük az alapvető antennatípusokat, elsősorban a félhullámú és a negyedhullámú sugárzót, de szót ejtettünk a hosszú drót antennáról is.

A korábban tárgyalt antennatípusok közül egyesek – mint említettük – alkalmasak több hullámsávós üzemre, mások nem. Az alap dipól és a ground plane antenna szigorúan csak egy hullámsávós antennaként működik.

Rádióamatőr szempontból a nekünk megfelelő antenna kiválasztása jelenti a legnagyobb gondot. Ennek egyik oka a többsávós üzemmód igényének kielégíthetősége, a másik az antennák létesíthetőségének, telepíthetőségének mai korlátai – főleg a városi környezetben. A rádióamatőrök rövidhullámon sok hullámsávot használhatnak, emiatt az antennapark megfelelő kialakíthatóságának megtalálása egy adott környezetben bizony komoly elméleti és gyakorlati megfontolást igényel.

Vegyük először a rövidhullámot példának; e tartományban rádióamatőr célra 9 különböző hullámsáv engedélyezett, nevezetesen a 160 m, 80 m, 40 m, 30 m, 20 m, 17 m, 15 m, 12 m és 10 m. Ráadásul reális lehetőségként már a 60 m-es sávval is számolni lehet, sőt már amatőr kísérletek is folytak ott.

Ha belegondolunk, hogy alapvetően mind a 9 rövidhullámú sávban üzemképesek szeretnénk lenni, dipólból csak 9 darab, a megfelelő sávra méretezett és függetlenül felszerelt antennára lenne szükség, ami elképesztően nagy helyet igényelne, városi környezetben pedig egyenesen megvalósíthatatlan lenne.

A korlátozott lehetőségekből eredően tehát igény jelentkezik egy olyan antennára, amely biztosítja a sok sávós üzemet, ugyanakkor mérete és kialakítása lehetővé teszi az adott helyen történő felszerelését. Univerzális antenna sajnos nincs, ellenben léteznek sok sávós antennák.

Igen, valóban léteznek sok sávós antennák, de már a korábbiakban tárgyalt esetekben is láttuk, hogy csak kompromisszumos megoldást jelentenek. Amelyekkel eddig találkoztunk az a hosszú drót, a Zeppelin antenna és a speciális kialakítású inverted ví antenna volt. Láttuk azt is, hogy egyikük sem kínál tökéletes megoldást.

Térjünk vissza a félhullámú dipól antenna jellemzőire. Azt mondtuk, hogy a dipól viselkedése hasonlít a rezgőkörhöz. Ha a soros rezgőkört vesszük mintául, rezonanciafrekvencián a soros kör rövidzárként viselkedik, a dipól antenna talpponti ellenállása pedig a rezonanciafrekvencián 50 ohm.

Amennyiben elkezdjük a frekvenciát növelni vagy csökkenteni, a soros rezgőkör impedanciája gyorsan növekszik, még hozzá annál inkább, minél távolabb kerülünk a rezonanciafrekvenciától. Ezt a jelenséget a rezonanciagörbe tökéletesen szemlélteti, amelyet konkrét esetben konkrét rezgőkörre, de akár egy antennára magunk is mérésrel felrajzolhatunk.

A dipól antenna – mint azt már korábban említettük – talpponti impedanciája a frekvencia függvényében hasonlóan viselkedik a rezonanciagörbéhez. Minél távolabb vagyunk frekvenciában a dipól rezonancia frekvenciájától, annál nagyobb lesz a mérhető talpponti impedancia. Ebből következik, hogy egymástól jelentősen eltérő hullámhosszra méretezett dipólokat párhuzamosan kapcsolhatjuk anélkül, hogy jelentősen befolyásolnák a másik dipól antenna rezonancián mutatott

talpponti impedanciáját. Ugyanis a jelentősen eltérő hullámhosszra kialakított dipólok közül az egyik a saját hullámhosszán 50 ohmos talpponti impedanciát valósít meg, míg az összes többi dipól sok kiloohmos párhuzamosan kapcsolt impedanciája nem vagy minimális mértékben befolyásolja az 50 ohmot.

A fenti gondolatmenetből következik, hogy sok dipólból is kialakíthatunk egy antennát úgy, hogy a vezetők térben közel vannak egymáshoz, és hosszuk megfelel a kívánt félhullámhosszoknak. Az antenna fizikai hosszát a legnagyobb hullámhosszú (a legkisebb használni kívánt frekvenciájú) antenna szabja meg. A dipólok szárai közös csomópontba futnak be, ez az 50 ohmos táplálási pont.

Gyakorlatilag úgy néz ki az antenna, hogy az egyes dipólok között kicsi távtartással különböző félhullámú dipólokat építünk egybe és a közös talppontban csatlakozunk egy koax kábellel az antennára.

Persze ez a megoldás sem ideális, az egymáshoz túl közel lévő dipólok elhangolhatják egymást, a közelség miatt veszteség jelentkezik. Az elhangolódást trimmeléssel megpróbálhatunk korrigálni, de a veszteséget akkor sem tudjuk elkerülni.

Ez az antenna a koncentrált soksávós, egy tápvonalas dipól antenna.

A következő részben folytatjuk a sok sávós antennákkal kapcsolatos eszmefuttatást.

– *** –

A többsávós, hullámcsapdás (trap) antennák elve (A rádióamatőr – 89. rész)

Az előző részekben már említésre kerültek a sok sávós antennák kialakításának lehetőségei. Ahhoz, hogy további ismereteket szerezzünk a témában, ismét szót kell ejtenünk a rezgőkörökről és a már emlegetett, de még nem részletezett tápvonalakról, azok működéséről.

Kezdjük a rezgőkörrel.

Annak idején alaposan foglalkoztunk a rezgőkörökkel, most célszerű feleleveníteni az akkor elmondottak bizonyos elemeit. Megállapítottuk, hogy kétféle rezgőkörrel beszélhetünk, a soros rezgőkörrel és a párhuzamos rezgőkörrel.

A soros rezgőkört az jellemzi, hogy rezonanciafrekvencián elméletileg rövidzárnak tekinthető, míg a párhuzamos rezgőkört az jellemzi, hogy rezonanciafrekvencián elméletileg szakadásnak tekinthető. A rezonanciafrekvenciától való eltérés esetén a soros rezgőkör impedanciája nőni, míg a párhuzamos rezgőkör impedanciája csökkenni kezd. Ezt a jelenséget a rezonanciagörbe szemlélteti az impedancia és a frekvencia függvényében.

A valóságos rezgőkör veszteségekkel rendelkezik, emiatt a soros rezgőkör rezonanciafrekvencián nem képez tökéletes rövidzárat, impedanciája néhány ohm lesz. A párhuzamos rezgőkör sem lesz tökéletes szakadás, impedanciája néhányszor tíz kiloohmot fog mutatni. Ebből következik, hogy a valóságos rezgőkört jellemezhetjük egy jósági tényezővel, ez a tényező megmutatja, hogy a gyakorlatban megvalósított rezgőkör mekkora sávszélességgel rendelkezik – azaz milyen „éles” – vagy mondjuk inkább úgy, hogy hegyes a rezonanciagörbéje.

A sávszélességet számíthatjuk úgy, hogy a rezgőkör rezonanciafrekvenciáját elosztjuk a jósági tényezővel. A kapott eredmény azt mutatja meg, hogy mekkora az a frekvenciatartomány, amelyet még viszonylag kis veszteséggel átvihetünk a rezgőkörön.

Az antennáknál azzal a problémával találtuk magunkat szembe, hogy az ideális antenna hossza függ a hullámhossztól. Emiatt egy alapantennát csak egy frekvencián tudunk jól használni, amihez egy megadott hosszúság tartozik. Dipólnál ez a hossz a hullámhossz felének felel meg. De mi van akkor, ha az antennába a megkívánt hullámhossznak megfelelő helyeken rezgőköröket illesztünk be azzal a céllal, hogy egy antennát több frekvencián is használhatóvá tegyünk?

Nos, ez az elképzelés bizonyos kompromisszumokat elfogadva jó megoldásnak látszik. Méretezzünk egy dipól antennát a 80 méteres amatőr sávra, amelynek hossza a hullámhossz felére, azaz 41 méterre adódik. Ezt az antennát a 40 méteres amatőrsávon is szeretnénk használni, de ehhez túl hosszú a 41 méteres fizikai hossz, mert csak 20 méteres hosszra lenne szükségünk.

A párhuzamos rezgőkörrel tudjuk, hogy rezonanciafrekvencián elvileg szakadást mutat. Minél távolabb kerülünk a rezonanciafrekvenciától, a rezgőkör impedanciája drasztikusan lecsökken és csak néhány ohmnyi impedanciára kell számítanunk.

Azaz, ha a 80 méteres dipólunkba (melynek fizikai hossza 40 méter, az ágak hossza 20 méter), a középpontól számított 10 méternél minkét ágba berakunk egy 40 méterre, azaz 7 MHz-re méretezett párhuzamos rezgőkört, a következő történik.

A 80 méteres (3,5 MHz-es) antennaáram mindkét 7 MHz-es rezgőkörön némi veszteséggel (mert az impedancia csak néhány ohm) áthalad, azaz a jel látja a teljes fizikai hosszat, így a dipól a 80 méteres hullámhosszon működőképes marad.

Ha ugyanerre a dipólra 7 MHz-es jelet adunk, az ágakban lévő, 10–10 méterre elhelyezett 7 MHz-es rezgőkörök – mivel elméletileg a rezonanciafrekvencián szakadást képviselnek – az antennaáram útját lezárják, így az antenna elektromos hossza pontosan 20 méter lesz. Ebben az esetben tehát a jel egy 40 méteres dipólantennát lát, mintha az antenna fizikai hossza csak 20 méter lenne.

Az elmondottak alapján e megoldás működőképes, így egy, a 80 méteres hullámhosszra méretezett antennával 40 méteres dipólként is tudunk dolgozni. Sőt, több

rezgőkör megfelelő elhelyezésével más hullámhosszakra is működőképpé tehetjük ugyanezt az antennát.

Ennek az antennának a hagyományos neve trap dipól. A trap csapdát jelent, mert a rezgőkörök hullámcsapdaként működnek – esetünkben bezárt csapdák, mert rezonanciafrekvencián lezárják az antennaáram útját.

A következő részben folytatjuk a sok sávos antennamegoldások ismertetését és elemzését.

– *** –

Alapvető ismeretek a tápvonalakról I. (A rádióamatőr – 90. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a párhuzamos rezgőkörök segítségével kialakított többsávós, hullámcsapdás, azaz a trap dipólantennákkal. Természetesen ez a megoldás a vertikális lambda/nyeddes alapantennáknál, az úgynevezett ground plane antennáknál is alkalmazható. Ilyenkor a rezgőköröket a kívánt lambda/négy hosszánál illesztjük be az antennába. Ilyen esetben minden sávra ki kell alakítani a negyedhullámú ellensúlyokat.

A rezgőkörökkel elég sok gond akad. Egyrészt mechanikai méretük, súlyuk elég nagy az antennahuzal átmérőjéhez és súlyához viszonyítva – de ez még mindig a legkisebb baj. Az antennába épített rezgőkörök ki vannak téve az időjárás viszonyosságainak, emiatt alaposan el kell szigetelni a nedvesség hatásától, tűrniük kell a durva hőmérséklet-változást, a napsugárzás anyagromboló hatását. Sajnos a következő gondokkal kell számolni a trap rezgőköröknél:

A hőmérséklet-változás következtében a rezgőkörök rezonanciafrekvenciája állandóan megváltozik,
a rezgőkör elöregszik és idővel tönkremegy,
a rezgőkör veszteséget visz az antennába.

A trap antennák tehát csak kompromisszumos antennaként jöhetnek számításba.

Van azonban egy egészen másfajta elem a rádiótechnikában, amely kondenzátor és tekercs nélkül is számításba jöhet rezonáns elemként, így a többsávós antennához is kialakítható hullámcsapda a segítségével.

Ez az elem a tápvonal.

A tápvonalat legfőképpen az antennák táplálására alkalmazzuk. A tápvonal feladata az adó által kiadott teljesítmény lehető legkisebb veszteséggel történő eljuttatása az antenna betáplálási pontjába.

Korábban említettünk már tápvonalakat – ilyen a koax kábel, a párhuzamos vezeték (pl. macskalétra, TV kábel) és a sodrott érpárú vezeték.

A tápvonal alapvető feladata, hogy a rákapcsolt generátor (adókészülék) és az antenna között minimális veszteséggel, frekvenciától függetlenül vigye át a teljesítményt az antenna kapcsaira. Ez a feltétel akkor teljesül, ha generátor és antenna impedanciája azonos és közöttük ugyanerre az impedanciára méretezett tápvonalat használunk. Ekkor a rendszer teljes mértékben illesztett marad függetlenül a frekvenciától és a tápvonal hosszától.

A tápvonalnak négy fő jellemzője van:

- A tápvonal impedanciája,
- a tápvonal rövidítési tényezője (hasonló jellemző, mint antennáknál),
- a tápvonalon átvihető teljesítmény felső határa és
- a tápvonal saját vesztesége, amelyet 100 méter hosszra szokás megadni.

A fentiek alapján az illesztett rendszer esetében a rövidítési tényező érdektelen, mert frekvenciafüggetlen a rendszer, viszont a tápvonal vesztesége frekvenciafüggő.

Amikor egy antenna táplálását kell megoldanunk, mindig igyekszünk a legrövidebb tápvonalat alkalmazni a tápvonalveszteség csökkentése érdekében.

Tehát egy rendszernél, ahol azonos impedanciájú generátorból táplált (ez az adó), azonos impedanciájú tápvonalnak a végét azonos impedanciájú terheléssel (ez az antenna) lezárva frekvenciafüggetlen rendszert kapunk, bár maga a tápvonal a hosszától függően a saját veszteségét is beviszi a rendszerbe.

A fentieket figyelembe véve jogosan merül fel a kérdés, hogy ha a rendszer frekvenciafüggetlen, akkor mégis minek kell a tápvonal rövidítési tényezőjét ismerni? Erre a válasz az, hogy a tápvonal megfelelő kialakításban alkalmazva rezonáns rendszert is alkothat a hullámhossz függvényében. Ezen megoldásokat rezonáns tápvonalaknak nevezzük, és a következő részben alaposan körbejárjuk a rezonáns tápvonal tulajdonságokat és megoldásokat.

– *** –

Alapvető ismeretek a tápvonalakról II. (A rádióamatőr – 91. rész)

Az előző részben megkezdtük a tápvonalakkal való ismerkedést. A tápvonal feladata az, hogy a nagyfrekvenciás jelet, teljesítményt az egyik pontból a másikba vezesse a lehető legkisebb veszteséggel.

Estünkben az adóvevő készülék és az antenna közötti összeköttetést biztosítjuk tápvonallal. Csak vevőkészülék esetében is tápvonalra van szükség ahhoz, hogy

az antenna jelét a lehető legkisebb veszteséggel juttassuk el a rádióvevő bemenetére.

További vizsgálódásainkból kizárjuk az úgynevezett egyhuzalos tápvonalat, mert bár egy huzallal is lehet két pont között jelet továbbítani, de karakterisztikus impedanciáját a környezet jelentősen befolyásolja, azaz az elméletileg számított impedancia soha nem lesz biztosítható. Ennek az a következménye, hogy az illesztés nem biztosítható, nagy lesz a veszteség, és maga a tápvonal is sugárzóvá válik.

A koaxiális tápvonal rendelkezik egy koncentrikus vezetővel, amelyet szigetelőanyag vesz körbe és a külsején vékony fémhuzalokból szövött, úgynevezett harisnya veszi körbe a belső vezetőt. Fontos tudni, hogy az áram irányát önkényesen felvéve az áram az antenna felé a középső vezetőben, visszafelé pedig az árnyékoló harisnya belső felületén folyik. Emiatt a koax kábel a külső hatásokra nem érzékeny és nem sugároz. Ez a feltétel csak akkor igaz, ha az antenna teljesen szimmetrikus, tápponti impedanciája megegyezik a koax kábelével. Az aszimmetria vagy az impedancia illesztetlenség miatt az árnyékoló harisnya külső felületén is áram fog folyni, amit köpenyáramnak nevezünk. Ilyenkor a koax tápvonal sugároz, az átvitel jelentősen veszteséges lesz és a tápvonal érzékeny a kívülről jövő hatásokra is.

A párhuzamos vezetőkből (macskalétra, TV kábelből) kialakított tápvonalnál hasonló a helyzet. A két vezetőben egymással szemben folyik az áram, tehát kiegyenlítik egymást. Ez csak akkor igaz, ha a koaxnál elmondott illesztési feltételek teljesülnek. Aszimmetria esetén a tápvonal az antenna részévé válik és sugározni kezd, illetve érzékeny a külső hatásokra.

A tápvonalak impedanciáját a geometriai kialakítás és a két áramvezető közötti szigetelőanyag nagyfrekvenciás tulajdonságai befolyásolják. Minél jobb és stabilabb a szigetelőanyag, annál kisebb a tápvonal saját vesztesége. Emiatt a koaxnál különféle veszteségű típusokkal találkozunk, a veszteséget 100 méterre adják meg – egy jellegzetes, vagy több frekvenciára vonatkozóan.

A tápvonalon akkor teljesül a legkisebb veszteséggel való átvitel, ha a generátor (ami az adókimenet), a tápvonal impedanciája és a fogyasztó impedanciája (ami az antenna) azonos. Ilyenkor a tápvonal hossza elvileg közömbös, az átvitel frekvenciafüggetlen, a veszteséget pedig a tápvonal hosszával arányos, saját frekvenciafüggő vesztesége szabja meg.

A tápvonal tulajdonsága az, hogy tulajdonképpen hullámvezető. Ha az előzőekben ismertetett feltételek teljesülnek, a tápvonal hossza és a hullámhossz összefüggése nem befolyásolja az átvitel minőségét.

Végezzünk el egy kísérletet:

Szabjunk le egy elméleti félhullám hosszúságú, de rövidítési tényezővel csökkentett méretű tápvonalat és zárjuk le a végeit a tápvonal impedanciájának megfelelő generátorral és terheléssel. A generátorból adjunk az elméleti hullámhossznak megfelelő frekvenciájú jelet a tápvonalra. Azt fogjuk tapasztalni, hogy a tápvonal tökéletesen teszi a feladatát, átviszi a teljesítményt, ugyanúgy, mint

ahogy azt a korábbiakban ismertettük. Kezdjük el a frekvenciát plusz és mínusz irányban változtatni, s azt fogjuk tapasztalni, hogy az átvitel elkezd leromlani, mégpedig annak arányában, minél távolabb kerülünk az elméleti frekvenciától, azaz a hullámhossztól. A méréseket elvégezve felrajzoljuk a kapott eredményeket és egyfajta rezonanciagörbe rajzolódik ki előttünk. A tápvonal tehát rezonáns, a legjobb átvitelt csak az elméleti hullámhosszon biztosítja.

De mi van akkor, ha ezt a félhullámú tápvonalat egy, a tápvonalra megadott impedanciától eltérő generátorral és terheléssel próbáljuk ki? Azt fogjuk tapasztalni, hogy mindegy mekkora a generátor és a vele azonos terhelőimpedancia, a félhullámú tápvonal a méretezési hullámhosszon tökéletes teljesítményátvitelt biztosít.

Ezt az elrendezést 1 az 1 arányú frekvenciafüggő vonaltranszformátornak nevezzük, s a rádióamatőr gyakorlatban nagyon jól tudjuk hasznosítani.

A következő részben a hasznosítás lehetőségeit fogjuk megbeszélni.

– *** –

Alapvető ismeretek a tápvonalakról III. (A rádióamatőr – 92. rész)

Az előző részben kifejtettük a félhullám hosszúságú tápvonal különleges tulajdonságait. Fizikailag akkor beszélhetünk félhullámú tápvonalról, ha a tápvonal hosszát a következőképpen méretezzük:

Meghatározzuk a kívánt frekvenciához szükséges hullámhosszat a 300 osztva a frekvenciával, amit MHz-ben számolunk. A hosszát méterben kapjuk meg, ez a hullámhossza a kívánt frekvenciának. Az eredményt elosztjuk kettővel, így megkapjuk a félhullámhosszat, amelyet megszorozzuk az adott tápvonal típusra megadott rövidítési tényezővel. A kapott eredmény a félhullámú rezonáns tápvonal hossza méterben (ez a fizikai, egyben az elektromos hossz az adott hullámhosszra).

Az adott frekvencián – azaz a neki megfelelő hullámhosszon ez a tápvonal bármilyen antenna impedanciát képes 1:1 arányban áttranszformálni a tápvonal túlsó végére. Azaz az antenna éppen aktuálisan mutatott impedanciáját levezethetjük az antennahangolóig, amelynek feladata, hogy az adókészülék kimeneti impedanciáját (ami általában változtathatatlan 50 ohm) illessze az antenna aktuális impedanciájához. Ha az adókészülékben van beépített automata antennahangoló, a hangoló ezt a feladatot automatikus elvégzi a megadott impedanciaillesztési tartományában. Szélsőséges impedanciák esetében az automata nem tudja elvégezni az illesztést, ilyenkor más megoldást kell keresnünk.

Nézzünk egy példát:

3520 kHz és környékén kívánunk távírózni, és erre a frekvenciára méretezett hurokantennánk van, amelynek 120 ohm a talpponti impedanciája. Rendelkezésünkre csak 50 ohmos impedanciájú koax kábel áll, amely nem illeszkedik az

antennához. Megoldhatnánk, hogy az antennánál alakítsunk ki valamilyen illesztési elrendezést, de ez mechanikai szempontból nem lenne szerencsés, ráadásul az időjárás sem kedvezne a kültéri illesztésnek. Rögtön kézre esik, hogy az antenna-impedanciát vezessük le az 1:1-es arányú rezonáns vonaltranszformátorral az adókészülékhez, ahol az illesztést az adó és az antenna között kényelmesen, a beltérben tudjuk rendezni.

A hullámhosszat megkapjuk a 300 osztva 3,52 MHz művelet elvégzésével. Az eredmény kerekítve 85 méter és 28 centiméter lesz. Ezt osztva kettővel megkapjuk a félhullámhosszat, ami 42 méter és 61 centiméterre adódik.

A koax kábelünk rövidítési tényezője gyári katalógusadatok szerint $k=0,66$. A ténylegesen szükséges kábelhossz méterben 0,66 szorozva 42,61-el, ami 28 méter és 12 centiméterre adódik. Leszabjuk a kábelt, vele összekötjük az antennát és az antennahangolót, s máris leilleszthetjük (vagy az automata antennahangoló leilleszti) az antennát az adókészülékhez.

Szükséges megjegyezni, hogy ha a 28 méter kevés lenne az antenna távolsága miatt, akkor a félhullámhosszra méretezett kábelt hosszban meg kell duplázni vagy háromszorozni (56,25 m illetve 84,38 m), hogy az 1:1-es rezonáns impedanciaillesztés megmaradjon.

E megoldás tulajdonságai a következők: A 3520 kHz környékén az antenna tökéletesen illesztetten kerül táplálásra. Ha valamilyen külső hatás miatt az antenna talpponti impedanciája valamelyest megváltozik (pl. deresedés), a változás utánhangolással kompenzálható, így az illesztés tökéletes marad (bár az antenna tulajdonságai picit romlanak, ezt jelzi a talpponti impedancia megváltozása).

Ugyanezzel az antennával 3795 kHz-en is szeretnénk forgalmazni (az SSB DX sáv-részben). Sajnos ezen a frekvencián (azaz hullámhosszon) az antenna már nem rezonáns és nem 120 ohm lesz a talpponti impedancia, de az illesztést egy egyszerű trükkel meg tudjuk oldani, hogy legalább a teljesítmény impedancia illesztése legyen veszteségmentes.

Az üzemi frekvenciára végigszámolva a kábelhosszat, azt kapjuk végeredményül, hogy 26 méter és 9 centiméter tápkábelhosszra lesz szükségünk, ami 3795 kHz-en rezonáns, 1:1-es illesztést biztosít. Amennyiben úgy alakítjuk ki a tápkábelt, hogy alapvetően 26 méter és 9 centiméter a hossza, amihez az adónál 2 méter és 3 centiméter kábelt hozzá tudunk még kapcsolni, akkor mindkét frekvencián biztosítottuk, hogy az antenna legalább ideálisan illesztett táplálású legyen, noha 3795 kHz-en a bevezetett teljesítmény rosszabb hatásfokkal kerül kisugárzásra, mert itt az antenna már nem rezonáns, de még használható marad az antennarendszer.

A következő részben folytatjuk a témával kapcsolatos elmélkedést.

– *** –

Alapvető ismeretek a tápvonalakról IV. (A rádióamatőr – 93. rész)

Az előző részben már említésre került, hogy a félhullámú rezonáns tápvonal szükség esetén fizikailag meghosszabbítható úgy, hogy a kikalkulált alaphosszat megkétszerezzük, háromszorozzuk, stb.

Az elmondottak alapján általánosságban megfogalmazhatjuk azt a szabályt, hogy elvileg tetszőleges számú rezonáns tápvonalat kapcsolhatunk sorba egymással, az 1:1-es rezonáns impedancia transzformáció változatlan marad.

Természetesen a tápvonal veszteség a sorba kapcsolt tápvonalak számának megfelelően megsokszorozódik, más tápvonaljellemzők nem változnak.

Mi következik a fentiekből? Nos, az első következtetés az lehet, hogy ha az antenát félhullámú rezonáns tápvonallal kívánjuk megtáplálni és az antenna, valamint a beltéri antennahangoló között a kalkuláltnál nagyobb fizikai tápvonalhosszra van szükség, akkor a méretezett rezonáns tápvonal hosszát kénytelenek vagyunk megkétszerezni, esetleg megháromszorozni. Ezzel nem tettünk mást, mint sorosan kapcsoltunk két, esetleg három 1:1-es transzformátort. Ennek eredménye az lesz, hogy az 1:1-es impedancia transzformáció nem változik, de a tápvonalhossz és vele a tápvonalveszteség igen, vagyis arányosan megnövekszik. Az adott frekvencián jó minőségű tápvonalaknál ez természetesen nem okoz túl nagy gondot.

A másik levonható következtetés szintén nagyon nagy lehetőséget biztosít a rádióamatőr számára. Már ennek az előadássorozatnak a legelső részében azt mondtam „Amikor meglátok egy darab drótot, két dologra gondolok.”. Ezt a tápvonalak esetében úgy fogalmaznám meg, hogy amint meglátok egy tápvonaldarabot, 3 alapvető dologra gondolok:

Vajon mennyi lehet a tápvonal impedanciája és vajon mennyi a lehet rövidítési tényezője?

Vajon hogy alakul a tápvonal frekvenciafüggő vesztesége?

Végül, vajon mennyi lehet a hossza, azaz milyen hullámhosszon lehet rezonáns vonaltranszformátorként használni?

Az első két kérdésre a tápvonal gyári típusjelzése alapján megkereshető a válasz.

A harmadik kérdésre sok válasz adható. Meg kell mérni az adott tápvonaldarab hosszát méterben, azt el kell osztani a rövidítési tényezővel, s máris rendelkezésünkre áll annak a hullámhossznak a fele, amely arra az adott hullámhosszra méretezett antennát képes a tápvonaldarab rezonáns módon megtáplálni. Ez azonban csak egy válasz. Ugyanis, ha úgy vesszük, hogy az adott tápvonaldarab két félhullámú sorba kapcsolt darabból áll, akkor a tápvonaldarab az előzőekben kalkulált hullámhossz felén is képes egy oda méretezett antennát megtáplálni.

Amennyiben úgy vesszük, hogy az adott tápvonaldarab három darab félhullámú szakasznak felel meg, akkor az eredetileg kalkulált hullámhossz harmadára méretezett antennát is képes megtáplálni. És folytathatnánk a sort így tovább, az adott méretű tápvonaldarab sok, egész számú osztással kikalkulált, azaz csökkenő hullámhosszra méretezett antennát is képes megtáplálni.

Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy egy soksávós, a leghosszabb hullámhosszal egész számos arányban lévő kisebb hullámhosszú antenna megtáplálására lehet egy adott hosszúságra méretezett tápvonalat felhasználni.

S ez igen fontos felismerés, mert egy 80 méteres hullámsávra méretezett rezonáns tápvonallal meg tudunk táplálni még egy 40, egy 20 és egy 10 méteres hullámhosszra méretezett antennát is – legyen az egy darab sok hullámsávós, vagy közös csomópontban táplált, hullámsávonként egyedileg kivitelezett antenna.

Mivel az amatőr hullámsávok rövidhullámon úgy oszlanak el, hogy a 160, a 80, a 40, a 30, a 20, a 15, a 12 és a 10 méteres hullámhosszú sávszegmensekben találhatóak, a következő részben tovább vizsgálódunk a rezonáns, soksávós tápvonalak, más néven rezonáns tápvonal transzformátorok témakörében.

– *** –

Többsávós antenna táplálása rezonáns tápvonallal I. (A rádióamatőr – 94. rész)

Az előző részekben a félhullámú rezonáns, 1:1 áttételarányú tápvonaltranszformátor tulajdonságait vettük szemügyre és felvázoltuk az antennák táplálásának lehetőségeit a félhullám hosszúságú rezonáns tápvonallal.

A teljes rövidhullámú spektrumban rendelkezésre álló amatőrsáv szegmensek száma összesen 9, feltételeesen 10. Ezek a következők, hullámhosszban megadva: 160 m, 80 m, feltételeesen 60 m, 40 m, 30 m, 20 m, 17 m, 15 m, 12 m és a 10 méteres sáv.

Képzeljünk el egy olyan antennát, amely képes kiszolgálni mind a 10 hullámsávot azáltal, hogy találunk egy olyan kompromisszumos betáplálási pontot az antennán, ahol mind a 10 sáv eltérő, de néhányszor tíz és száz ohmos nagyságrendű impedanciát mutat. Megjegyezzük, hogy ilyen antenna nincs, a példa csak akadémikus – viszont ugyanarra a betáplálási pontra több eltérő rezonanciájú antennát is rácsatlakoztathatunk, egymást zavarni nem fogják.

Ilyen antennával már találkoztunk, hiszen a minden egyes sávra külön méretezett rezonáns dipólokat párhuzamosan kötöttük és egy tetszőlegesen hosszú 50 ohmos koax kábellel, mint 50 ohmos tápvonallal tápláltuk meg őket.

Ha lenne az elméletileg feltételezett, mind a 10 sávon megfelelően táplálható, de sávonként nem durván eltérő tápponti rezonanciát mutató 1 darab antenna, akkor is meg tudnánk táplálni az antennát 1 db koax kábellel. Ez esetben a kábel úgy működne, mint egy rezonáns, 1:1 áttételű vonaltranszformátor. Ennek feltétele, hogy az adónál sávonként kell beállítani a kábelhosszat, amelyet bizonyos sávokon nem is kellene változtatni. Például a 80 méteres sáv rezonáns kábelhossza pontosan megfelel a 40 m-es, a 20 m-es, kompromisszummal a 12 méteres és a 10 méteres amatőr hullámsávokon is.

A kábelhossz változtatását az adószobában tudjuk megoldani átkapcsolással, a sávváltás menete a következő:

Átváltjuk az adó frekvenciáját a kíván sávra, majd átkapcsoljuk a tápkábel hosszát szabályozó kapcsolót ugyanerre a hullámsávra. A tápkábel az antennahangolóra van kapcsolva, ezek után kihangoljuk az új sávon az antennát és máris megkezdhetjük a forgalmazást, mert így lesz illesztett a teljesítményátvitel.

Az elméleti alapja a megoldásnak a következő:

Ismernünk kell a tápkábelünk rövidítési tényezőjét – ez gyári adat, ha ismert a típus (rányomatják a kábelre), az adat beszerezhető például az internetről.

A sávhoz tartozó hullámhosszat méterben a 300 osztva az üzemi frekvenciával – MHz-ben megadva – kapjuk meg. Ezt az értéket osztjuk kettővel és megszorozzuk a rövidítési tényezővel. Az így kapott hossz a kívánt frekvenciának megfelelő hullámhosszon üzemelő 1:1-es áttételű rezonáns félhullámú vonaltranszformátor (koax kábel) hossza. A hullámhosszat azért érdemes ismerni, mert ez a félhullámú kábel az alaphullámhossz felének, harmadának, és így tovább kiszolgálására is alkalmas. Amikor sávonként meghatároztuk a szükséges hosszat, az általunk használni kívánt legnagyobb hullámhosszhoz tartozó hosszúsághoz hasonlítjuk a többi hosszat és ott kell toldani a kábelt, ahol nem jön ki a félhullámú rezonáns vonaltranszformátorhoz (vagy annak többszöröséhez) szükséges kábelhossz.

Nézzünk egy példát: SOTA kirándulást tervezünk, a 40, a 30, és a 20 m-es sávokon szeretnénk dolgozni. Az antennánk rezgőkörös hullámcsapdás dipól, teljes fizikai hossza 20 m, a hullámcsapdák 5 és 7,5 m-re vannak a tápponttól számítva. Mivel akkumulátorról üzemelünk, kicsi teljesítményű az adó, így minden kisugárzott milliwatt számít. A hullámcsapdák hajlamosak elhangolódni, süti a nap őket, a szél lengeti az antennát, ezért antennahangolóval korrigálni tudjuk e változásokat. Azaz azt akarjuk elérni, hogy az antennahangoló mindig az antenna talpponti impedanciáját lássa, mert csak ekkor veszteségmentes a teljesítményátvitel. Elvileg, mivel dipólról van szó, 50 ohm lenne a talpponti impedancia, de a kiszámíthatatlan telepítési körülmények miatt ez nem igazán valósítható meg. Ha rezonáns tápvonalat alkalmazunk, mindig a tényleges talpponti impedanciát fogja látni az antennahangoló, bármi történik is az antennával.

A koax rövidítési tényező legyen 0,66.

40 m-re (7 MHz-re) számolva a rezonáns kábelhossz $300 \cdot 0,66 / 7 / 2 = 14,14$ méter, 30 méterre számolva $300 \cdot 0,66 / 10,1 / 2 = 9,8$ méter. A 20 méteres sávra nem kell számolni, mert 14,14 m hosszú kábel a 20 méteres sávban pont 1 lambda azaz pont 1 hullámhossz hosszúságú.

Tehát 30 méteren a tápkábel hossza 9,8 méter, 20 és 40 méteren ezt a kábelt meg kell hosszabbítani 4 méter és 33 centiméterrel. Amennyiben a 9,8 m tápvonal rövid, minden számított adatot meg kell szorozni kettővel vagy hárommal.

A következő részben tovább elemezzük a példát.

– *** –

Többsávós antenna táplálása rezonáns tápvonallal II. (A rádióamatőr – 95. rész)

Az előző részekben ismertetésre került egy olyan antennatáplálási megoldás, amelyet általában többsávós antennák esetén alkalmazhatunk sikeresen. A többsávós antennák esetében gyakran előfordul, hogy a táplálás talppontja kompromisszum kereséssel, műszaki trükkel kerül meghatározásra. Ennek eredményeképpen a kompromisszum és a telepítési körülmények függvényében a talpponti impedancia sávonként akár lényegesen eltérő is lehet. Ez a jelenség amellet, hogy az illesztetlenség miatt teljesítményvesztést okoz, még különféle káros hatásokkal is járhat, pl. a tápvonal sugároz és a környezetében zavar jelentkezik.

Egy 50 ohmos koax kábel tetszőlegesen hosszú lehet akkor, ha egy 50 ohmos talpponti impedanciájú antennát táplál meg. Amikor többsávós antennát táplálunk, arra nem számíthatunk, hogy minden sávon 50 ohm impedanciát mutat – még akkor sem, ha egy kábellel táplálunk párhuzamosan kapcsolt, különböző hullámhosszra méretezett dipól antennakomplexumot. Ugyanis az egymáshoz túl közel lévő dipólok hatnak egymásra, emiatt a talpponti impedancia, bár elméletileg minden sávon 50 ohm lenne, valójában kiszámíthatatlan eltéréseket mutathat sávonként.

Az előző részekben hosszan elemeztük az úgynevezett félhullám hosszúságú 1:1-es áttételű tápvonal transzformátor tulajdonságait, amely valójában nem más, mint egy félhullámú, rövidítési tényezővel csökkentett hosszúságú (vagy annak egész számú többszöröse hosszúságú) tápvonal (pl. koax) darab. Ezen antennatáplálási megoldás előnye, hogy az antenna adott hullámhosszán a valós talpponti impedanciáját jelenítjük meg a tápvonal végén, amit azután antennahangolóval illesztünk le az 50 ohmos adókimenethez. Azt is felismertük, hogy az ilyen tápvonalszakaszok tetszőleges számban összeköthetők egymással, a transzformáció 1:1-es áttétele nem változik meg.

Megállapítottuk, hogy a rövidhullámú amatőr spektrumban jelenleg 9 különböző frekvenciájú, azaz hullámhosszúságú rádióamatőr sávszegmens van kijelölve 1,8 és 30 MHz között.

Az előző részben már ismertettünk egy példát egy 3 sávós antenna táplálására egy kábellel (azaz 1:1-es áttételű tápvonal transzformátorral), így bármelyik sávon az antenna pontosan leilleszthető az adókészülékhez, amelynek ára az, hogy az egyik sávon meg kell növelni a tápkábel hosszát.

Ha a 160 méteres sávtól eltekintünk, a most következő példában bemutatunk egy megoldást a 80-tól 10 méterig terjedő sávszegmensek egy kábeles, 1:1-es áttételű tápvonal transzformátorral történő antennatáplálására. Ezek a sávok a 80, a 40, a 30, a 20, a 17, a 15, a 12 és a 10 méteres sávok távírőszegmensére terjednek ki.

A 80 méteres sávon 3550 kHz-re történt a méretezés. A hullámhossz fele 42,25 méter, a koax kábel rövidítési tényezője 0,66, így a félhullámú tápvonal hossza 27

méter és 88 centiméterre adódik ki. (ha fizikailag hosszabb kábelre lenne szükség, ezt a hosszat meg kell kétszerezni, esetleg háromszorozni).

Ehhez a kábelhosszúsághoz viszonyítjuk a többi amatőrsávon szükséges hosszakat és némi számolgatás után a legközelebbi ideális megoldást figyelembe véve a következő eredményre jutunk:

A 40, 20 és 10 méteres sávokon 27,88 méteres tápkábelhossz megfelel, mert 40 méteren pont két félhullámú szakasz van, 20 méteren 4 és 10 méteren 8 félhullám hosszúságú a kábelhossz. Ezekben a sávokban az illesztés pontos.

30 méteren a 27,88 m hosszú kábelt 1 méter 46 centivel, 17 méteren 4 méter 94 centivel, 15 méteren 33 centivel, 12 méteren csak 5 centivel kell a kábelhosszúságot megnövelni (ez utóbbitól el is tekinthetünk).

Míg a 80 méteres sávban csak a távírőszegmens táplálható ideálisan a kiszámolt hosszal, a csökkenő hullámhosszak esetén egyre nagyobb részt tudunk az adott amatőr sávszegmensből ezzel a táplálással átfogni.

A kábelhosszak változtatását az antennahangolónál, az adó mellett tudjuk például átkapcsolással megoldani.

Amennyiben alapból rövidnek bizonyult a 27,88 méter kábelhossz, a kiszámolt tördásokat is meg kell kétszerezni vagy háromszorozni

Ha van egy többsávos antennánk, amelyről azt állítják, hogy minden sávon 50 ohm a tápponti impedanciája, akkor elvileg egy 50 ohmos kábelt használva nem számít a tápkábel hossza. Ez azonban nem mindig így van, erről a következő részben értekezünk.

– *** –

Többsávos antenna táplálása rezonáns tápvonallal III. (A rádióamatőr – 96. rész)

Az előző részekben hosszasan foglalkoztunk a félhullám hosszúságú tápvonallal, mely ismeretek megszerzése bizonyos esetekben hasznos rádióamatőr alkalmazást kínál a bizonytalan talpponti impedanciájú antennák esetében.

Foglaljuk össze, hogy eddig mivel ismerkedtünk meg:

Abban az esetben, ha a rádióadónk kimenete 50 ohm és az antenna is biztos 50 ohmos talpponti impedanciát biztosít, a tápvonal 50 ohmos koax kábel lehet, még hozzá tetszőleges hosszúságban. Természetesen ilyenkor is törekszünk arra, hogy a tápvonal a saját veszteségének minimalizálása érdekében a lehető leg-rövidebb legyen. Abban az esetben, ha az antennánk kompromisszumos, vagy nem fix 50 ohmos betáplálási ponttal rendelkezik, a táplálást megoldhatjuk úgy, hogy félhullám hosszúságú (vagy annak egész számú többszörösével megnövelt

hosszúságú) tápvonallal oldjuk meg az antenna táplálását, egy antennahangoló adó melletti elhelyezésének segítségével. Ez a félhullámú 1:1-es áttételű tápvonal-transzformátor elve.

A tápvonal hosszúságát mindig úgy kell érteni, hogy az az elektromos hosszúság, amelyet a rövidítési tényezővel számolunk ki. Tehát a tápvonal fizikai hossza kisebb, mint az elméleti hullámhossz fele.

Ha már így eljátszogatunk a tápvonalakkal, jogosan merül fel a kérdés, hogy vajon mi a helyzet az elektromosan negyedhullám hosszúságú tápvonal esetében.

Az elektromosan negyedhullám hosszúságú tápvonal fizikai hossza úgy adódik ki, hogy az elméleti hullámhosszat elosztjuk négygel és megszorozzuk a rövidítési tényezővel – tehát a tápvonal itt is fizikailag rövidebb, mint az elméleti hullámhossz negyede.

Ilyen esetben két lehetőségünk van a vizsgálatra. Az első az, hogy a tápvonaldarab végét nyitva hagyjuk, a másik az, hogy a tápvonal végét rövidre zárjuk. Emlékeztetőül megjegyezzük, hogy félhullámú tápvonal mindig a végén észlelt impedanciát transzformálja a bemenetre, azaz rövidzár esetén a tápvonal bemenete rövidzárát mutat, nyitva hagyva a végét, a tápvonal bemenete szakadást mutat.

A negyedhullámú tápvonal esetén – ha a végét rövidre zárjuk, akkor szakadást mutat. Ez egy igen érdekes jelenség, mert ha a végére kis terhelést kötünk (pl. 50 ohmot) akkor a bemeneten valamekkora impedanciát mérhetünk. Ennek az az eredménye, hogy ez a tápvonaldarab nem alkalmas antennaillesztésre.

Ha a negyedhullámú tápvonal végét nyitva hagyjuk, akkor a bemenetnél rövidzárát mérhetünk a rezonancia hullámhosszán. Ez is egy érdekes jelenség, mert ha a végére kis terhelést (pl. 50 ohmot) kötünk, a bemeneten ugyanaz a helyzet áll elő, mint az előző esetben. Tehát ez az eset sem alkalmas antenna táplálásra.

A negyedhullámú tápvonal tehát pontosan olyan tulajdonságokat mutat, mint a rezgőkör. Rövidrezárt véggel megfelel a párhuzamos rezgőkörnek, nyitott véggel pedig a soros rezgőkörnek. Azaz a rövidrezárt végű negyedhullámú tápvonal a párhuzamos rezgőkör nagy impedanciáját, a nyitott végű negyedhullámú tápvonal pedig a soros rezgőkör rövidzáró impedanciáját fogja mutatni a rezonancia hullámhosszán.

A fentiekből következik, hogy az elektromosan negyedhullámú tápvonalak a rezonancia hullámhosszon kizáró vagy rövidzáró feladatokra alkalmasak. Bár nehézkes, de a többsávosnak szánt antennákba rezgőkörök helyett is építhetünk hullámcsapdákat rövidzáró (párhuzamos rezgőkörnek megfelelő) negyedhullámú tápvonalakkal.

A következő részben folytatjuk a barangolást a tápvonalak világában.

– *** –

Tápvonal és illesztés (A rádióamatőr – 97. rész)

Az előző részben megvizsgáltuk, hogy az elektromosan negyedhullám hosszúságú tápvonal miként viselkedik, ha a végét rövidebbre zárjuk, illetve nyitva hagyjuk. Az első esetben a tápvonal szakadást mutat (mintha párhuzamos rezgőkör lenne), a második esetben rövidzárát észlelünk (mintha soros rezgőkör lenne).

Vegyünk egy tetszőleges hosszúságú tápvonalat és tápláljuk meg egy adott frekvenciájú váltakozó feszültséggel. Végezzük el a kísérletet rövidrezárt és nyitva hagyott (azaz szakadt véggel). Azt fogjuk tapasztalni, hogy a betáplálási ponton valamiféle reaktancia jelentkezik, amely végül is csak a kábel hosszúságának függvényében határozható meg. Azt biztosan tudjuk, a negyedhullámú és annak páratlan számú többszöröseinek megfelelő szakaszokban, a vég állapotának függvényében (ami rövidzár vagy szakadás) a negyedhullámú szakaszra meghatározott viszonyok a jellemzőek.

Azaz rövidrezárt vég esetében ezeknek a szakaszoknak a végén szakadást mérhetünk, míg nyitva hagyott végnél rövidzár a mérés eredménye. A félhullámú és annak egész számú többszöröseinek megfelelő hosszúságú szakaszoknál a vég állapotának megfelelő állapotok alakulnak ki, azaz rövidzár esetén rövidzár, szakadás esetén szakadás mérhető. A tetszőleges hosszúságból negyedhullámú felosztás után fennmaradt szakasz biztos, hogy rövidebb a negyedhullámnál, itt jól kiszámítható reaktanciát mérhetünk amelynek jellege kapacitív, ha az áram siet a feszültséghez képest, induktív, ha az áram késik a feszültséghez képest.

Az egész jelenség oka az, hogy a tápvonalra kapcsolt nagyfrekvenciás jel mind rövidzár, mind szakadás esetén teljes egészében visszaverődik, és a tápvonalon állóhullámok alakulnak ki, amelyek természetét az eddigi példákban szélső esetekre jellemeztük – azaz rövidzárt és szakadt végekre.

Az állóhullámok megjelenésére e szélső értékű tápvonal lezárásoknál (rövidzár és szakadás) az a jellemző, hogy a tápvonalra adott teljesítmény teljes egészében visszaverődik, mert nincs leillesztett vagy illesztetlen, de valós fogyasztó a tápvonal végén.

Az előzőekből kiindulva vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor a tápvonalat nem megfelelően leillesztett fogyasztóval zárjuk le. Korábban már szó volt róla, hogy a tápvonal a saját veszteségét leszámítva tökéletesen átviszi a teljesítményt a fogyasztóra, ha mind a generátor (azaz az adókimenet), mind a tápvonal, mind a fogyasztó impedanciája azonos. Tehát egy 50 ohmos adókimenetről egy 50 ohmos tápvonallal egy 50 ohmos talpponti impedanciájú antennát tetszőleges hosszúságú tápvonallal tökéletesen – azaz energiaveszteség nélkül – meg tudunk táplálni, leszámítva a tápvonal saját veszteségét.

Abban az esetben, ha a terhelés (azaz az antenna) impedanciája nem felel meg az adókimenet és tápvonal megegyező impedanciájának, állóhullámok alakulnak ki a tápvonalon, amelyek a betáplált teljesítmény egy részét visszaverik, azaz felélik. Ez a teljesítményveszteség annál nagyobb, minél nagyobb a terhelés (azaz az antenna) illesztetlensége, pl. az 50 ohmos rendszerhez képest. Az állóhullámok kialakulását mérni lehet, sok adóvevőben a beépített műszer is jelzi, de külön műszer is alkalmazható, neve állóhullámarány mérő.

A teljesítményvesztés elkerülése érdekében a fogyasztót (azaz az antennát) illeszteni kell a tápvonalhoz, amelyre különféle megoldások (antennahangolók és/vagy úgynevezett vonaltranszformátorok) alkalmazhatók.

Az, hogy illesztetlenség esetén kapacitív vagy induktív reaktancia keletkezik a táplálási pontnál, az a tápvonal hosszától függ. Ezek a reaktanciák hangolással kompenzálhatók, azaz nem hatnak vissza az adókimenetre – elkerülendő annak túlterhelését, tönkremenetelét. Azonban az állóhullámok azért még jelen vannak, elkerülésük akkor tökéletes, ha a fogyasztót (azaz az antennát) illesztjük le a tápvonal impedanciájára. Erre olyan lehetőségek kínálkoznak, amelyekkel külön kell foglalkoznunk majd.

Végezetül meg kell említeni, hogy egyszerűbb esetben a tápvonal hosszának variálása - mint hangolóelem - is segíthet. Pl. egy többsávú antenna az egyik sávban nem veszi fel az adóteljesítmény egy részét (mert a nagy reaktancia miatt nem terheli a generátort). Átmeneti megoldásként szóba jöhet a tápvonal hosszabbítása vagy rövidítése. Ilyen esetben tökéletes megoldás lenne a félhullámú tápvonal alkalmazása, amely az antenna talpponti impedanciáját leviszi az adóhoz és egy antennahangoló ezt az impedanciát leilleszti az adókimenet impedanciájára.

- *** -

Többsávú antenna – a W3DZZ (A rádióamatőr – 98. rész)

Az előző néhány részben figyelmünket a tápvonalak felé fordítottuk. Erre azért volt szükség, mert ismerkedni kezdtünk a többsávú antennákkal, s azok táplálása több figyelmet követel meg, mint az egyszerű, egysávú, jól illeszthető dipól-antenna.

Ez alkalommal visszatérünk a többsávú huzalantennák világába. Ezek közül Magyarországon az 1970-es évek elejétől az ún. W3DZZ antenna vált a legismertebbé és a legelterjedtebbé. Ez az antenna két trappal (hullámcsapdával – azaz párhuzamos rezgőkörrel) működő, öt amatőrsávra alkalmas, igen ravasz konstrukciójú megoldás, amely a maga idejében, s máig is, eredményesen és jól alkalmazható antennának találtatott az akkoriban, a magyar rádióamatőrök számára engedélyezett összes rövidhullámú sávban. Ez az öt sáv akkor a 80, a 40, a 20, a 15 és a 10 méteres amatőr sávszegmens volt.

Az antenna az egész világon annyira sikeres konstrukciónak bizonyult, hogy ipari gyártása megindult és a nyugati országokban kereskedelmi forgalomban is kapható volt. A ma engedélyezett 9 klasszikus (+ 5 MHz speciális) rövidhullámú sávszegmensre való tekintettel 1979. után megjelentek a W3DZZ antenna klónjai is. Az 1979-ben kapott új (az ún. WARC, a 30, a 17 és a 12 méteres) sávokra szintén kialakítottak különféle konstrukciókat. Így ma ennek az antennának létezik a klasszikus ötsávú és a WARC sávú változata is.

A klasszikus W3DZZ antennáról, egyben minden más trap antennáról is tudni kell, hogy csak egy adott teljesítményig használható adóantennaként. Ennek az az oka, hogy a trap (azaz a hullámcsapda) két 7 MHz-es rezgőkör, amelyek 40 méteres

üzem esetén lezárják az áram útját (mint dipól végek), így ott igen nagy feszültség jelentkezik, amelyet a rezgőkörök kondenzátorainak átütés nélkül tűrniük kell. Az antennára adható teljesítményt a kondenzátorok átütőfeszültségével lehet növelni, a sztenderd antenna 150 W-ig használható, e felett a kondenzátorokat nagyobb feszültségűre kell megválasztani.

A klasszikus W3DZZ antenna teljes hossza 33,4 méterre adódik, a középponttól 10-10 méterre helyezkedik el a két 7 MHz-re méretezett párhuzamos rezgőkörből álló trap. Korábban már szó volt róla, hogy a trap a szabad térben kerül elhelyezésre, amely ki van téve az időjárás szeszélyének, ezért a rezgőköröket hőkompenzált megoldásúaknak kell kialakítani és szerkezetileg víz- és nedvességálló, továbbá UV sugárzást tűró burkolattal kell ellátni. Ennek ellenére a rezgőkörök idővel előregszenek, az antenna hatásfoka pedig romlani kezd.

A táplálás közepén történik, tetszőleges hosszúságú 50 ohmos koax kábellel, amelyből az antenna táppontjától számítva legalább 6 métert célszerű függőlegesen a szabad térben lógva hagyni.

Tekintettel arra, hogy a W3DZZ antenna végül is egy érzékenyebbnek tekinthető hangolt rendszernek is vehető, a környezeti hatások szerepet játszhatnak a valós talpponti impedancia kialakulásában. Annak idején minden adóvégfokozat rádiócsöves volt, így az antennát mindig könnyen és pontosan le lehetett hangolni az adóvégfokozathoz kötelezően tartozó antennahangolóval. A másik probléma az antenna sáv szélessége (mint minden antennáé), a hangoló azt a lehetőséget is biztosította, hogy egy adott sávon belül is pontosan kihangolható volt az antenna.

A félvezetős adóberendezések fix 50 ohmos kimeneti impedanciával rendelkeznek minden egyes amatőr sávsegmensben, emiatt, mint minden többsávú antenna esetében, a W3DZZ antennához is célszerű antennahangolót használni a félvezetős adóvégfokozatok esetében.

Az antenna lényegében megfelel a dipól antennának, a rövidebb hullámhosszak esetében még némi nyereséget is remélhetünk a konstrukcióból adódóan.

Amatőr eszközökkel is megépíthető a W3DZZ antenna, azonban a fentiekben ismertetett szempontok alapján meglehetősen nagy kihívást jelent mind mechanikai, mind elektromos szempontból. Az utóbbit az okozza, hogy a rezgőköröket és magát az antennát is pontosan be kell hangolni, ami rengeteg aprómunkával jár, szerszámokat, műszerezettséget és nagy türelmet igényel.

A következő részben folytatjuk a legelterjedtebb többsávú huzalantennák ismertetését.

– *** –

Többsávú antenna – a Windom (A rádióamatőr – 99. rész)

Az előző részekben már szó esett arról, hogy az léteznek egyhuzalú tápvonalak is. Amennyiben egy huzalt kifeszítünk a szabad térben, bizonyos, a frekvenciától független hullámimpedanciát mérhetünk. Mivel e hullámimpedancia nem függ a huzal hosszától, csak az átmérőjétől, az egyhuzalú elrendezés tetszőleges hosszúságú tápvonalként alkalmazható antennák megtáplálásra. Természetesen az antennán a táplálási pont impedanciájának meg kell felelnie az egyhuzalú tápvonal hullámimpedanciájának. Azt azonban ne felejtsük el, hogy minél

hosszabb egy tápvonal, annál nagyobb lesz a vesztesége. Különösen igaz ez az egyhuzalos táplálásra, nem is említve azt, hogy e tápvonal hajlamos a parazita sugárzásra.

Egy tetszőleges hosszúságú, 1 mm átmérőjű, szabad térben elhelyezkedő huzal hullámimpedanciája 500 ohm körülire adódik.

Amennyiben antennaépítési szándékkal veszünk egy szabad térben kifeszített, félhullám hosszúságú huzalt és megvizsgáljuk a táplálás lehetőségeit, azt találjuk, hogy középen táplálva a huzalt 50–70 ohm impedanciát látunk és ez a klasszikus egysávos dipól antenna esete.

Tudjuk azonban, hogy egy félhullámú drót rezonáns az eredeti hullámhossz felén, negyedén, nyolcadán, stb. Ez azt jelenti, hogy az eredeti félhullámú huzal több hullámhosszon is rezonáns antenna lehet, csak a megfelelő betáplálási pontot kell megkeresni, ahol a kívánt üzemi hullámhosszakon nagyjából egy adott pontban mutat azonos impedanciát a táplálhatóság érdekében.

Némi kompromisszummal találunk ilyen pontot, természetesen nem középen. Ha megfelelően választjuk meg az antennahuzal átmérőjét, akkor ezen a ponton egy huzallal táplálva az antennát, minden hullámhosszon hozzávetőlegesen azonos, méghozzá kb. 500 ohm impedanciát lát az egyhuzalos tápvonal. Ezt az antennát feltalálója után Windom antennának hívjuk (évtizedekkel ezelőtt VS1AA néven volt ismert). Ha az antennahuzal átmérője 2 mm, akkor egy 80 méteres sávra méretezett 41 méter hosszú antennát az egyik végétől számítva kb. 14,4 méterre tápláljuk meg egy huzallal, az antenna rezonáns lesz a 80, a 40, a 20 és a 10 méteres amatőrsávokban.

A VS1AA antenna méretezése a következőképpen történik:

Az antenna hossza = $k * \lambda / 2$, ahol k a rövidítési tényező, λ a hullámhossz.

A betáplálási pont helye az antenna egyik végétől számítva kb. $0,18 * \lambda$ távolságban található. Az antenna alatt kiváló tulajdonságú föld az ideális.

Az egyhuzalos táplálás azonban messze nem ideális, főleg akkor, ha lakott környezetben van az antenna. A táphuzal hajlamos káros sugárzást kibocsátani, zavarokat okozni. Ennek egyik oka a kompromisszumos tervezés miatti illesztetlenségek megléte, a másik ok a környezeti tényezőkben keresendő.

Ha azt vesszük, hogy a táplálási pontban kb. 500 ohm impedancia van minden üzemi sávon, akkor egy megfelelő széles sávú teljesítményimpedanciatranszformátor beillesztésével a táplálási pontba, megoldható az antenna 50 ohmos koax kábellel történő megtáplálása. Ekkor a táplálási pontban elvágjuk az antennát, az impedanciatranszformátor nagyimpedanciás tekercsérnek végeire kötjük az antenna rövidebb és hosszabbik szakaszát.

Ezt a megoldást nevezzük ma Windom antennának, amely – az előzőekben ismertetettek szerint – szintén egy kompromisszumos, bár jól használható többsávos antenna. Az ismertetett méretezési elv szerint az antennát tetszőleges rövidhullámú hullámhosszra méretezhetjük.

A következő részben folytatjuk a barangolást az antennák világában.

– *** –

Gondolatok a rádióamatőr ismeretekről

(A rádióamatőr – 100. rész)

Élve a különleges alkalommal, hogy a rádióamatőrökről szóló előadássorozat elérte a 100. részt, önhatalmúlag megtörjük a bizonyos szempontból eddig gyakorolt műszaki ízű monotonitást.

Felmerül a kérdés, hogy mikor érünk e sorozat végére? Hiszen még szó sem esett, vagy alig esett arról szó, hogy mi is az értelme a rádióamatőröknek. Erre a kérdésre legnehezebb megadni a választ, s ahogy fejlődik a világ, egyre bonyolultabb lesz megfogalmazni a lényegét. Röviden és tömören megfogalmazva: kinek, mi. Talán ez lenne a legtalálóbb válasz. Fejtsük ki ezt értelmesebben.

A klasszikus rádióamatőr az éterben vadászat. Hogy mire? Más, távoli rádióamatőrökkel való kapcsolatfelvételre. Ez bizony vadászszenvedély. Szerencsére a világon sok rádióamatőr él ugyanennek a szenvedélynek, könnyű partnert találni, vagy ahogy mondjuk riportot váltani egymással. Hogy ennek mi az értelme? Bizonyos rádióhullámok terjedése elsősorban a földünket körülvevő ionoszféra (vegyük úgy, mintha tükör lenne) pillanatnyi állapotától, visszaverő képességétől függ. Az ionoszféra állapotát pedig a Nap pillanatnyi részecskesugárzása határozza meg. E tükör pedig hol élesen veri vissza fényt – ez a jó terjedés, hol homályos – ez a valamiféle „terjedés van” állapot, hol pedig teljesen fekete, azaz fényt nem ver vissza, tehát nincs rádióhullám terjedés. Azaz a rádióamatőr ki van szolgáltatva a természetnek, vagyis nem minden alkalommal vagyunk képesek kapcsolatot teremteni például Ausztráliával, noha azt szeretnénk, de abban az adott pillanatban Ausztrália helyett itt dübörög a rádióinkban egy antarktisi kutatóbázis rádióamatőr állomása. Vele még nem volt riportváltásunk, hát hajrá, meghívjuk. Majd keresünk egy másik ritkaságot! Ugyan Ausztrália felé most éppen nincs terjedés, de mindig adódik valamilyen érdekes állomás, akivel jó lenne kapcsolatot létesíteni. Hát vadászatunk a sávokban, s igen, ez igazi vadászszenvedély. A zsákmány pedig az állomásnaplóba bekerülő hívójel lesz.

A magasabb frekvenciájú rádióhullámokat az ionoszféra nem veri vissza, pontosan úgy terjednek mint a fény. A horizontig ellátunk velük, majd a föld kigömbül alóluk, s a világűrben folytatódik az útjuk. Nagyon nagy távolságban már nagyon gyengék, majd a hullámok belevesznek a világűr zajába. Trükkös megoldásokkal képesek vagyunk megoldani azt, hogy e hullámokkal a látóhatáron túl is el tudjunk rádiózni. Ehhez vagy műszaki segédberendezés kell, vagy elegánsabb a Holdat célba venni és az onnan visszaverődő rádióhullámokkal lehet más kontinensekkel rádiózni.

Ahhoz, hogy e hobbit művelni tudjuk, adóvevő berendezés kell, amely elektromos árammal működik. Amennyiben nincs lehetőségünk kész berendezést vásárolni, magunk is építhetünk jól használható vevőt és adókészüléket. A vizsgázott rádióamatőr az egyedüli magánszemély, aki felhatalmazással rendelkezik arra, hogy saját rádióadót és vevőt építsen, és azt az étermunka során használhassa, azzal kísérletezhessen. Az építéshez pedig valamilyen fokon érteni kell az elektromossághoz és a rádiótechnikához, részben az elfogadható minőség elérése, részben az áram veszélyessége miatt.

A klasszikus rádióamatőr tehát maga építette meg a készülékeit, előtte meg kellett ismernie az elektromosságot és a rádiótechnikát. Ma a rádióamatőrök többsége gyári készüléket használ, amely szintén megkövetel egy bizonyos szintű műszaki ismeretet. Ha feladnánk a mélyebb műszaki ismeretek követelményét,

elveszítenénk jogunkat a saját adóvevő építésére és használatára. A gyári készülékekbe sem piszkálhatnánk bele.

Ahhoz, hogy a rádiófrekvenciás jelet kisugározzuk az éterbe, antenna szükséges. Minél jobb az antenna, annál jobban hallanak minket a távolban is. Az antennák világa külön tudomány, amelynek alapfokú ismerete elengedhetetlen. Vannak olyan rádióamatőrök, akik csak az antennákkal foglalkoznak, ez a hobbijuk a hobbin belül.

A legegyszerűbben megépíthető adóberendezés csak távíró üzemre képes. A klasszikus rádióamatőrnek tehát meg kellett tanulnia a morzejelek vételét és adását. Ez nem kis feladat, mert kitartást, majd sok gyakorlatot igényel. A morze igen megbízható üzemmód, ráadásul gyors és rugalmas rádióforgalmazást tesz lehetővé. A morze tudás önmagában nem elég; a nemzetközi forgalomhoz meg kell tanulni a nemzetközi rövidítéseket és kódokat. Ma nem kötelező a morze ismeret, de ez a rádióamatőr jogosultságok egy fontos részéről való lemondással jár.

Amikor a berendezés kibővül a távbeszélő üzemmód lehetőségével, a rádióamatőr nagy problémával találja szembe magát. Ugyanis csak az anyanyelvét beszélő állomásokkal képes forgalmazni. Ahhoz, hogy a világ többi amatőrjeivel is megértethesse magát, nyelvet kell tanulni; manapság célszerűen az angolt, azonban plusz más nyelv ismerete sem hátrány.

A digitális világ megjelenése és fejlődése felforgatta a rádióamatőr világot is. Vannak olyan amatőrtársak, akik e területen fejlesztenek amatőr berendezéseket, segédáramköröket, szoftvereket. Megjelentek a digitális üzemmódok az amatőr forgalomban, így az amatőr állomás elengedhetetlen kelléke lett a számítógép; részben naplóvezetés és adminisztráció, részben digi módú adóvevő vezérlés céljából. S a fejlődés folyamatos, a klasszikus analóg rádiótechnika visszaszorulóban van.

S hogy az amatőrök mindezek mellett ne unatkozzanak, nemzeti és nemzetközi éterrendezvények és kihívások teszik izgalmassá az étermunkát. Globális versenyekkel vannak tele a hétvégék, különleges hívójelű vagy földrajzi helyzetű alkalmi állomások tartják izgalomban a világ amatőr társadalmát.

Tehát aki rádióamatőrségre adja a fejét, arra vállalkozik, hogy egy életen keresztül tanulni fog. E sorozatnak is csak akkor lesz vége, ha már nincs mit tanulni. Ugye látható, hogy szinte még alig kezdtünk bele...?

– *** –

Az antenna a legjobb teljesítményerősítő? (A rádióamatőr – 101. rész)

Van a rádióamatőrök között egy mondás, ami igaz, és amit alapszabálynak is tekinthetünk, hogy a legjobb teljesítményerősítő az antenna. Ezt a tételt matematikailag is igazolni tudjuk, a későbbiek folyamán meg is tesszük majd.

Ha magát a rezonáns, azaz az ideális antennát tekintjük, két alaptípusával ismerkedtünk meg; az egyik a horizontálisan polarizált félhullámú dipól, a másik a vertikálisan polarizált negyedhullámú vertikális antenna. E két antennatípus jellemzőiben annyiban tér el egymástól, hogy mások a polarizációs és a sugárzási tulaj-

donságaik, valamint mások a tápponti impedanciák. Minden egyéb jellemzőiben a két antenna azonosnak tekinthető.

A dipól antennát nevezzük ki viszonyítási antennának, amely arra szolgál, hogy minden más antennát hozzá hasonlíthatunk. Vagyis azt vizsgáljuk, hogy egy tervezett és/vagy megvalósított bármilyen antenna mennyivel jobb vagy rosszabb egy vele azonos hullámhosszú 1 darab dipól antennánál. Például a dipólhoz viszonyítva egy lehangolt, nem rezonáns rövid huzalantenna a bevezetett teljesítménynek csak a töredékét sugározza ki, míg a dipól a teljes teljesítményt kisugározza elektromágneses hullámként. Ezt a viszonyítási számot számszerűsíteni is tudjuk, a módszerrel később ismerkedünk meg.

Amennyiben magát a dipólt nézzük meg, az ideálisan elhelyezett, jól kivitelezett dipól a bevezetett teljesítmény 98%-át sugározza ki. A rosszul elhelyezett dipól antenna a környezet által okozott zavaró tényezők miatt sokkal rosszabb hatásfokú lehet, ami tovább romlik, ha egy rezonancia szempontjából vagy mechanikailag rosszul kivitelezett antennáról van szó.

A továbbiakban a viszonyítási alapunk az ideálisan elhelyezett és kivitelezett dipól antenna lesz. Ennél az antennánál nem vesszük figyelembe a tápvonal és az illesztési veszteségeket, itt kimondottan az antenna kapcsaira bevezetett nagyfrekvenciás teljesítmény és az antenna által lesugárzott elektromágneses hullám teljesítménye közötti viszony képezi a vizsgálat tárgyát. Hasonló lesz a helyzet a viszonyított antennánál is, amelyből kiderül, hogy a viszonyított antenna vagy antennarendszer mennyivel jobb vagy rosszabb a viszonyítási alapnak vett ideális 1 darab dipól antennánál.

Ahhoz, hogy ragaszkodjunk a rádiózásban szokásos számítási elvekhez, meg kell ismerkednünk a jelcsillapítás vagy a jelerősítés szokásos számítási módszerével. Sajnálatos, hogy a számításunk során logaritmust kell alkalmaznunk, de ez nem lehet gond, mert a korszerű kalkulátorok, a számítógép oprendszerébe épített kalkulátorok segítségével minden számítást el tudunk végezni.

Egy szám logaritmusa azt mutatja meg, hogy az adott szám hanyadik hatványa a logaritmus alapját képező másik számnak. Mi csak a 10-es alapú logaritmussal fogunk dolgozni, így gyorsan nézünk néhány példát.

Tíz önmagával megszorozva – azaz négyzetre emelve – azaz 10^2 művelet eredménye 100 lesz. Ha a 100 logaritmusát keressük, akkor 2-őt kapunk eredményül, azaz $\log(100)=2$ mert 10 a másodikon, azaz $10^2=100$. Ugye, ez nem is olyan bonyolult.

Nézzünk egy másik példát: tízet megszorozzuk tízzel és még egyszer tízzel, azaz 10-et a harmadik hatványra emeljük. Az eredmény 1000 lesz, mert tízszer tízszer tíz, azaz $10^3=1000$ -el. Ebből következik, hogy $\log(1000)$ 3-al egyenlő.

A rádiótechnikában nagy számokkal dolgozunk, az erősítések és a csillapítások sokszor millió nagyságrendben fordulnak elő, ezért célszerű a logaritmus segítségének igénybevétele a jellemző arányok kifejezésére. Például egy 1 mikrovoltos antennajelel a vevőkészülékünk akkor tud 1 voltra felerősíteni, ha az erősítése legalább 1 milliószoros.

A következő részben folytatjuk az antennák tulajdonságainak vizsgálatát a dipólhoz viszonyítva.

– *** –

Erősítés és csillapítás – a deciBell (dB) – I. (A rádióamatőr – 102. rész)

Az előző részben megtanultunk 10-es alapú logaritmussal számolni. Beszéltünk arról is, hogy akkor, ha egy rádió vevőkészülék a bemenetére jutó 1 mikrovoltos (azaz egymilliomod voltos) antennajelet a kimenetén 1 voltra erősít, akkor az erősítése 1 milliószoros. Ez óriási erősítés, nem lenne kellemes az erősítést milliószoros nagyságrendekben kifejezni, bizonyos esetekben grafikusán ábrázolni.

Ilyen esetben vesszük elő a jó öreg tízes alapú logaritmust, Az egymillió (10^6) tízes alapú logaritmus 6 lesz. Ez viszont túlságosan kicsi érték ahhoz, hogy különféle erősítési viszonyokat fejezzünk ki vele, ezért bevezetjük a deciBell (jele: dB) mértékegységet, amely megkönnyíti a dolgunkat. A feszültségerősítést decibelben a következőképpen számoljuk ki:

A kimenőjelet elosztjuk a bemenőjellel, a kapott szám tízes alapú logaritmusát megszorozzuk hússzal és így megkapjuk az erősítés értékét decibelben kifejezve.

$$A_u = 20 * \log(U_{ki}/U_{be})$$

Számoljuk ki a példának vett rádió erősítését decibelben. A kimenőjel 1 volt, amit elosztunk 1 μ V-tal (10^{-6} V), azaz egymilliomod volttal. Az eredmény 1.000.000 (10^6) lesz, aminek a logaritmus 6. A 6-tot megszorozzuk 20-szal, eredményül 120 dB-t kapunk. Tehát vevőnk erősítése 120 dB, ami azt jelenti, hogy 1 μ V (10^{-6} V) antennajelet a vevőkészülék 1 V-ra erősít fel – azaz az 1 μ V-os nagyfrekvenciás antennajel felerősítve és demodulálva a vevő kimenetén 1 V-os hangfrekvenciás jelet produkál.

A vevőnkben alkalmazott hangfrekvenciás erősítő erősítése összesen 1000-szeres. 1000 logaritmus 3, $3 \times 20 = 60$, tehát a vevő hangfrekvenciás erősítése 60 dB, ebből adódik, hogy a vevő előző fokozatainak összes erősítése szintén 60 dB kell, hogy legyen. A két erősítés értéket összeadva 120 dB-t kapunk, ami megfelel a vevő erősítésének.

Ebből a példából azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a deciBellben kifejezett erősítések és csillapítások számtanilag összeadhatók, ahol a csillapítások negatív előjelet kapnak. Így egy komplett rendszert alkotó fokozatok által megtestesített erősítések és csillapítások összege kiadja a komplett rendszer deciBellben kifejezett erősítési jellemzőjét.

A csillapítások kifejezése is dB-ben történik. Van egy passzív szűrőnk, ami ellenállásokból és kondenzátorokból áll. A szűrőre 1 volt váltakozó feszültséget kapcsolunk, a kimeneten 0,2 voltot mérünk. Az előzőekben alkalmazott számítási metodikát alkalmazva a kimeneti feszültséget elosztjuk a bemeneti feszültséggel, vagyis $0,2/1=0,2$. A 0,2 érték logaritmus 0,2 kerekítve -0,7 lesz. Ezt megszorozva 20-szal -14 dB értéket kapunk eredményül. A negatív előjel jelzi, hogy a szűrő csillapít, azaz nem erősít, tehát csillapítása -14 dB.

Vegyünk egy példát. Van egy koax tápkábelünk, amelyre a gyártó 100 MHz-es frekvencián 2 dB/100 méter csillapítást ad meg. Számítsuk ki, hogy egy 100 méter hosszú tápkábel egyik végére kapcsolt 100 MHz-es 1 voltos jel esetén a másik végén mekkora feszültséget mérhetünk.

Mivel csillapításról van szó, -2 dB-lel kell számolnunk. A -2-tőt elosztjuk 20-szal és ennek értéke -0,1 lesz. Ez annak az arányszámnak a logaritmus, amelyet keresünk. Az arányszámot úgy kapjuk meg, hogy $10^{-0,1}$ -es hatványát keressük, azaz $10^{-0,1}$ értéket kell kiszámolnunk. Kalkulátorunk segít, a 10^y funkciót kell alkalmaznunk. A 10 a logaritmus alapja, az y a hatványkitevő, ami nálunk -0,1. A műveletet elvégezve, kerekítve 1,259-et kapunk. Mivel a bemeneti feszültséget 1 V-nak vettük fel, ezt el kell osztanunk 1,259-el, hogy megkapjuk a kimeneti feszültséget. A műveletet elvégezve és kerekítve 0,79 V-ot kapunk kimeneti feszültségnek 100 MHz-en és 100 méter kábelhosszra számolva -2 dB megadott csillapítási értékkel.

Ezek – bár nagyon bonyolult – de nagyon fontos számítások a rádióamatőr számára, ezért a továbbiakban is e témakörben maradunk.

- *** -

Erősítés és csillapítás – a deciBell (dB) – II. (A rádióamatőr – 103. rész)

Az előző részekből megtanultuk azt, hogyan számoljunk erősítést és csillapítást a rádiótechnikában. Megismerkedtünk a deciBell fogalmával, ez a mértékegység logaritmikusan fejezi ki az erősítés és a csillapítás mértékét. Erre a megoldásra ezért van szükség, mert kényelmetlen milliószoros vagy milliomod nagyságrendű számokkal dolgozni. Ezért a rádiótechnikában általánosan elfogadott deciBell használata, minden erősítéssel vagy csillapítással kapcsolatos adatot deciBellben fejeznek ki.

Annak érdekében, hogy szemléltessük a feszültségerősítésre vonatkozó deciBell nagyságrendeket, nézzünk néhány példát:

- Egymilliószoros feszültségerősítés 120 dB
- százezerszeres feszültségerősítés 100 dB
- tízezerszeres feszültségerősítés 80 dB
- ezerszeres feszültségerősítés 60 dB
- százszoros feszültségerősítés 40 dB
- tízszeres feszültségerősítés 20 dB
- nincs feszültségerősítés, sem csillapítás az 0 dB (ugyanis $100=1$).

Vegyünk példának egy kétfokozatú hangfrekvenciás erősítőt. Az első fokozat nagy, azaz százszoros erősítéssel rendelkezik, ez megfelel 40 dB-nek. A következő fokozat a végerősítő, ennek feszültségerősítése kicsi, csak tízszeres, azaz 20 dB. A hangfrekvenciás fokozat összes erősítése $40+20$ dB=60 dB, tehát ezerszeres. Ez azt jelenti, hogy az erősítő bemenetére jutó egy ezredvoltage, azaz 1 mV (10^{-3} V) feszültséget az erősítő ezerszeres nagyságúra erősíti, így a kimeneten 1 V nagyságú jelet kapunk.

A feszültség csillapítások kifejezése negatív előjellel történik. Például -60 dB csillapítás azt jelenti, hogy egy rendszer bemenetére adott 1 V-os jel a kimeneten egy ezredvoltage jel lesz (10^{-3} V). -20 dB csillapítás esetén az 1 V-ból a kimeneten 0,1 V (10^{-1} V) lesz.

Az előző részben kiszámolt koax kábel csillapításra azt mondtuk, hogy a gyári adatok szerint 100 m hosszú kábel csillapítása -2 dB. Ez azt jelenti, hogy a kábelbe betáplált 1 V-os feszültségből a kimeneten már csak 0,79 V jelenik meg. Minél rövidebb a kábel, annál kisebb a csillapítása. Például 50 m hosszú kábel már csak 1 dB-t csillapít, tehát minél rövidebb egy tápkábel, annál kevesebb teljesítmény veszik el az antennáig.

Térjünk még vissza az előzőekben példának vett hangfrekvenciás erősítőhöz, amelyre azt mondtuk, hogy erősítése ezerszeres, azaz 60 dB. Amennyiben a bemenet elé egy passzív távírósűrőt kötünk, amelynek csillapítása -10 dB, a rendszer most 3 fokozatú lesz és erősítés 60–10 dB-re, azaz 50 dB-re csökken. Ennek eredménye pedig az, hogy az 1 mV-os bemeneti jel az eredeti 1 V helyett már csak 316 mV kimeneti jelet eredményez.

Fontos szabály tehát, hogy több fokozat esetén az egyes fokozatra vonatkozó, deciBell-ben megadott erősítések összeadhatók (a csillapítások negatív előjelűek), így kapjuk meg a több fokozatból összeállított rendszer bemeneti és kimeneti feszültségerősítési viszonyát.

Az eddigiekben a feszültségerősítéssel foglalkoztunk. A teljesítményerősítést és csillapítást hasonló módszerrel, de más számértékkel kalkuláljuk. A következő részben mélyülünk el a teljesítményerősítés rejtjelmeiben.

- *** -

Teljesítményerősítés (A rádióamatőr – 104. rész)

Az előző részekben megismerkedtünk a rádiótechnikában alkalmazott feszültség-erősítés és csillapítás célszerű, 10-es alapú logaritmus segítségével történő számszerűsítésével.

Azért kell logaritmikus értékekkel dolgoznunk, mert milliószoros vagy milliomed nagyságrendbe eső erősítéseket, illetve csillapításokat nehézkes kifejezni nagy vagy nagyon kicsi valós számokkal. Az is szempont, hogy az erősítések, csillapítások grafikus ábrázolása sokkal kézre esőbb, ha logaritmikus formában tesszük.

A mértékegység deciBell, amelyet feszültségerősítés esetében úgy számolunk ki, hogy a kimenő feszültséget elosztjuk a bemenő feszültséggel, a kapott érték tízes alapú logaritmusát megszorozzuk hússzal.

A decibelben megkapott értékeket több erősítő vagy csillapító (negatív deciBell értéket adó) fokozat esetén összeadjuk, így megkapjuk egy egész rendszer valódi erősítését az összes erősítő és csillapító hatásokat figyelembe véve.

Amennyiben teljesítményerősítést vagy -csillapítást kívánunk számolni, hasonlóképpen kell eljárunk, azzal a különbséggel, hogy kimenőteljesítmény és a bemenőteljesítmény hányadosának 10-es alapú logaritmusát nem hússzal, hanem csak tízzel kell megszorozni. Képletbe leírva:

$$A_p = 10 * \log(P_{ki}/P_{be})$$

A teljesítményerősítés szintén felvehet negatív értéket, ami azt jelenti, hogy az adott fokozat a bevezetett teljesítmény egy részét feléli (disszipálja), a kimeneten kisebb teljesítmény jelenik meg, mint a bemenőteljesítmény. Erre is láttunk már példát, amikor a 100 méter hosszú koax tápkábel veszteségét számoltuk ki a bemenő és a kimenő feszültségviszonyokból. Nyilván a feszültségcsökkenés teljesítménycsökkenést jelent.

Nézzünk egy példát a teljesítményerősítésre. Vegyünk egy adó végfokozatot, amelynek ismeretlen a teljesítményerősítése. A bemenetét 1 W teljesítménnyel tápláljuk meg, a kimeneten 10 W kimenőteljesítményt mérünk. Számoljuk ki a teljesítményerősítést dB-ben kifejezve.

$A_p=10 * \log(10/1)$ képlet szerint a logaritmus 10 egyenlő 1-el, ezt megszorozva 10-zel a végeredmény 10 dB lesz. Tehát a végfokozat teljesítményerősítése 10 dB.

Csatlakoztassunk ehhez a végfokozathoz egy dipól antennát, amely ideális megtáplálású és sugárzási hatásfokú, azaz 98% a hatásfoka. A kábel teljesítményvesztését gyári adatai szerint kalkuláljuk -0,2 dB-re (kábelcsillapítás).

Az antenna teljesítményerősítése a következőképpen alakul:

Bevezetett teljesítmény 10 W
Lesugárzott teljesítmény 9,8 W

Az $A_p=10 * \log(9,8/10)$ képlet szerint az antenna teljesítményerősítése kerekítve -0,1 dB – tehát az antennán teljesítmény veszik el. A végfokozatot követő elemek tehát teljesítményvesztést jelentenek, ami számszerűen -0,2 dB plusz -0,1 dB az összesen -0,3 dB lesz. Ez azt jelenti, hogy a végfok 10 W kimenőteljesítményéből kb. 1W elveszik és csak 9 W kerül elektromágneses hullámként kisugárzásra.

Az 1 W bemenőteljesítményű végfok-tápkábel-antenna rendszer teljesítményerősítése végül is 9,7 dB lesz, amelyből +10 dB a végfokozat erősítése, -0,2 dB a tápkábel csillapítás és -0,1 dB az antennahatásfokból adódó teljesítményvesztés.

A következő részben arra keressük a választ, hogy hogyan tudjuk javítani az antennák tulajdonságait.

– *** –

Veszteségek az antennarendszerben (A rádióamatőr – 105. rész)

Létezik a rádióamatőrök között egy nagyon fontos mondás, miszerint „Az antenna a legjobb teljesítményerősítő.”

Az előző részekben alaposan megvizsgáltuk azt, hogy az adókészüléket elhagyva mi történik a nagyfrekvenciás jellel a teljesítményviszonyok alakulását illetően mindaddig, amíg az antennán át nem alakul kisugárzott elektromágneses hullámmá.

Vizsgálatunk eredménye az lett, hogy az adóvégfok által szolgáltatott kimenőtjeljesítmény egy kis része nem alakult át elektromágneses hullámmá, ugyanis az antennához vezető tápkábelben, továbbá magán az ideális térben elhelyezett antennán is veszteségek keletkeznek. Az előző részben vett példa esetében a tápkábel veszteség -0,2 dB-re, maga az antennaveszteség pedig -0,1 dB-re adódott, így egy 10 wattnyi betáplált nagyfrekvenciás energiából 1 watt elveszett és csak 9 wattnyi energia alakult át kisugárzott elektromágneses hullámmá.

A veszteség függött az antennát megtápláló tápkábel minőségétől és hosszától, továbbá a tökéletesen rezonanciára méretezett és kivitelezett antenna saját veszteségétől.

Mivel a kalkulációnkat közel ideális állapotokat feltételezve végeztük el, a nem ideálisan méretezett és nem ideális környezetbe (azaz árnyékolatlan szabadterbe elhelyezett), továbbá a rossz minőségű, hosszú tápkábelrel telepített antenna vesztesége jóval nagyobb lehet.

Rádióamatőr szempontból rendkívül fontos, hogy a rendelkezésünkre álló nagyfrekvenciás energiát a lehető legjobb hatásfokkal sugározzuk ki az éterbe, mert az energiaveszteség a partnerállomás vételi oldalán jeleink romló térerejét és hangerejét fogja jelenteni. A veszteségekhez hozzájárul a terjedési út során keletkezett csillapítás, a pillanatnyi hullámterjedési sajátosságokból eredő veszteség. A vételi oldalon az antennában igen kicsi feszültség indukálódik. Minél kisebb a jelünk, annál inkább úgy járhatunk, hogy a vételi antennában már az indukálódott zaj nagyobb, mint a jelünk, így elveszünk a zajban, vagyis meg se hallanak minket.

Ahhoz, hogy egy érthetőségi szempontból elfogadható összeköttetés létrejöhessen, megfelelő nagyságú kisugárzott jelteljesítmény szükséges. Ezért az antennákkal való küzdelem arról szól, hogy a rendelkezésre álló teljesítményünk minél nagyobb része váljon kisugárzott elektromágneses hullámmá.

Egy dolgot azonban nagyon fontos megjegyezni: az antenna a bevezetett teljesítménynél nagyobb teljesítményt nem tud elektromágneses hullámként lesugározni, sőt a helyzet éppen ellenkező. Amíg az adóból a nagyfrekvenciás jel eljut az antennáig, majd azon lesugárzódik – különféle veszteségek lépnek fel. Az első veszteségforrás az antenna tápkábele, a következő a tápkábel végén lévő antennaillesztési viszonyok tökéletlensége, végül pedig maga az antenna határfoka hoz veszteséget a rendszerbe.

Az antenna hatásfokot illetően a legfőbb veszteségi forrás az antenna elhelyezéséből adódik – ha az antenna egy háztetőn kerül elhelyezésre, a környezetében lévő más műtárgyak, oszlopok, antennák jelentősen csillapítják az elektromágneses hullámot. Másik tényező, hogy maga az antenna esetlegesen kompromisszumos megoldású, azaz nem pontosan hullámhossz rezonáns és a teljesítményillesztés sem tökéletes az antenna és a tápkábel között.

Példának vegyünk egy ideális dipólt és egy kis méretű mágneses, azaz keretantennát. Az ideális dipól hullámhossz-rezonáns, a keretantenna olyan kis méretű a hullámhosszhoz viszonyítva, hogy tulajdonképpen hangolással lehet rezonánssá tenni – tehát hangolással rezonáns. Míg az ideális dipólrendszer a bevezetett 10 wattból 9 wattot képes elektromágneses hullámként lesugározni, a keretantenna

jó, ha ennek századrészét képes elektromágneses hullámmá alakítani. Azaz a 10 wattból 0,1 watt lesz lesugárzott teljesítmény. Ez borzasztóan nagy veszteség.

Jogosan merül fel a kérdés, hogy akkor miért mondják a rádióamatőrök, hogy az antenna a legjobb teljesítményerősítő, amikor az antenna és táprendszere a bevezetett teljesítménynek csak egy bizonyos hányadát képes lesugározni a veszteségek miatt.

A következő részben vizsgálódásunkat e kérdés megválaszolása tekintetében folytatjuk.

– *** –

Az irány sugárzó antenna (A rádióamatőr – 106. rész)

Az előző részekben, miután megvizsgáltuk azt a kérdést, hogy egy antenna a bevezetett nagyfrekvenciás energiából mennyit képes hasznosítani, arra a következtetésre jutottunk, hogy az ideálisra méretezett és kivitelezett, ideálisan a szabad térben elhelyezett antenna a legjobb esetben is a bevezetett energia 98%-át képes lesugározni elektromágneses hullám formájában. Az ideálistól eltérő minden más esetben az eredmény rosszabb, sokkal rosszabb lehet.

Tehát jogosan tettük fel a kérdést, hogy vajon miért mondják az amatőrök azt, hogy az antenna a legjobb teljesítményerősítő? Igaz-e ez a kijelentés?

Nos, a korábbiakban taglaltakból már látjuk, hogy ez a kijelentés alapvetően nem igaz, hiszen az alapantenna passzív elem és semmiféle erősítésre nem képes. Az antenna esetében alapvetően azért kell küzdenünk, hogy minél kisebb legyen a vesztesége, amely az ideális méretétől, illesztésétől és térbeli elhelyezésétől függ.

Azonban az állításban mégis van igazság. Most egy kicsit elkalandozunk a látható fény világába, hogy magyarázatot találjunk eme igazságra. A fényhullámok viselkedése nagyon hasonló az elektromágneses hullámok viselkedéséhez. Egyenesen, fénysebességgel terjednek (vákuumban) és ha visszaverő felületre érkeznek, a hullámok visszaverődnek.

Magyarországon a nyári átlagos napsütés energiája hozzávetőlegesen $1,2 \text{ kW/m}^2$. Egy négyzetméter $100 \times 100 \text{ cm}$, azaz 10.000 cm^2 , így az 1 cm^2 -re jutó napenergia $1200 \text{ W}/10000 \text{ cm}^2$, azaz $0,12 \text{ W/cm}^2$ lesz. Ez igen kicsi energia.

Gyermekkorában mindenki elvégezte azt a kísérletet, hogy egy néhány cm^2 területű gyűjtőlencsével (mondjuk a nagymama olvasószemüvegével) egy pontba tudta koncentrálni a szemüveg felületére jutó napenergiát, amely pontban olyan energiasűrűség jött létre, hogy az képes volt az éghető anyagokat lángra lobbantani (leginkább papírt, fát szoktunk meggyújtani). Ez igen látványos kísérlet egy gyerek számára.

Vizsgáljuk meg a kísérlet energiamérlegét. Mondjuk egy 5 cm^2 felületű lencsén $5 \times 0,12 \text{ W/cm}^2$ -nyi energia halad át, ez összesen $0,6 \text{ W}$. Az üvegen való áthaladás

mondjuk 0,1 wattnyi veszteséget jelen (ez az üveget melegíti), a maradék 0,5 W-ot egy kb. kicsit nagyobb mint 1 milliméter átmérőjű körbe koncentrálja a lencse, tehát az energiasűrűséget vegyük 0,5 W/mm²-re. Ez olyan nagy energiasűrűség ezen a kicsi területen, hogy képes a fát, papírt lángra lobbantani.

Számoljuk vissza, hogy ez az energiasűrűség 1 m²-nyi területen mekkora energiát (wattot) jelentene. 1 m² 1000x1000 mm-nek felel meg ami 1 millió mm². tehát a 0,5 wattot meg kell szorozni egymillióval, a végeredmény meglepően nagy lesz, mert az eredmény 500.000 W/m²-re adódik, ami óriási energia.

A fentiekből levonva a tanulságot látszólag úgy tűnik, hogy az 1200 W/m² napenergiát 500.000 W/m²-re erősítettük. Persze fizikailag ez az állítás nem igaz, ugyanis az 1200 wattot egy eszköz segítségével egy kisebb területre koncentráltuk, így a bemenő energia nem változott, a kisebb területen viszont jelentősen megnőtt a kisebb területre ható energia sűrűsége, miközben a bevitt energia a koncentráció eszközön némi veszteséget szenvedett el.

E gondolatmenetből a következő tanulságot vonhatjuk le; ha olyan antennát alakítunk ki, amelyik képes arra, hogy a rádiófrekvenciás energia kisugárzást valamilyen irányban koncentrálja (ami területi csökkenést is jelent), akkor az energiasűrűség abban az irányban sokkal nagyobb lesz annál, amit az antenna a tér minden irányába kisugározna.

Azaz, ha amerikai állomásokkal szeretnénk dolgozni és a más irányokba kisugárzott elektromágneses hullámokat is Amerika irányba tereljük, az adó energiájának jelentős része ebbe az irányba fog koncentrálni és az energiasűrűsége ebbe az irányba lényegesen nagyobb lesz, mintha más, felesleges irányokba is sugároznánk. Ennek a jelenségnek az a látszólagos következménye, hogy úgy tűnik, mintha az adó kimenőteljesítményét megsokszoroztuk volna a minden irányba sugárzó antennához viszonyítva. Minél keskenyebb a sugárnyaláb szöge, annál nagyobb az energia megsokszorozása.

Erre a jelenségre mondjuk azt, hogy az antenna a legjobb teljesítményerősítő, de hozzá kell tenni azt, hogy mindig csak egy kijelölt irányba.

Az ilyen antennát iránysugárzónak hívjuk.

A következő részekben az iránysugárzó antennákkal fogunk foglalkozni.

– *** –

Az antennanyereségről (A rádióamatőr – 107. rész)

Az előző részben megvizsgáltunk, egy antennára miért mondhatjuk – hangsúlyozottan tévesen, de mégis valami igazságtartalommal –, hogy miért is a legjobb teljesítményerősítő.

Ennek lényege az, hogy olyan antennát alakítunk ki, amely valamilyen irányba koncentrálja a kisugározandó elektromágneses hullámot, így ebbe a kiemelt irányba megnő az energiasűrűség, míg más irányokba lecsökken.

Vegyük elméleti példának a pontszerű, minden irányba sugárzó antennát. Ilyen antenna a valóságban nem létezik, de példánkhoz kiválóan megfelel ahhoz, hogy más antennák sugárzás jellegét ehhez viszonyítsuk. Ezt az elméleti antennát izotrop sugárzónak nevezzük és optikai példával szemléltetve úgy kell elképzelni, hogy a szabadtérben van egy pontszerű fényforrás, amely a fénysugarakat a tér minden irányába azonos intenzitással kisugározza.

Ha egy bizonyos távolságban egy gömböt építünk a fényforrás köré, azt fogjuk tapasztalni, hogy a gömb belső felületének minden pontján azonos fényerősséget mérhetünk, azaz a gömb belső felületének minden egységénél a fényenergia sűrűsége azonos. Ezt nevezzük izotrop sugárzásnak.

Ha ennek a gömbnek a közepébe egy jól fókuszált elemlámpát helyezünk el, amelynek fénysugár teljesítménye megegyezik a pontszerű fénysugárzó teljesítményével, akkor azt tapasztaljuk, hogy az elemlámpa a teljes belső gömbfelületből csak igen kis felületet világít meg, viszont azt igen intenzív fényel, azaz nagyon nagy fényenergia sűrűséggel. Ezt a megoldást nevezzük irányos sugárzásnak.

A rádióhullámok, azaz a rádiófrekvenciás elektromágneses hullámok esetében teljesen ugyanez a helyzet áll elő.

A fentiekből megállapíthatjuk, hogy az izotrop antenna olyan, csak elméletben létező antenna, amely pontszerű és a bevezetett energiát a tér minden irányába azonos energiaintenzitással sugározza le.

A pontszerű antennához képest a dipól antenna jól meghatározott fizikai mérettel rendelkezik, ez a rádióhullám hosszának a fele. Emiatt a dipól antenna valamilyen irányokban valamiféle sugárzási jellemzőkkel rendelkezik, amelyekben vannak fő irányok és mellékirányok. A dipólról már korábban elmondtuk, hogy elhelyezéstől függően lehet horizontális vagy vertikális körsugárzó antenna. A sugárzás fő iránya az antennára merőleges előre-hátra derékszögben lévő körökkel jellemezhető, tehát az antenna tengelyirányban (azaz a végei irányába) minimális energiát képes lesugározni.

Ennek alapján megállapítható, hogy a dipól a térben bizonyos kiemelt sugárzási tulajdonságokat mutat, tehát jobbnak kell lennie az elméletileg a tér minden irányába egyenletesen sugárzó izotrop antennánál. Valóban így van, a dipól antenna nyeresége 2,2 dB az izotrop antennához viszonyítva. Ebből következik, hogy a dipól antenna egyfajta irányos sugárzó, előre-hátra irányban koncentrálódik a kisugárzott energia – ha horizontálisan helyezük el a térben. Emiatt, ha valódi körsugárzást szeretnénk megoldani, a dipólt forgatni kellene, ha a mérete megengedné a mechanikai forgatást. A rádióamatőr gyakorlatban vannak olyan állomások, amelyek forgatható dipólantennát használnak, főleg a rövidebb hullámhosszúságú rövidhullámú tartományokban.

Ha a dipól elhelyezése vertikális, akkor az antenna lefelé és felfelé (mondjuk a föld és az ég felé a gyakorlatba) minimális sugárteljesítménnyel sugároz. Ezt az antennát nem kell forgatni, viszont rövidhullámon méretei miatt nehéz kivitelezni. Erre megoldás a negyedhullámú, azaz a ground plane antenna, amely a dipól fele méretével könnyebb kivitelezési lehetőséget jelent és a dipóllal azonos nyereségű.

Mivel a dipól antenna a gyakorlatban nagyon sok, bonyolultabb iránysugárzó antennarendszer alapeleme lehet, a dipól antennát gyakorlati viszonyítási alapantennának választották. Ha egy iránysugárzó antenna nyereségét akarjuk meghatározni, akkor a dipól antenna 0 dB-nek vett nyereségéhez viszonyítjuk az iránysugárzót. Például egy 2,7 dB nyereséggel jellemzett antennakombináció azt jelenti, hogy előre irányba sokkal intenzívebb (nagyobb energiasűrűségű) a rendszer sugárzása, mintha az csak egy sima dipól lenne.

Összefoglalásul elmondható, hogy a pontszerű körsugárzó, azaz az izotrop antennához képest a dipól antenna valamiféle iránysugárzást valósít meg, és nyeresége 2,2 dB a pontszerű antennához képest. A dipól antennát 0 dB-es nyereséggel viszonyítási antennának szokták figyelembe venni a nagyobb nyereségű antennarendszerek jellemzésénél. A viszonyítási alapot (hogy izotrop vagy dipól) mindig meg kell adni, ha antennanyereséget adunk meg.

A következő részben folytatjuk eszmefuttatásunkat.

– *** –

A nyereséges huzalantenna (A rádióamatőr – 108. rész)

Az előző részben megismertedtünk az antennanyereség fogalmával. A pontszerű, azaz a tér minden irányába sugárzó, vagyis az izotrop antenna 0 dB-es nyereségűként viszonyítási alapantennának tekinthető minden más antenna vonatkozásában, a dipól antenna nyeresége az izotrop antennához viszonyítva 2,2 dB-nek adódik – tehát a dipól antenna valamilyen mértékben már iránysugárzónak tekinthető.

Mivel az izotrop antenna inkább elméleti jelentőségű, a gyakorlatban – számos esetben – a félhullámú dipól képezi az összetettebb, nagy nyereségű iránysugárzó sugárzó alapelemét. Ezért a továbbiakban a félhullámú dipólt tekintjük viszonyítási antennának, azaz 0 dB nyereségűnek.

A korábbiakban szó volt arról, hogy az egész hullám hosszúságú dipólantenna jobb sugárzási tulajdonságokkal rendelkezik, mint a félhullámú dipól. Tehát megállapíthatjuk és méréssel igazolhatjuk, hogy az egész hullámú dipól nagyobb nyereségű antenna, mint a félhullámú dipól. Azaz az egész hullámú dipól iránysugárzási tulajdonságai karakterisztikusabbak, mint a félhullámú társáé, nyeresége kb. 1 dB a félhullámúéhoz képest. Azonban az egész hullámú dipólt két praktikus ok miatt nem szeretjük: fizikai hossza kétszerese a félhullámú dipólnak, de a nagyobb baj az, hogy a táplálás feszültségmaximumban van, azaz nagy a talpponti impedancia, amin nagy a feszültség és leillesztése a kis impedanciás adókimenethez komoly gonddal jár.

Vegyünk egy félhullám hosszúságú huzalantennát és tápláljuk meg a végén (ami szintén nagy gond a nagy impedancia miatt). Azt fogjuk tapasztalni, hogy az antenna hasonlóan viselkedik, mint a középen táplált dipólantenna. Növeljük meg ennek az antennának a hosszát egészhullámúra. Az lesz a tapasztalat, hogy az antenna sugárzási fő iránya megváltozott és a kisugárzott elektromágneses hullám a táplálási ponttól az antenna vége felé kezd koncentrálni.

Növeljük meg az antenna hosszát egy további félhullámú szakasszal, tehát az antenna hossza már háromszor félhullámú. Ekkor azt látjuk, hogy a fő sugárzási irány már egész karakterisztikusan az antenna vége felé mutat. Ha még egy fél-

hullámú szakasszal növeljük az antenna hosszát, azaz két hullámhossznyira, a sugárzási fő irány tovább szűkül az antenna végének irányába. Két hullámhossznál tovább nem érdemes növelni a hosszát, mert jelentős nyereséget már nem érünk el, továbbá megnövekszik a hullám-visszaverődési jelenség fellépésének lehetősége, ami azzal jár, hogy a visszavert hullám gyengíti a főhullámot, azaz veszteséget okoz a rendszerben.

A két lambda hosszú, végén táplált huzalantenna tulajdonképpen négy darab félhullámú antenna soros kapcsolásként tekinthető, a végtáplálási jellemzők nem változnak – azaz az antenna marad feszültségtáplálású, vagyis nagy impedanciás és a sugárzás iránya a táplálástól a huzal vége felé mutat. Ennek az antennának várható nyeresége 2,7 dB lesz.

Ha az antennák soros kapcsolásával nyereséget tudunk elérni, akkor vajon mi a helyzet, ha párhuzamosan kapcsoljuk azokat.

Térjünk vissza a középen táplált félhullámú dipólhoz, mint gyakori viszonyítási antennához. Amennyiben párhuzamosan kapcsolunk vele még egy dipólt, amely nem zavar bele lényegesen a másik dipól sugárzási tulajdonságaiba, a rendszer irányosugárzóvá válik, azaz némileg koncentrálódik a kisugárzott elektromágneses hullám. Két dipól párhuzamos kapcsolása táplálási gondokat okoz, ugyanis a két 50 ohmos talppont párhuzamosan kapcsolva 25 ohm eredő impedanciát ad ki, aminek leillesztése gond az 50 ohmos adókimenetek esetén.

Van azonban egy speciális lehetőség két dipól esetén. Ha a két dipólt egy síkban olyan távolságban helyezük el egymástól, hogy egymás hatását erősítsék (ezt úgy mondjuk, hogy fizikailag fázisban helyezük el őket, azaz egymást gerjesszék) és csak az egyik dipólt tápláljuk meg, jól kimutatható, hogy az előresugárzás megnő, a hátrafelé sugárzás lecsökken. Ha megcseréljük a táplált és a passzív antennát, a sugárzás fő iránya az ellenkező lesz.

A következő részben folytatjuk az antennanyereséggel kapcsolatos eszmefuttatásunkat.

– *** –

Az irányosugárzó antenna fénytani modellje (A rádióamatőr – 109. rész)

Az előző részben belekezdünk az antennák soros és párhuzamos kapcsolásának taglalásába.

Amennyiben négy félhullámú dipólt kapcsolunk össze úgy, hogy kettőt-kettőt sorosan, majd ezeket párhuzamosan – az antennanyereség 2,7 dB lesz a viszonyítási dipólhoz hasonlítva. E megoldás igen praktikus, mert a két sorosan kapcsolt antenna talpponti impedanciája 100 ohm lesz, a két soros tagot pedig párhuzamosan kapcsolva 50 ohm eredő impedanciát kapunk, ami megfelel az adókimenet 50 ohmos impedanciájának.

Amennyiben négy darab ilyen antennacsoportot kapcsolunk sorosan, párhuzamosan, újabb 2,7 dB-lel nő a nyereség, tehát egy 16 dipólból álló csoport nyeresége 5,4 dB lesz a viszonyítási dipólhoz hasonlítva.

A dipólok soros/párhuzamos kapcsolásának van egy nagy hátránya rövidhullámú szempontból, ez pedig a helyigény. Éppen ezért ezen megoldások az URH és az UHF tartományokban jelentenek antennanyereség növelése szempontjából jó lehetőséget, ahol csak méteres vagy centiméteres hullámhosszak vannak, így az antennacsoportok viszonylag kis helyet foglalnak el.

A fentiekben a dipólt vettük példának, de a soros/párhuzamos kapcsolást illetően elmondottak igazak a rezonáns vertikális antennákra is.

Mivel az elektromágneses hullám viselkedése fizikailag pontosan megfelel a fénytanban leírt fizikának, parazitaelemek alkalmazásával képesek vagyunk az antenna által kisugárzott elektromágneses hullámot egy kiemelt irányba koncentrálni. A kiemelt irány a térben két követelményt kell, hogy teljesítsen; horizontálisan minél keskenyebb legyen a sugárnyaláb, vertikálisan pedig szintén minél keskenyebb legyen a sugárnyaláb és minél laposabb legyen az úgynevezett kilövési szög. E követelmények szempontjából gondoljunk egy jól megoldott és fókuszált zseblámpára, amelynek fénysugárnyalábja közel párhuzamos. A kilövési szög lapossága a rövidhullámok szempontjából fontos, a műholdkövető antennáknál például állandóan változik.

Még egy követelményt kell megfogalmazni, ez pedig az, hogy az antenna előrefelé minél több energiát sugározzon le, hátrafelé pedig minél kevesebbet.

A rádióamatőr gyakorlatban az ilyen tulajdonságú antennát viszont forgatni kell, ugyanis a Föld különböző földrajzi pontjai más, más irányból érhetők el. Rövidhullámon általában a rövid úton, azaz az ellenállomás irányából kaphatunk jó jelet, de az is előfordulhat, hogy ugyanattól az állomástól jobb a Földet megkerülő jel nagysága. Ezt az esetet hosszú utas terjedésnek nevezzük, ilyenkor az antennát 180 fokkal el kell fordítani a fő irányból ahhoz, hogy az összeköttetés sikeresen lebonyolítható legyen.

A zseblámpáknál igen egyszerű megoldással koncentrálni a fénysugárnyaláb. Ha az izzó mögé egy megfelelően kialakított tükröt teszünk, amit reflektornak nevezünk, akkor a fénysugár a reflektorról visszaverődik és előrefelé halad tovább, hátrafelé pedig nem jut ki a fény. A koncentrációt még a fényforrás elé helyezett üveglencsével is segíthetjük. E példából azt a tanulságot vonhatjuk le, hogy iránysugárzó (tehát nagy nyereségű) antenna kialakításánál a fénytanból ismert fizikai szempontok szerint kell gondolkodni és kialakítani az antennát.

Természetesen a fényt viszonylag könnyű koncentrálni tükrökkel és lencsékkel. A nagy hullámhosszúságú elektromágneses hullámok esetében különféle fémből készült szerkezetekkel kell a hullámokat terelni. Mivel ezek mérete akár többször tíz méter is lehet, beleértve magát a sugárzó antennát is – ami többnyire egy dipól antenna – az antenna konstruktőr nincs könnyű helyzetben.

A következő részben belevágunk a parazita elemekkel kialakított iránysugárzó antennák világába.

– *** –

Az elektromágneses hullámok „tükrei” (A rádióamatőr – 110. rész)

Az előző részben azt mondtuk, hogy az elektromágneses hullám tulajdonságai lényegében megegyeznek a fényvel. Terjedésük egyenes irányú, a terjedési sebesség azonos a fénysebességgel, s ha reflektáló felületet érnek el, a fénytanban tanultaknak megfelelő visszaverődések jönnek létre. Egy különbség azonban van; az elektromágneses hullám az antenna szempontjából nem a fénytanban ismert tükörről verődik vissza, hanem megfelelő méretű fémfelületekről vagy fémszerkezetekről. Ebből következik, hogy koncentrálsuk vagy szétszórásuk nem fénytani lencsékkel vagy felületekkel oldható meg, hanem megfelelő fémszerkezeti elrendezésekkel lehet ilyen hatást elérni.

Az is fontos különbség, hogy az elektromágneses hullám terelésére alkalmazott fémszerkezetek méreteinek és elhelyezésének mindig valamilyen arányban kell állnia a hullámhosszúsággal, azaz a hullámhosszal. Ez ugyan a fénytanban is ismert jelenség, de ott ez számunkra láthatatlanul valósul meg, ugyanis ott az anyag tulajdonságai határozzák meg, hogy a fény számára elnyelő, átengedő vagy visszaverő tulajdonságokat mutat az adott anyag. A látható fény hullámhossza lényegesen rövidebb, mint a rádiózás céljára alkalmazott elektromágneses hullámoké. Ebből következik, hogy amit a fénynél (azaz a nanométeres tartományba eső hullámoknál) valós tükörnek látunk, az a sok tízezer méterestől a centiméteres hullámhosszúságig terjedő elektromágneses hullámok tartományában látványos fémszerkezeteknek felelnek meg.

Nézzünk meg primitív, előrevilágító zseblámpát. A fényforrás mögött egy fonszorozott fényvisszaverő felület, azaz tükör található. Feladata, hogy a fényforrásból kilépő fény hátrafelé egyáltalán ne terjedjen; a tükör e fényt visszaverődéssel előrefelé irányítja. A fényforrás elé egy lencse kerül, amelynek feladata, hogy a keresztülhaladó fényt előrefelé párhuzamosítsa, vagy egy gyújtópontba koncentrálja. Ebben a kialakításban egy igen sikeres irány sugárzó megoldást kínál az optika – a fényforrás fényteljesítményének nagyon nagy része előrefelé koncentráltan kerül kisugárzásra.

Képezzük le ugyanezt a modellt elektromágneses hullámmal milliméteres, centiméteres és deciméteres, méteres hullámhosszúság tartományban.

A fényforrás maga egy dipól antenna. Ha az antenna mögé egy parabola kialakítású fém tányért teszünk, amely a dipólról ráverődő hullámokat előrefelé párhuzamosítva, a dipól tengelyére merőlegesen kisugározza, eljutunk egy igen hatásos irány sugárzó antennához, amelynek neve parabola antenna. Könnyen belátható az is, hogy minél nagyobb a parabolaszervezet mérete, annál nagyobb lesz az előrefelé sugárzott hullámteljesítmény.

A parabolaelemet reflektornak hívjuk, a dipól a parabola geometriai gyújtópontjába kerül felszerelésre. A zseblámpával ellentétben itt nincs szükség lencsére, mint ahogy az optikai parabola rendszereknél sem.

A parabolaszervezet a hátrafelé való sugárzást szinte teljesen megakadályozza, a dipólról rákerülő hullámokat pedig előrefelé visszaveri, tehát az antenna előre hátra sugárzott teljesítményaránya igen kiemelkedő értéket mutat.

Az 5 GHz-es tartományú műholdas rendszerek hullámhossza 6 cm, ebből adódik, hogy a gyújtópontban lévő félhullámú dipól mérete csak 3 centiméter lesz. A parabolatükör fizikai nagysága határozza meg, hogy tulajdonképpen milyen nyereségű lesz maga az antenna.

Mindenki látott már rádiócsillagászati, többször tíz méteres átmérőjű parabolatükörös antennákat, vagy csak kb. 1 méteres méretű parabolatükörös műholdvevő antennát. Különbség közöttük a nyereségben van a nagy parabola antennák javára.

Sajnos, ahogy nő a hullámhossz, úgy nőnek a dipólméretetek. Egy bizonyos hullámhosszúság felett már olyan parabolaméretetek adódnak, amelyek kivitelezése óriási helyigényt jelentene, ezért a hosszabb hullámok tartományában a paraboláktól eltérő más megoldásokat kell keresni az iránysugárzó antennák esetében, amelyet a következő részben kezdünk tárgyalni.

– *** –

A Yagi antenna (A rádióamatőr – 111. rész)

Az előző részben megtárgyaltuk a parabolaantennákat. Megállapítottuk, hogy ezen antennák kiváló iránysugárzó tulajdonságokkal rendelkeznek, azonban csak az igen rövid hullámok tartományában használhatók. Ennek oka az, hogy a hullámhossz növelésével (azaz a frekvencia csökkenésével) fizikailag nő a félhullámú dipól hossza, ezzel párhuzamosan fizikailag növelni kellene a parabolatükör méretét is. Egy bizonyos hullámhossz-határ felett már célszerűtlen hatalmas szerkezetű és telepítési igényű parabolaantennát alkalmazni, ezért más megoldást kell keresni az iránysugárzó antenna kialakítására.

Amennyiben egy dipól mögé bizonyos kis távolságra egy, a dipól hosszánál 5 %-kal hosszabb fémvezetőt helyezünk a dipól síkjába, a hátrafelé sugárzás intenzitása lecsökken, előrefelé pedig megnövekszik. Ezt az antennaelrendezés feltalálójáról Yagi antennának nevezzük. Esetünkben egy két elemes Yagi antennáról van szó, amely elrendezésben a hátsó hosszabb elemet reflektornak, a dipólt magát pedig sugárzónak nevezzük. Ezen antenna nyeresége hozzávetőlegesen 2,7 dB-re adódik.

A reflektor parazita elem. Ha az elemlámpa modellnél maradunk, a reflektor megfeleltethető a fényforrás mögötti foncsorozott tükörfelületnek. Sajnos a Yagi reflektor nem olyan tökéletes, mint az elemlámpa esetében az összefüggő és meghatározott nagyságú felületet adó tükör, mert ennél az antennánál a hátrafelé sugárzás jelentős marad, noha az előre hátra viszony már jól érzékelhető különbséget ad.

Az elemlámpa modellből adódóan a fényforrás előtti üveglencse tovább koncentrálna az előre haladó fénysugarat. A Yagi antennánál is találunk megoldást újabb parazita elem vagy elemek alkalmazásával.

Amennyiben a dipól, azaz a sugárzó elé egy bizonyos kis távolságba, a félhullámú dipólnál 5 %-kal rövidebb fémvezetőt helyezünk a dipól elé, a kisugárzott elektromágneses hullámnyaláb tovább szűkül mind vertikális, mind horizontális irány-

ban és az előrefelé tartó hullám intenzitása megnövekszik. A hátrafelé tartó hullám intenzitása viszont tovább csökken a kételemes elrendezéshez képest. Ezt a sugárzó előtti elemet direktornak nevezzük és lehetőség adódik további méretcsökkenésű direktorok alkalmazására is, amelyek tovább növelik az előre hátra viszonyt és az előrevetülő sugárintenzitást.

Ilyenkor háromnál több elemes Yagi antennával állunk szembe, és az antenna jellemzője az, hogy összesen mennyi eleme van az antennának. Például egy 10 elemes Yagi estében az antenna szerkezetileg 1 reflektorból, egy sugárzóból és 8 darab direktorból áll. Minél több a direktor, annál nagyobb az antennanyereség a dipólhoz viszonyítva.

A Yagi méretezése bonyolultabb feladat, egy antenna viszonylag szűk hullámhossz tartományt képes kiszolgálni. Ezért jelentősen eltérő hullámhosszakra különálló Yagikat kell alkalmazni.

Az URH tartományban a Yagi sugárzó eleme gyakran hurokdipól, ami további nyereségelőnnyel jár. A hurokdipól talpponti impedanciája 200 ohm körül van, ezért az antennát le kell illeszteni az 50 ohmos adóvevő kimenethez.

Rövidhullámon a Yagi antenna igen nagy méretűre adódik (nagysága a használni kívánt hullámhossz fele lesz, méterben). Leggyakrabban 20 és a 10 méteres hullámhossztartományba eső amatőr hullámhosszokra alkalmaznak 2–6 elemes Yagikat. 40 méteres hullámhossznál a sugárzó hossza 20 méterre adódik, amely már komoly mechanikai méretezést és kivitelezést kíván meg. Még rosszabb a helyzet a 80 méteren, ahol 40 méter a sugárzó hossz. E két alsó sávra alkalmas Yagiból néhányat építettek a világon, az átlagos amatőr számára ezek az antennák nem elérhetők a nagy költségek és a hatalmas mechanikai szerkezetek miatt.

Amatőr viszonylatba a Yagikat, mint kiváló iránysugárzókat forgatni kell, a fix irányú telepítések általában a professzionális felhasználók esetében jellemzők.

A Yagi sugárzása lehet vízszintesen vagy függőlegesen polarizált, attól függően, hogy a térben hogyan helyezük el.

A következő részben folytatjuk az iránysugárzó antennákkal kapcsolatos gondolatmenetet.

– *** –

Yagi csoportantennák (A rádióamatőr – 112. rész)

Az előző részben megismertedtünk a Yagi antenna alapelvével és két alaptípusával, azaz a sima dipólos és a hurokdipólos sugárzó elemet tartalmazó megoldásokkal. Ezen különbségek a talpponti impedanciában jelentenek eltérést, az azonos elemszámú antennák esetében egyéb eltérés nem tapasztalható. Talán némileg előnyösebb a hurokdipólos sugárzó elem alkalmazása, amelynek oka az, hogy a hurokdipól kevésbé érzékeny a környezeti zavarokra, zajokra.

A sima dipólos táplálás talpponti impedanciája 50 ohm, a hurokdipólos megoldásé 200 ohmnak vehető. A Yagi antennákat ugyanúgy csoportba lehet kötni, mint a dipól antennákat.

Csoportantennát a rádióamatőrök főleg a centiméteres, a deciméteres, és még a 2 méteres hullámhosszig szoktak alkalmazni. Rádióamatőr viszonylatban a csoportos antennarendszerek kialakításának a fizikai kivitelezés méretlehetőségei és a rendelkezésre álló felállítási hely szab korlátot.

A csoportok táplálási megoldásának tekintetében legegyszerűbb a négyes csoport, illetve a négyszer négyes csoport kialakítása. Ilyenkor a csoporton belüli antennák soros és párhuzamos kapcsolásával kialakítható a négyescsoport 50 ohmos táplálási impedanciája. Ugyanez elmondható 4 csoportból álló rendszerre is, a csoportok soros és párhuzamos kapcsolásával szintén kialakítható az 50 ohmos fő táplálási impedancia.

Az 50 ohmos fő táplálási impedanciájú csoportok egy 50 ohmos, minél kisebb veszteségű koax kábellel táplálhatók.

A csoportba kapcsolt Yagi antennák igen nagy nyereséget produkálnak, a fő sugárzási nyaláb mind horizontálisan, mind vertikálisan nagyon szűk. A csoportot ezért amatőr viszonylatban forgatni célszerű. Minél nagyobb nyereségű a csoport, annál nagyobb lesz az irányérzékenység.

Mivel eddig a maximum 2 méteres hullámhosszig alkalmazott Yagi csoportokról beszéltünk, ezeken az ultrarövid és rövidebb hullámhosszakon az elektromágneses hullámok terjedési tulajdonságai megegyeznek a fény terjedési tulajdonságaival, ugyanis az ionoszféra ezeket a hullámokat nem veri vissza, azaz átengedi.

Elvileg tehát e hullámhossztartományokban a rádió-összeköttetés lehetősége a horizontig terjed, azaz elvileg rálátás szükséges a két forgalmazó rádióállomás között. Mivel a terepadottságok, a troposzféra és az ionoszféra különleges adottságaiban, átmeneti speciális állapotában létrejöhetnek állandó vagy különleges hullámvezetési, hullám visszaverődési anomáliák, igazi kihívás a horizonton túli, sőt azt jóval meghaladó távolságban lévő összeköttetések létrehozása.

Ezen összeköttetések feltétele a nagy nyereségű antennák alkalmazása, ugyanis gyengén visszavert, azaz erősen csillapított jelekkel találkozunk a horizonton túlról. A méteres hullámok esetében az ionoszféra és a troposzféra szolgálhat nagy távolságot elérő lehetőséggel, a rövidebb hullámok viszont a légköri viszonyoktól függően már az egyenesvonalú terjedésük során is erősebben csillapodhatnak, mint a méteres hullámok.

Egy út azonban e hullámhossztartományokra szinte akadály nélkül nyitva áll – mégpedig a világűr felé. Például ahhoz, hogy egy, a Holdon lévő rádióállomással jó minőségben kommunikálni tudjunk, elég egy néhány elemes Yagi antenna a Holdra irányítva és néhány wattnyi kisugárzott teljesítmény. A világűrben, azaz a vákuumban az elektromágneses hullám térerőssége a távolság négyzetével csökken, ami óriási távolságok áthidalhatóságának lehetőségét rejtje magában. Ezért a következő részben a világűr felé fordítjuk Yagi antennánkat vagy Yagi antennacsoportunkat.

– *** –

Az antennák forgatásáról (A rádióamatőr – 113. rész)

Az előző részekben taglaltuk a Yagi antennákkal kapcsolatos alapvető tudnivalókat. A csoportba kötött Yagik esetében említésre került, hogy a VHF, UHF és az SHF frekvenciákon a rádióhullámot nem veri vissza az ionoszféra, így a világűrben lévő mesterséges objektumokkal való kommunikáció céljára kiválóan alkalmasak e frekvenciaspektrumok.

A VHF, UHF és az SHF frekvenciák egy részét is beleértve szóba jöhet a Yagi antennák használata, amelyek amatőr szempontból világűrbeli kommunikációra általában csoportba kötve kerülnek alkalmazásra.

Az előző részben említett, a Holddal kapcsolatos kommunikációs példában azt mondtuk, hogy a Holdon lévő rádióállomással néhány watt teljesítménnyel és egy jó minőségű, azaz nagyobb nyereségű Yagi antennával is tudunk kapcsolatot tartani, ha a két antenna azonos polarizációjú és pont szembe néz egymással.

Apró probléma, hogy a Hold a fix antenapontunkhoz viszonyítva mozog, illetve horizont alatti periódusában egyáltalán nem látjuk. Ha látjuk a Holdat, az a követelmény, hogy a két antenna mindig szemben legyen egymással és ez azt követeli meg, hogy mindkét antennát mozgatni kell – mégpedig a tér minden irányába – azaz vízszintesen és függőlegesen is.

A földi kommunikációban elegendő a Yagi antenna vízszintes irányú pozicionálása, azaz elforgatása. Erre antennaforgató szerkezetek kerültek kifejlesztésre, amelyek kézzel vagy számítógéppel kerülnek vezérlésre. A legegyszerűbb megoldás a tartóárbc kézzel történő elforgatása – de ez a megoldás akadályozza a rádióforgalmi munkát. A motoros forgatók már a rádió mellől vezérelhetők, visszajelzésnek megfelel a kilövési szög földrajzi irányának kijelzése É, D, K, Ny és fokbeosztású skálán.

A Hold esetében azonban más a helyzet, mivel az égen egy jól meghatározható, de mindig más pályát jár be. Ez esetben a függőleges irányban is változtatni kell az antenna kilövési szögét, ugyanis így teljesül az a feltétel, hogy az antenna mindig szemben legyen a Holddal. A Holdon azt kell biztosítani, hogy az antenna mindig szembe legyen a Földdel. E megoldás bonyolultabb antennamozgató mechanikát igényel és a számítógépes vezérlés a legbiztosabb megoldás az állandó kapcsolat fenntartására.

Ahogy a Hold, mint természetes égitest esetében láttuk, a probléma ugyanúgy jelentkezik a műholdak és a Nemzetközi Űrállomás esetében. Számos rádióamatőr műhold kering a Föld körül, olyanok, amelyeken keresztül a VHF és UHF, sőt már az SHF sávokban is kapcsolatot létesíthetünk más kontinensekkel a hullámtartomány egyenesvonalú, ionoszféráról nem visszaverődő terjedése ellenére is.

E műholdak bejárta pálya különféle időtartamban szabja meg az egy fix pontból történő láthatóságot. A Nemzetközi Űrállomás esetében, amikor a pálya, szempontunkból legideálisabban hazánk felett vezet el, kb. 10–11 perces láthatóságot tudunk kihasználni. Ez alatt a 10 perc alatt az űrállomás Írország déli partjaitól a Fekete tenger keleti partjaiig járja be útját a világűrben. Ezt a pályát kell lekövetni

az antennának mind vízszintes, mind függőleges irányban. Mivel a tíz perc rövid idő, az antenna kilövési irányát intenzíven kell változtatni.

Az idén ötven éve, hogy az ember leszállt a Holdra (azaz 1969-ben) és létrehozta az első élő rádiókapcsolatot a Hold felszínéről a Földdel. Ez pedig így hangzott:

[Klip: Armstrong reports - Eagle has landed]

Neil Armstron: Itt a Nyugalom Bázis. A Sas (a holdkomp) leszállt.

Huston: Rendben Nyugalom. Vettük, hogy a talajon vagytok. Mi itt bekéültünk a visszafojtott lélegzettől. Végre levegőt vehetünk. Nagyon köszönjük!

Ez volt az emberiség első élő rádiókapcsolata egy idegen égitesten leszállt űrhajóssal.

A következő részben még foglalkozunk a témával.

– *** –

A Holdra szállás rádiókommunikációjáról (A rádióamatőr – 114. rész)

Az idén ötven éve, hogy az USA és az emberiség képviselőiben az Apollo 11 két űrhajósa leszállt a Holdra (1969-ben). Az előző részben már meghallgathattuk az első élő rádiókapcsolatot egy Földön kívüli égitesten tartózkodó ember és a Föld között.

Mi, az akkori, még fiatal rádióamatőrök erősen törtük a fejünket, hogy milyen módon vehetnénk a Holdról jövő adásokat. Még gondolatban sem jutottunk eredményre, ugyanis semmit nem tudtunk arról, hogy milyen frekvencián folyik a kommunikáció, s ahhoz milyen technikával kéne rendelkezni az adások vételéhez.

Nos, korábban már megbeszéltük, hogy a Hold és a Föld között létrehozandó kétoldalú rádiókapcsolat technikailag nem nagy ügy. Valóban így van, de a korabeli Hold-program jóval bonyolultabb kommunikációs követelményeket támasztott annál a felállásnál, hogy Yagi antennával felszerelt egyszerű adóvevők beszélgetnek egymással a két égitestről.

Először is a program megkövetelte azt, hogy az űrhajóval és majd a Holddal nem csak a láthatóság ideje alatt, hanem folyamatos, 24 órás rádiókapcsolatot kell fenntartani. Emiatt a Föld megfelelő pontjain rádiókommunikációs állomásokat helyeztek el, amelyek egymással összekapcsolódtak. Így a Huston-i irányítás a Hold bármely pozíciójában is folyamatosan kapcsolatban állhatott az űrmisszióval.

A következő probléma az volt, hogy nem csak az űrhajósokkal történő beszélgetést kellett megoldani, hanem a Földön folyamatosan figyelni kellett az űrhajó és a holdkomp minden fontos műszaki paraméterét. Ezt adatátvitellel valósították meg és az adatátvitelt telemetriának hívjuk. Sok csatornán kellett folyamatosan aktuális műszaki adatot látni a földi irányítóközpont különféle szakosztályain. Továbbá a telemetria minden űrhajós szívverés adatait is folyamatosan közvetítet-

te az egész küldetés alatt. Az űrhajósok jó állapotban való tartása a küldetés sikerének egyik záloga volt akkor, mint ahogy ma is az.

Az űrhajósokkal folyamatos beszédkapcsolatot kellett fenntartani, sőt azt is tudni kellett, hogy egymás között mit beszélnek. Ezt úgy oldották meg, mintha telefonkapcsolat lenne, tehát bárki bármikor közbevághatott, mert bár volt, de nem kellett adásvétel kapcsolót alkalmazni – ha úgy akarták. Ezt a megoldást duplex üzemmódnak nevezik. Ennek ellenére a többé-kevésbé nyilvános kommunikáció az irányítóközpont és a holdmisszió között úgy zajlott, mintha ez a technikai megoldás nem állna rendelkezésre. A közlemények leadása periódusváltásokban történt, minden periódus végét egy rövid sípjel jelezte. Ezt a sípjelet biptone-nak hívják, alkalmazása a rádióamatőr gyakorlatba is átment. Az űrhajósok egymás közötti beszélgetése nem nyilvános, külön beszédcsatornákkal került megoldásra és a Földön rögzítésre.

A misszió élő televíziós adásokra is képes volt, így külön kommunikációs csatornán jött le a földre a TV-jel. S végül, ha minden kommunikáció csődöt mondana, egy morze vészcsatornát is biztosítottak a misszióknak.

Ahhoz, hogy az űrhajóra és a holdkompra csak egy adót és vevőt kelljen telepíteni, a sok csatornát egy komplex – úgynevezett multiplexelt jellé alakították át, és azt sugározták a Föld felé. A Földön a jelet visszaalakították sok csatornává, azaz demultiplexelték. A Hold felé hasonlóan multiplexelt jel került adásba.

Az adó néhányszor 10 W-os volt, a használt frekvenciát a multiplex jel nagy sávzélessége miatt a mikrohullámú tartományban választották ki, nevezetesen 2,5 GHz-en. Az antenna természetesen a parabola antenna volt olyan műszaki megoldással, hogy a földi és az állandóan változó pozíciójú misszió antennája mindig szembenézzenek egymással.

Amikor a holdsétákat bonyolították le, URH adóvevő kommunikált az űrhajós a holdkomppal, ahonnan a jeleket mikrohullámon relézték a Föld felé és vissza az űrhajósokhoz. A moduláció amplitúdómoduláció volt, a beszéd és a telemetria (az űrhajós szívverése) került kisugárzásra az URH adó által, a beszéd duplex módban. Antennának negyedhullámú vertikális sugárzót alkalmaztak. Az űrhajós rádiója néhány milliwatt teljesítményű volt – elegendő a holdkomp és az űrhajós közötti kis távolság áthidalására.

Az akkori rádióamatőröknek persze esélyük sem volt elcsípni a Holdról jövő adásokat. A maiaknak is csak arra van esélye, hogy a Holdra sugárzott és onnan visszaverődött rádióhullámokkal kommunikáljanak egymással a Föld azon pontjain, ahol a Hold éppen látható. Ezt az összeköttetés módot holdvisszaverődésesnek vagy EME módnak nevezzük.

A holdmissziók idején komolyan felmerült, hogy a Holdnak is ki kellene osztani rádióamatőr hívójel prefixet. Ennek aktualitása ma is fennáll, mert előbb utóbb megvalósulhat majd az első direkt Föld–Hold rádióamatőr összeköttetés.

– *** –

A rövidhullámú Yagi antennáról (A rádióamatőr – 115. rész)

A 113. részben foglalkoztunk a Yagi antennák VHF és UHF sávú, azaz a méteres és a deciméteres hullámhosszúságú frekvenciákon történő alkalmazásával és követelményrendszerével.

Ebben a részben csökkentjük a frekvenciát és megvizsgáljuk a Yagi alkalmazási lehetőségét a rövidhullámú tartományban, azaz a 160 és a 10 méter hullámhosszúságú tartományok közé eső hullámsávokban.

Mivel a rövidhullámok terjedése sokkal komplexebb, mint a csak fénysugárhoz hasonló terjedésű VHF és UHF hullámoké, ezért bizonyos, az ott megismert követelményeket nem kell betartani. Ugyanis a rövidhullámok felületi terjedése eléggé korlátozott, a látótávolságon túli nagy távolságok áthidalását az ionoszféráról és a földfelületről visszaverődő, úgynevezett térhullámok biztosítják.

Az ionosféra egy rendkívül bonyolult, állandó mozgásban lévő tükröt alkot a föld körül, ráadásul olyat, amely sokszor ki sem alakul, vagy csak foltokban jelenik meg, továbbá visszaverő képessége és a hullám visszaverődés szöge is pillanatról pillanatra változik.

A jó hír az, hogy az ionosféra e tulajdonságai miatt a Yagival kapcsolatban egyetlen fontos követelményt kellene elvileg betartani, az pedig az, hogy az ellenállomás irányába kellene a Yagi antennának sugároznia. Azonban ez sem igaz sok esetben, ugyanis sokszor pont ellenkező irányból érkezik az erősebb rádióhullám, azaz a Föld két pontja között nem a legrövidebb úton kapunk jó térerőt, hanem pont az ellenkező irányból – amit hosszú utas terjedésnek nevezünk.

Megállapíthatjuk, hogy a rövidhullámú Yagi antennát is forgatni kell, mert még olyan terjedési anomáliák is előfordulhatnak, hogy nem csak rövid vagy hosszú utas terjedés jöhet létre, de ritkán egészen váratlan irányból kapjuk a használható térerejű elektromágneses hullámot az ellenállomástól.

Mivel az ionosféra állandó változása megváltoztatja a visszavert hullám polarizációját, lényegében mindegy, hogy a sugárzó antenna vertikális vagy horizontális polarizációjú. A kilövési szögre is csak egy követelmény van; mégpedig az, hogy minél távolabb érjük el az első visszaverődési pontot az ionoszférán, azaz az antenna a horizont irányába sugározzon.

Vétel szempontjából viszont nem előnyösek ezek a tulajdonságok; a beérkező hullám polarizációja kiszámíthatatlan és nem ideális a meglévő antenna polarizációja szempontjából, a legjobb irányt meg kell keresni, ami sokszor nem esik egybe a távoli rádióállomás tényleges rövid utas irányával. Végül e gondokra is lehet megoldást találni, de rádióamatőr szempontból általában ugyanazon antennát használjuk adásra és vételre egyaránt. A rádióamatőrt a rövidhullám azon tulajdonsága segíti, hogy egy kialakult jó visszaverődés az ionoszféráról még az antennára jutó töredék térerő esetén is lehetővé teszi a rádiókapcsolat létrehozását.

Összefoglalásul tehát elmondhatjuk, hogy a Yagi antennát rövidhullámon csak forgatni szükséges, más követelményt nem kell kielégíteni egy Föld-távolsági Föld rádió-

kapcsolat vonatkozásában. S ez volt a jó hír a rövidhullámú Yagi antenna tekintetében.

A rossz hír pedig az, hogy a Yagi antenna sugárzó eleme a félhullámú dipól antenna. Ez pedig azt jelenti, hogy maga a sugárzó elem fizikai mérete a hullámhossz fele. Gondoljunk csak bele; a 160 méteres hullámhosszúságú amatőrsávra a dipól mérete 80, a 80 méteres sávra a dipól mérete 40, a 40 méteres sávra pedig 20 méterre adódik. Ha hozzávesszük a reflektort és a direktorokat, már egy kételemes Yagi is óriási monstrumnak tűnik, amit egy amatőr nem tud kivitelezni. Oszloppal, forgatóval együtt egy építményt kéne létrehozni, amelynek statikailag kellően stabilnak, viharállóknak kellene lennie, továbbá alapterületben és térben viszonylag nagy területet foglalna el.

A Yagi antenna megvalósítása rövidhullámon tehát kritikus szerkezeti kialakítást követel meg, a méreteknak megfelelő helyigénnyel jár, forgatni kell – így nagy a költségigénye az antenna kialakításának.

A megoldás e tekintetben a kisebb hullámhosszúságú rövidhullámú sávok irányába mutat, amellyel a következő részben foglalkozunk.

– *** –

A Quad (négyyszög) antenna (A rádióamatőr – 116. rész)

Az előző részekben foglalkoztunk a Yagi antennákkal. Most a hurokantennákat vesszük szemügyre, majd azokból kialakítunk yagi-elvű elrendezéseket.

Korábban foglalkoztunk már a hurokdipóllal, amelyről azt mondtuk, hogy szimmetrikus táplálású, végein rövidrezárt, általában a térben egymáshoz közel lévő párhuzamos vezetőből álló félhullámú antenna. Működési elve az, hogy az elektromágneses hullám mindkét szálban azonos irányú mozgásra kényszeríti az elektronokat, a jelfeszültséget az egyik szál közepének megszakításánál tudjuk ki nyerni.

Az antenna talpponti impedanciája 200 ohm körülire tehető. A hurokdipólról egyes szakirodalmak azt állítják, hogy az egyszálas dipólhoz képest 1 dB nyereséggel rendelkezik. További előnye, hogy kevésbé érzékeny a környezeti zavarokra, hátránya viszont az, hogy a két vezető között bizonyos kis távolságot kell tartani – ez rövidhullám esetében megbonyolítja az antenna kivitelezését és telepítését.

A félhullámú hurokdipólba beépített vezetőhossz lényegében megfelel az egész hullámhossznak – azaz kétszer félhullám hosszúságú vezetőt használunk fel az építéshez (a rövidítési tényezőt természetesen itt is figyelembe kell venni).

Mi van akkor, ha a teljes hullámhosszúságú vezetőből valamilyen geometriai formájú antennát próbálunk meg építeni?

Nos, rögtön adódik a négyzet kialakítás lehetősége, ami azt jelenti, hogy az antenna hossza rögtön a felére csökken, azaz negyedhullámúra, cserébe viszont a

magassága is negyedhullámú lesz, aminek az alsó vezetőjét viszont jó magasan kell telepíteni a földhöz képest.

Ez az antenna egy nagyon jó tulajdonságú rezonáns antenna lesz bizonyos feltételek megteremtésével. Az antennába beépített vezetőnek valamivel hosszabbnak kell lennie, mint a teljes hullámhossz, azaz a rövidítési tényező nem kisebb, hanem valamivel nagyobb egynél. Az antennát bármelyik negyedhullámú szakasz közepén történő megszakításánál táplálhatjuk.

Ha a vízszintes szálaban tápláljuk az antennát, a polarizáció horizontális lesz, ha a függőleges szálaban tápláljuk, akkor a polarizáció vertikális lesz. A talpponti impedancia 100-110 ohmra adódik, szimmetrikus táplálást követel meg, és ez gondot jelent az 50 ohmos rendszerű amatőr berendezéseknél. Ebből következik, hogy az illesztésre megoldást kell találni, amivel később foglalkozunk.

Az antenna fő sugárzási iránya előre és hátrafelé mutat, tehát irányérzékenységet tapasztalhatunk ennél az antennánál is.

Ezt az antennát quad antennának nevezzük, Az antenna rendelkezik a hurokdipól összes előnyös tulajdonságával, térbeli kialakítása miatt még további, rejtett előnyökkel is rendelkezik.

Itt hívjuk fel a figyelmet, hogy a quad antenna nem tévesztendő össze a szintén négyzet alakú keretantennával – más néven mágneses antennával. A quad antenna teljes értékű, elektromágneses hullámú rezonáns antenna, aminek a hatásfoka jóval 90% felett van. A keretantenna a rezonáns hullámhossztól távol esően kisméretű, az elektromágneses hullámból csak a mágneses komponens töredékének érzékelésére képes antenna. Hatásfoka mérettől függően 1–2%. A keretantennával még külön foglalkozunk majd.

A quad antenna negyedhullámú magasság-szélesség mérete miatt a rövidhullámok rövidebb hullámhosszaitól a deciméteres hullámhosszakig alkalmazható a gyakorlati kivitelében. Általában a 20 méteres amatőrsávtól számítva a rövidebb hullámhosszakra szokták megépíteni a mechanikai méretek miatt. Egy 20 m-es sávra méretezett quad 5x5 méteres négyzet, amit még jól el kell emelni a földtől.

Amennyiben vesszük a yagi-elvet, a quadból jó irány sugárzó építhető, ha a sugárzó elem mögé négyzetes reflektort, elé pedig négyzetes direktorokat teszünk. Ilyenkor a hátrafelé sugárzás minimalizálható, az előrefelé sugárzás nyalábja szűkíthető az elemszámtól függően. Ez, emlékezzünk a yagira, azt jelenti, hogy az adási energia nagy része előrefelé szűk nyalábban koncentrálódik, emiatt az antennát forgathatóvá kell tenni.

A quad antenna egyetlen hátránya az, hogy rövidhullámon nagy méretek adódnak, ez pedig komoly szerkezeti kivitelezést követel meg.

A következő részben még visszatérünk a quad antennára.

– *** –

A quad és más hurokantennák (A rádióamatőr – 117. rész)

Az előző részben már elmélyedtünk a quad antenna kitárgyalásába. Emlékeztetőül mondjuk el, hogy a quad antenna a hurokantennák csoportjába tartozik, alakja szabályos négyszög, polarizációja a táplálási oldal megválasztásától függ, a keretbe építendő vezető valamivel hosszabb, mint a kívánt hullámhossz (azaz a rövidítési tényező nagyobb egynél), talpponti impedanciája 100–120 ohm körül van, és szimmetrikus táplálást követel.

A rövidhullámú quad antennát általában a 20 és 10 méteres sávokra, és ezen belül az e sávok közé eső amatőrsávokra szokták megépíteni. A 20 méteres sáv a fizikai méretből eredő legnagyobb megépíthetőségi és telepíthetőségi korlátként tekinthető a quad esetén a gyakorlatban. A quadot jól el kell emelni a talajtól és jó irány sugárzó tulajdonságai miatt forgatóval is el kell látni. A yagi mintára a quad is ellátható parazita elemekkel (reflektor és direktorok), továbbá minél több elemes az antenna, annál jobb irány sugárzó tulajdonságot mutat.

A 10 méteres hullámhossznál kisebb hullámhosszúságú amatőrsávok esetén a quad egyre kezelhetőbb méretűvé válik, például a kétméteres amatőrsávra a méret már csak egy 50 cm-es oldalhosszúságú négyzet lesz.

Rövidhullámon egy időben igen kiterjedten alkalmazták a quad antennát, akár házilagos kivitelben is. Átló irányban 4 bambuszbotot rögzítettek, így sikerült négyzet alakban kifeszíteni a megfelelő hosszúságú vezetőt. Természetesen a parazita elemek alkalmazása esetén hasonló módon kellett eljárni.

A quad antenna terjedelmes térbeli méretei miatt, rövidhullámú irány sugárzónak egyre inkább a yagi antenna alkalmazása terjedt el, amely csak síkban terjedelmes és mechanikailag is egyszerűbb kivitelezni. Noha a quad nagyjából azonos nyereséget biztosít, mint a hasonló elemszámú yagi antenna, sok quad használó amatőr esküszik arra, hogy a quad a legjobb antenna rövidhullámon. E megállapítás inkább szubjektív megítélésen alapulhat, ugyanis az irány sugárzási tulajdonságokban nagyon lényeges eltérés valóban nincs a quad és az azonos elemszámú yagi antenna között.

A nyereséges hurokantennák másik gyakori típusa a háromszög antenna, amelynek deltaloop a neve. Ez az antenna is gyakran előfordult rövidhullámon, a vezető hossza szintén valamivel nagyobb az üzemi hullámhossznál, jellemzői hasonlóak a quad antennához.

Kör alakú hurok is építhető, ez azonban nem annyira terjedt el a tényleges rádióamatőr gyakorlatban. Inkább kísérletileg foglalkoztak vele, lényegében az elért eredmények szintén hasonlóak voltak a quad jellemzőihez.

A hurokantennáknak létezik többsávós kivitele is (általában 3 sávra szokták megépíteni), ezek az antennák azonban meglehetősen bonyolult konstrukciók.

Téglalap alakú hurok is építhető rezonáns antennaként, neve téglány. A gyakorlatban nem terjedt el.

Rövidhullám esetében, a nagy hullámhosszból adódó méretek miatt alapos megfontolást igényel, hogy egy adott kivitelezési helyszínen milyen iránysugárzó antenna telepítése lehetséges egyáltalán. Ott, ahol korlátlan hely áll rendelkezésre, bármilyen antenna megvalósíthatósága lehetséges. Ahol viszont a rendelkezésre álló hely korlátozottsága, az építési, létesítési szabályozás, továbbá a környezet beépítettsége jelent akadályt, sajnos kompromisszummal kell élni. A megfelelő antenna kiválasztása, mindig az adott létesítési környezettől függ és nem a rádióamatőr számára ideálisnak tűnő elképzeléstől.

Például egy amatőr hiába szeretne egy forgatható iránysugárzó antennát létesíteni, ha azt az adott épületre vonatkozó építési szabályok, a környező magas épületek – sőt a társasházak esetén a tulajdonostársak hozzájárulásának hiánya sem teszi azt lehetővé. Még egy huzalantenna létesítése is komoly gondot jelenthet városban, míg a saját telekkel rendelkező amatőrtársak sokkal jobb lehetőségekkel rendelkeznek antennaépítés szempontjából.

A következő részben folytatjuk az antennákkal kapcsolatos témakör megtárgyalását.

– *** –

A szélessávú hurokantenna (A rádióamatőr – 118. rész)

Az eddig tárgyalt hurokantennák rezonáns iránysugárzónak bizonyultak, továbbá ha a sugárzó elemet parazita elemekkel egészítettük ki, úgy mint azonos alakú, megfelelően méretezett és elhelyezett reflektor és direktor hurkokkal, Yagi-elvű iránysugárzó antennákat kaptunk eredményül. Ezen antennák alapvető tulajdonsága a kis sáv szélesség, ami azt jelenti, hogy a különböző amatőrsávokra külön önálló antennát kell alkalmazni vagy kombinált elrendezést kell létrehozni, azaz egy tartón több különböző frekvenciás elrendezést kell kialakítani.

Léteznek olyan hurokantenna konstrukciók, amelyek nagyon nagy sáv szélességgel rendelkeznek. Ennek ára az, hogy ezek az antennák kompromisszumos megoldások, ugyanis a nagy sáv szélességnek, azaz az aperiodikus kialakításnak ára van.

Az egyik ilyen antenna, amely rádióamatőr szempontból is szóba jöhet kedvező mérete és nagy sáv szélessége miatt, az úgynevezett T2FD hurokantenna.

A T2FD antenna a hurokdipólból származtatható. Amennyiben az antenna nem táplált vezetékszakaiba középen egy ellenállást helyezünk el, az antenna jósága leromlik és sáv szélessége ötszörös, tízszeres mértékben megnő úgy, hogy a talponti ellenállása a táplálási pontban alig változik.

A beiktatandó ellenállásnak két feltételt kell teljesíteni; az antennába bevezetett teljesítmény hozzávetőleges 30%-a ezen az ellenálláson hővé alakul. A biztonság kedvéért az ellenállást úgy választjuk meg, hogy a bevezetett teljesítmény 50%-át bírnia kell.

A másik nagyon fontos feltétel, hogy az ellenállás indukciómentes legyen, ami azt jelenti, hogy nem vihet be parazita induktivitást az antennaágba. Az ilyen ellenállás általában monolit henger kialakítású, például szénből is készíthető.

Ha az antennát csak vételre használjuk, a lezáró ellenállással szembeni követelmény csak az indukciómentesség.

Az antenna méretezésére több forrás is található az interneten. Méretezése a legnagyobb tervezett hullámhosszra, azaz a legkisebb használandó frekvenciára történik a megadott, illetve a megkívánt paraméterek figyelembe vételével.

Például az antenna hossza 600 ohmos lezáró ellenállás esetén 50/f (az „f” MHz-ben megadva) méterben kapjuk az eredményt. A szálak távolsága a hossz/60 művelettel méterben adódik ki. A talpponti ellenállás 600 ohm lesz, amelyet valamilyen módszerrel 50 ohmra kell letranszformálni. Az antenna sáv szélessége 1,9 MHz-től 29 MHz-ig terjed, a hossza 26,3 méter.

Igaz ugyan, hogy a T2FD antennába bevezetett teljesítmény egy jelentős része veszteség lesz, ezen antennát a kis mérete és nagy sáv szélessége miatt nem csak a helyhiánnyal küzdő amatőrök, de a professzionális felhasználók is kedvelik.

Az antenna közel körsugárzó karakterisztikával rendelkezik, a teljesítményveszteség a rövidhullám terjedési sajátosságai miatt akkor jelent problémát, ha a terjedés egy adott frekvencián pillanatnyilag jelentősen romlik. Ilyen esetben az antenna sáv szélességét kihasználva könnyen választható jelentősen eltérő üzemi frekvencia, amelyen a hullámterjedés lehetővé teszi a rádiókapcsolat fenntartását.

Ezt az előnyt kihasználva a T2FD antennának, az antenna hátrányai ellenére viszonylag sokan kényszerülnek telepítésére és használatára. A rövidhullámú terjedés változékonysága azzal az előnnyel jár, hogy jó hullámterjedés esetén az antenna hátrányai valamennyire kiegyenlítődnek.

A következő részben egy olyan speciális szélessávú hurokantennát vizsgálunk meg, amely nyereséges, vagyis iránysugárzó antenna.

– *** –

A rombuszantenna (A rádióamatőr – 119. rész)

Az előző részben a T2FD antenna elvét tárgyaltuk meg, ebben a részben szemügyre vesszünk egy olyan szélessávú antennát, amely abban hasonló a T2FD-hez, hogy szintén lezáró ellenállást tartalmaz, ellenben iránysugárzó, azaz nyereséges. Neve: rombuszantenna.

Az ellenállás alkalmazásának ára viszont itt is az, hogy a bevezetett nagyfrekvenciás teljesítmény kb. 30%-a veszteségként hővé alakul. A nagy sáv szélesség ára pedig az, hogy az antenna méretei meglehetősen nagyra adódnak, ezért amatőr viszonylatban megvalósíthatóságuk korlátja az amatőr rendelkezésére álló telepítési hely. Mindez azért alakul így, mert a rombusz mindegyik oldalának hosszát többszörös hullámhosszúságúra célszerű méretezni.

Az antenna tehát rombusz alakú, az egyik vége a szimmetrikus betáplálási hely, a másik végén az indukciómentes lezáró ellenállás helyezkedik el. Amennyiben a teljesítménydisszipáció már nem teszi lehetővé diszkrét ellenállás alkalmazását, egy speciálisan kialakított végterhelő tápvonallal kivitelezik az antennát.

A rombusz szögeinek és az oldalhosszak méretezése bonyolult eljárással történik, amelynek során tervezni lehet a sugárzási jellemzőket, kilövési szögeket, antenanyereséget. Az antenna hátránya, hogy az oldalhosszak a hullámhossz többszörösére választandók, ez pedig komoly helyigényt jelent. Cserébe az antenna nyereséges irány sugárzó lesz, meglehetősen széles frekvenciaátfogással. Hátrány még, hogy a bevezetett energia 30%-a hővé alakul.

A frekvenciaátfogás a méretezési frekvenciánál nagyobb hullámhosszak (azaz az alacsonyabb frekvenciák) felé kb. 30%-ig, az alacsonyabb hullámhosszak (azaz a magasabb frekvenciák) felé kb. 40%-ig terjed.

A méretezés során az oldalhosszakat 2 lambdától 10 lambdáig lehet figyelembe venni, a horizontális sugárzási fő irány a táplálási ponttól az antenna vége felé mutat. A függőleges kilövési szög méretezésének fontossága pl. rövidhullámon jelent előnyt, akkor, ha tervezetten egy terület vagy két pont közötti térhullámú terjedést kívánunk meg. Így jól tervezhető, hogy az ionoszféra melyik rétege fogja a térhullámot visszaverni.

A betáplálási impedancia – függően a hullámhossztól és a lezáró ellenállástól – 450–600 ohm közé esik, ezt kell leilleszteni az 50 ohmos adókimenethez.

A fentiekből látszik, hogy a rombusz antenna amatőr szempontból kevésbé jön számításba. A rádió műsorszórás és a speciális alkalmazások viszont előszeretettel alkalmazzák akkor, ha nagy sáv szélesség az adott rádiószolgálat igénye és a megfelelő hely is rendelkezésre áll.

Amennyiben az antennát vételre használják, a lezáró ellenállásnak nem kell terhelhetőnek lennie. Állítólag az antenna a sáv tartományán belül egyszerre több eltérő frekvenciájú vevőt is ki tud szolgálni.

A rombuszantennának létezik félrombusz változata is, illetve az úgynevezett „V” antenna is alakra hasonló. Természetesen ezek az antennák saját paraméterekkel rendelkeznek, ennek megfelelően saját méretezési rendszerük van.

A rombuszról és társairól szerzett alapvető ismeret azért fontos, mert előfordulhat, hogy megfelelően rövid hullámhosszak esetén akár amatőr kísérletezésre, de akár használat szempontjából is szóba jöhet az alkalmazásuk.

Vegyünk példának egy 70 cm-es hullámhosszra alkalmas rombusz antennát. A táplálási és végponti szög 50 fok, az oldalak szöge 130 fok és hosszuk 1,63 méter. A lezáró ellenállás 450 ohm, a táplálási impedancia így 300 ohmra adódik. Az antenna nyeresége 5-6 dB-nek várható 430-440 MHz között. Megjegyezzük, hogy ugyanezen antenna 400 és 800 MHz közötti sáv szélességet biztosít, a nyereség csúcsa 700 MHz-en 12 dB-re várható.

– *** –

FÜGGELÉK

Az I. kötet (2010–2016.) tartalomjegyzéke

Előszó	7
A „drótdarab” – A rádióamatőr – 1. rész.....	9
Rádióamatőr tevékenység – A rádióamatőr – 2. rész.....	10
Mágneses antennahatás – A rádióamatőr – 3. rész.....	11
Elektromos és mágneses jelenség, villámlás – A rádióamatőr – 4. rész.....	12
Elektromágneses hullám – A rádióamatőr – 5. rész.....	13
Az adó- és vevőantenna elve – A rádióamatőr – 6. rész.....	14
Elektronáramlás – A rádióamatőr – 7. rész.....	15
Áramvezetés, áramkör – A rádióamatőr – 8. rész.....	16
Vezetők, szigetelők – A rádióamatőr – 9. rész.....	17
Félvezetők – A rádióamatőr – 10. rész.....	18
A dióda és a tranzisztor – A rádióamatőr – 11. rész.....	19
Vezérelt tranzisztor és az elektroncső – A rádióamatőr – 12. rész.....	20
Kapcsoló tranzisztor, integrált áramkör – A rádióamatőr – 13. rész.....	22
A tranzisztoros erősítés elve – A rádióamatőr – 14. rész.....	23
A tranzisztoros erősítés tulajdonságai – A rádióamatőr – 15. rész.....	24
FET tranzisztor – A rádióamatőr – 16. rész.....	25
Az elektroncső – A rádióamatőr – 17. rész.....	26
Passzív eszközök: ellenállások – A rádióamatőr – 18. rész.....	28
Az ellenállás és az Ohm törvény – A rádióamatőr – 19. rész.....	29
Az ellenállások fizikai jellemzői – A rádióamatőr – 20. rész.....	30
Potenciométer (soros kapcsolás) – A rádióamatőr – 21. rész.....	31
Párhuzamosan kapcsolt ellenállások – A rádióamatőr – 22. rész.....	32
A tekercs (induktivitás) – A rádióamatőr – 23. rész.....	34
A kondenzátor – A rádióamatőr – 24. rész.....	35
Áramforrások – A rádióamatőr – 25. rész.....	36
A szárazelem – A rádióamatőr – 26. rész.....	37
Áramforrások belső ellenállása – A rádióamatőr – 27. rész.....	39
Az akkumulátorokról – A rádióamatőr – 28. rész.....	40
Akkumulátor alaptípusok – A rádióamatőr – 29. rész.....	41
Az időben változó áram – A rádióamatőr – 30. rész.....	43
A változó áram jellemzői – A rádióamatőr – 31. rész.....	44
Periódusidő és frekvencia – A rádióamatőr – 32. rész.....	45
A kondenzátor és a változó áram – A rádióamatőr – 33. rész.....	47
Az induktivitás és a változó áram – A rádióamatőr – 34. rész.....	48
A váltakozó áram – A rádióamatőr – 35. rész.....	49
A szinuszos váltakozó áram – A rádióamatőr – 36. rész.....	50

Körfrekvencia – A rádióamatőr – 37. rész	51
Passzív alkatrészek és a váltakozó áram – A rádióamatőr – 38. rész	52
Reaktanciák frekvenciafüggése – A rádióamatőr – 39. rész	53
Passzív alkatrészek veszteségei – A rádióamatőr – 40. rész	54
Az impedancia – A rádióamatőr – 41. rész	56
Soros rezgőkör – A rádióamatőr – 42. rész	57
Párhuzamos rezgőkör – A rádióamatőr – 43. rész	58
Rezonanciagörbe – A rádióamatőr – 44. rész	59
Veszteséges rezgőkör – A rádióamatőr – 45. rész	60
Rezgőkör jósága és sávszélessége – A rádióamatőr – 46. rész	61
A legegyszerűbb rádióvevő – A rádióamatőr – 47. rész	62
A detektoros rádió – A rádióamatőr – 48. rész	63
A detektoros rádió tulajdonságai – A rádióamatőr – 49. rész	64
A detektoros rádió és a rövidhullámok – A rádióamatőr – 50. rész	66
Detektoros rádió Q-sokszorozóval – A rádióamatőr – 51. rész	67
Detektoros rádió segédoszillátorral – A rádióamatőr – 52. rész	68
A rezgékeltő - azaz az oszcillátor – A rádióamatőr – 53. rész	69
A visszacsatolt egyenesvevő – A rádióamatőr – 54. rész	71
A szinkrodin vevő – A rádióamatőr – 55. rész	72
Gondolatok a szelektivitásról – A rádióamatőr – 56. rész	73
Sávszélesség követelmények – A rádióamatőr – 57. rész	74
A jelkeverési elvről – A rádióamatőr – 58. rész	76
Kétsávós szupervevő – A rádióamatőr – 59. rész	77
A szupervevő felépítése – A rádióamatőr – 60. rész	79
Rádióamatőr üzemmódok – A távíró – A rádióamatőr – 61. rész	80
Az amplitúdomoduláció I. – A rádióamatőr – 62. rész	82
Az amplitúdomoduláció II – A rádióamatőr – 63. rész	84
A DSB – A rádióamatőr – 64. rész	85
Az SSB I. – A rádióamatőr – 65. rész	87
Az SSB II. – A rádióamatőr – 66. rész	88
Az SSB III. – A rádióamatőr – 67. rész	89
Digitális jelátvitel – A rádióamatőr – 68. rész	90
Az RTTY I. – A rádióamatőr – 69. rész	91
Az RTTY II. – A rádióamatőr – 70. rész	93
Az SSTV – A rádióamatőr – 71. rész	94
Egyéb digitális jelátvitel – A rádióamatőr – 72. rész	95

– *** –

Szerzői zárszó a „Rádióamatőr” és a „Korszakváltás a rádióamatőr technikában” sorozatokhoz

Valamikor az 1960-as évek első felében, amikor megvettem az első tranzisztortoromat, nevezetesen a P13-as típusjelűt egy kisebb vagyonért, azaz 47 Ft-ért, nos akkor történt meg a dolog.

A családi rádió, egy klasszikus 3+1-es szupervevő, alkalmas volt a rövidhullámú sáv vételére a 49 és a 16 méter között. Egy vasárnap délelőtt rövidhullámon tekergetve a rádiót, a 41 méteres szegmensben sikerült megcsípni egy magyar nyelvű adást. Ez még nem lenne hír, de nem, nem az ugyanott adó Szabad Európa Rádió magyar adását, hanem egy másikat.

Az adás valóban magyar nyelvű volt, ámbár ami elhangzott, azt bizony alig értettem. Pattogtak a hívőjelek, frekvenciák, kódok, rövidítések, beszéltek expedíciókról, s mintha egy Don Miller nevű amerikai ember nagy tervei is szóba kerültek volna.

Majd elhangzott; „A QTC adását halljátok a Központi Rádióklubból a 40 méteres amatőrsávon”. S amikor vége lett az adásnak, kialakult egy kerekasztal megbeszélés a bejelentkezett, HA-val kezdődő hívőjelű amatőrállomások részvételével.

Ekkor figyeltem fel arra, hogy a rádiótechnika nem csak műszaki dolgok után építéséből vagy megalkotásából áll; a műszaki alkotások a rádióvétel mellett használhatók saját adás kisugárzására is, ami ki tudja földünk mely vidékén lesz hallható. S választ is kapunk rá – onnan távolról.

Innen indult az út, amelynek egyik törekvése az volt, hogy egyáltalán megértssem, miről is beszélnek a QTC adásokban. S ehhez nagyon sokat kellett tanulni, s kell tanulni ma is.

E kamaszkori történet inspirálta „A rádióamatőr” című sorozatot. Ameddig a sorozatban eljutottunk az elmúlt évek alatt, csak egy szűk aspektusa a rádióamatőrködésnek.

Számtalan témakört lehetne még megbeszélni, hiszen a rádióamatőrködés valójában egy rettentően sok ágú természetkutatás, amelybe beletartozik a műszaki tudomány, a rádióforgalmi ismeretek megszerzése, de ugyanúgy a Nap, mint csillag, a Föld, mint bolygó viselkedésének feltárása az elektromágneses hullámok e környezetbeli terjedésének kiismerése szempontjából.

Valójában a hullámterjedés e környezetben nem kiismerhető, csak általánosítható szabályosságok fedezhetők fel. A pillanatról pillanatra véletlenszerűen változó terjedés teszi igazán izgalmassá a rádióamatőrök életét az étermunka során. Lehet vadászgatni az éterben távoli országok rádióamatőrjeire, hogy kapcsolatot létesítsünk, s ezzel az új összeköttetéssel gyarapítsuk a kétoldali rádiókapcsolattal elért országok gyűjteményét. De sok más célt is kitűzhetünk magunk elé.

A „**Rádióamatőr**” sorozat a kezdők részére kísérelt meg könnyen érthető nyelvezetű iránymutatást adni ahhoz, hogy a rádióamatőrré válás rögzös útját megkönnyítse. Mert a rádióamatőr tevékenység élethosszúságú örökös tanulást jelent, de a kezdet a legnehezebb. A rádióamatőr vizsgán eredményesen túljutva az új amatőr az igazi vizsgát majd az éterbeli munkája során teszi le.

Amennyiben a sorozat csak egy valakit is inspirált rádióamatőrré válásra vagy megkönnyítette az oda vezető utat, a sorozat elérte célját.

A „**Korszakváltás a rádióamatőr technikában**” című sorozat igyekezett feltárni a rádióamatőr szolgálat kifejlődésének legfontosabb szakaszát, amely az elektroncső hozzáférhetőségével és napi használatba vételével kezdődött meg.

Rengeteg mítosszal kellett leszámolni e szakasz történetének feltárása során, s maga a történet is tanulságos. Az a felfokozott innovációs tevékenység, amely a rádiólázban égő korszakot jellemezte, ma is inspiráló. Továbbá a múlt történéseinek ismerete azért is fontos, mert előremutat a jövőbe – újabb és újabb megoldások, eljárások kitalálására ösztönöz.

Amikor megoldották a korabeli mozgó járművekkel létesíthető rádiókapcsolat problémakörét, az akkoriak nem gondolták volna, hogy a világűrben mozgó mesterséges szerkezetekkel egyszer majd mindennapos lesz a rádiókapcsolat. S az is igaz, hogy a rövidhullám használhatóságát nem a rádióamatőrök fedezték fel, de a rádióamatőrök azok, akik a legnagyobb számban használják ma is a rövidhullámot.

Mindkét előadássorozat írott változata az interneten ingyenesen hozzáférhető kiadványként került publikálásra, és letölthető a **ha2mn.hu** honlapról.

Köszönöm, hogy részt vehettem ebben.

Jegyezte: HA2MN

2019-12-09

– *** –

**A sorozat
a Hajdú QTC megszűnésével
lezárult.**