

A RÁDIÓAMATŐR

ELŐADÁSSOROZAT 73–96. rész

2016–2017.

(II. kötet – bővített kiadás)

Szerző: Zentai Tibor HA2MN

Lektor és szerkesztő: Papp József



**HAJDÚ QTC
2018.**

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

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	3
A frekvenciamoduláció alapelve – A rádióamatőr – 73. rész	5
A frekvenciamoduláció jellemzői – A rádióamatőr – 74. rész	6
A frekvenciamoduláció és a digi módok – A rádióamatőr – 75. rész	8
Antennák – a hullámhossz – A rádióamatőr – 76. rész	9
A rezonáns antenna – A rádióamatőr – 77. rész	11
A félhullámú antenna – A rádióamatőr – 78. rész.....	12
Félhullámú antenna méretezése – A rádióamatőr – 79. rész	14
A félhullámú antenna táplálása – A rádióamatőr – 80. rész	16
A dipól antenna jellemzői – A rádióamatőr – 81. rész	17
A negyedhullámú antenna – A rádióamatőr – 82. rész	19
Nem rezonáns antenna – A rádióamatőr – 83. rész	20
Nem rezonáns antenna táplálása – A rádióamatőr – 84. rész.....	22
A fordított „L” antenna és táplálása – A rádióamatőr – 85. rész	23
A Zeppelin antenna és táplálása – A rádióamatőr – 86. rész	25
Az Inverted „V” antenna és táplálása – A rádióamatőr – 87. rész	26
A sok-sávós dipól rendszer – A rádióamatőr – 88. rész	28
A többsávós, hullámcsapdás antennák elve – A rádióamatőr – 89. rész..	29
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről I – A rádióamatőr – 90. rész	31
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről II. – A rádióamatőr – 91. rész	33
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről III. – A rádióamatőr – 92. rész	34
Alapvető ismeretek a tápvezetésekről IV. – A rádióamatőr – 93. rész	36
Többsávós antenna rezonáns tápvezetéssel I. – A rádióamatőr – 94. rész..	37
Többsávós antenna rezonáns tápvezetéssel II. –A rádióamatőr– 95. rész ..	39
Többsávós antenna rezonáns tápvezetéssel III. –A rádióamatőr– 96.rész..	40
Függelék (Az I. kötet tartalomjegyzéke)	42

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 alkotó 12 rész után e második, bővített kiadásban újabb 12 rész (85–96. előadás – 2017.) 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 hobby szintű folytatása, átöröklődése civilekre. A technika fejlődése következtében a professzionális távírászi szakma gyakorlatilag kihalt, a globális kommunikációt ma már a távírászokhoz, rádió operátorokhoz képest mérhetetlenül gyorsabb gépek biztosítják.

A rádióamatőr a régi szakma kezdeteitől elkezdte utánozni a rádiótávírászokat, de otthonról, hobby 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 kielését 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 rádiótávírási 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, 2018. február

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 zavarérzéktelenséget. 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 rendelkezik. 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 frekvencialöketete 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 hullámzó 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 rejtelméibe, amelyek 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 kimenőteljesítmény 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 információt,

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 kbytes 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 jeleket 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, legyen bármilyen rövid vagy hosszú a drót, mindenféleképpen antennának is tekinthetjük. Vajon miért?

Korábról 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 elektron-áramlás 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). Közben a fizikai végek és a közép között átmeneti állapot alakul ki, vegyük úgy, hogy az áram és a feszültségeloszlás a szinuszgörbe 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, közepén 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 dipóltra, 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 megismerkedtünk 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 kettővel. 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 sávzélessége a rezonanciagörbéhez hasonlóan alakul, a sávszéleken, tehát 7 MHz-en a sáv elején és 7,2 MHz-en azaz a sáv végén az antenna már kisebb hatásokkal működik. A 7 MHz-es sáv esetén ez nem okoz gondot, a 40 méteres amatőrsáv viszonylag kis sávzélessége 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 sávzélessége, nem beszélve a 10 méternél kisebb hullámhosszakról, 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 sávzélessége. Minden esetben az antennavezeték vastagsága, azaz a fizikai átmérője vagy az elektromos átmérője határozza meg az antenna sávzélességét. Minél kisebb a vezeték átmérője, annál kisebb a dipól antenna sávzélessége. Példaként említsük meg, hogy igen kis átmérőjű (néhányszor tizedmilliméteres) huzallal megépített dipól a 80 méteren néhányszor tíz kHz sávzélességű.

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 sávzélességet 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) dipólknál 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 koaxkábelrel 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 tápkábelrel 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 talp-pontban tápláljuk meg, így el sem kell vágni az antennavezetéket. Pl. 300 ohmos tápvonal esetén (neve macskalétra és szimmetrikus), a dipól elméleti közép-pontját alapul véve, attól bizonyos, előre kiszámított távolságban csatlakoztatjuk a tápvezetékeket. E két pont pontosan 300 ohm impedanciájú terhelést biztosít, így a teljesítményátadás ideálisan, eleve szimmetrikusan biztosítható. Ezt a megoldást delta illesztésnek nevezzük.

Ismeretes az úgynevezett végtáplálási (feszültségtáplálási) megoldás is. Ilyenkor a koaxkábelt 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 kifeszítési 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 kitüntetett 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 egészhullámú méretben építjük meg. Az egészhullámú 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 egészhullámú) dipól antenna esetében a középpontjában lévő betáplálási 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, zúzmara, 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 hurokdipóiban 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 illesztési 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 távolságra 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 rövi-

debb 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. Ezekon 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 eszme-futtatásunkat.

– *** –

Nem rezonáns antenna (A rádióamatőr – 83. rész)

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

Amikor ezt az előadássorozatot elkezdtek 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 rádióknak 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 tényt. 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 sokszavas 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 működhet 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 kielégítő 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, méghozzá 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 határfokkal 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 középen 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 antennaelmélet 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 fejlesztések 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 maradván 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 légi járműből az antennát, amely kiválóan tette a dolgát – ráadásul félhullámú lévén – több hullámsávon is.

Ne felejtsük 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. Ezek az elméleti szakaszok 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 sávós üzemre is alkalmas. Most egy olyan dipólból származtatott antenna kerül bemutatásra, amely hasonlóan a Zeppelin antennához, egyik speciális megoldásában szintén többsávós 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 árboc kellene, 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 árbocot.

Nos, úgy néz ki a dolog, hogy ez az antenna rezonáns marad, de a kompromisszumos megoldásnak ára van. Ezt az árat az antenna határfokának 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 sávós, 50 ohmos koax táplálású, a kompromisszumokat figyelembe véve jól használható antenna lesz rövidhullámon. 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 tápvezetékekkel (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 impedanciatranszformátort 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

hosszat. 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, méghozzá 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 dipólokot 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 félhullámhosszaknak. 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 dipólokot építünk egybe és a közös talppontban csatlakozunk egy koax kábelrel 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 sáv szélességgel rendelkezik – azaz milyen „éles” – vagy mondjuk inkább úgy, hogy hegyes a rezonanciagörbéje.

A sáv szélességet 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 középponttól 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 működőképesé 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 sávú antennamegoldások ismertetését és elemzését.

– *** –

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

Az előző részben megismertedtünk a párhuzamos rezgőkörök segítségével kialakított többsávú, hullámcsapdás, azaz a trap dipólantennákkal. Természetesen ez a megoldás a vertikális lambda/nyolcad alapantennáknál, az úgynevezett ground plane antennáknál is alkalmazható. Ilyenkor a rezgőköröket a kívánt lambda/nyolcad hosszánál illesztjük be az antennába. Ilyen esetben minden sávra ki kell alakítani a negyeddhullámú 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, tőrniük 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 antenához 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 tápvezetésekről II. (A rádióamatőr – 91. rész)

Az előző részben megkezdjük a tápvezetésekre való ismerkedést. A tápvezetés 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 tápvezetéssel. Csak vevőkészülék esetében is tápvezetésre van szükség ahhoz, hogy az antenna jelét a lehető legkisebb veszteséggel juttassuk el a rádióvevő bemenetére.

További vizsgálódásainkból kizárjuk az úgynevezett egyhuzalos tápvezetést, 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 tápvezetés is sugárzóvá válik.

A koaxiális tápvezetés rendelkezik egy koncentrikus vezetővel, amelyet szigetelőanyag vesz körbe és a külsején vékony fémhuzalokból szövött, úgynevezett harisnya vesz 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 tápvezetés sugároz, az átvitel jelentősen veszteséges lesz és a tápvezetés érzékeny a kívülről jövő hatásokra is.

A párhuzamos vezetőkből (macskalétra, TV kábelből) kialakított tápvezetésnél 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 tápvezetés az antenna részévé válik és sugározni kezd, illetve érzékeny a külső hatásokra.

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

A tápvezetés akkor teljesül a legkisebb veszteséggel való átvitel, ha a generátor (ami az adókimenet), a tápvezetés impedanciája és a fogyasztó impedanciája (ami az antenna) azonos. Ilyenkor a tápvezetés hossza elvileg közömbös, az átvitel frekvenciafüggetlen, a veszteséget pedig a tápvezetés 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 antenát 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 antenát megtáplálni.

Amennyiben úgy vesszük, hogy az adott tápvonaldarab három darab félhullámú szakasznak felel meg, akkor az eredetileg kalkulált hullámhossz harmadára méretezett antenát is képes megtáplálni. És folytathatnánk a sort így tovább, az adott méretű tápvonaldarab sok, egész számú osztással kikalkulált, azaz csökkenő hullámhosszra méretezett antenát 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 hullámsáv, 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 sávsegmensekben találhatóak, a következő részben tovább vizsgálódunk a rezonáns, soksávú tápvonalak, más néven rezonáns tápvonal transzformátorok témakörében.

– *** –

Többsávú 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 sáv váltás 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 amellett, 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 sávsegmens 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 sávsegmensek 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 távirósegmensére 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. Ezekon a sávokon 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 távírószegmens 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 toldásokat 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, méghozzá 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.

– *** –

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 rádióevő – 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 rezgéseltő - 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