

FEJEZETEK A RÁDIÓZÁS TÖRTÉNETÉBŐL

(AZ SSB TÖRTÉNETE)

ELŐADÁSSOROZAT

2012–2014.

Szerző: Zentai Tibor HA2MN

Lektor és szerkesztő: Papp József



**HAJDÚ QTC
2015.**

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

„Soha nem vették jól az adásokat [Arlingtonból – Shreeve és Curtis Párizsban, 1915-ben]. Úgy alakult, hogy valójában nem lett volna szükség az Eiffel-toronyra. Amikor Hawaiiira mentem [1915], azt mondták, hogy keressem fel a tengerészeti bázist a Honolulu öbölben. Megtettem, de úgy találtam, hogy ez nem jó hely az óriási interferencia miatt. Ezért Pearl Harboron kívül állítottam fel az antennát, az akkor még érintetlen természetben. Csak egy erőmű, egy tiszti épület és egy, a dokkokat kiszolgáló raktár állt ott. Az antennát egy víztartály és egy kémény között feszítettem ki, majd levezettem egy öreg asztalosműhelybe, ahová a vevőkészülék került – B. W. Kendal homodyne [szinkrodin] vevője új találmány volt, ott és akkor. A szinkrodin vétel azt jelenti, hogy a vett vivőhullámra teljesen pontosan rá kell hangolni a vevő oszcillátorát, s miután ráhangoltam, nem mozdulhattam többé. A beállítás ugyanis annyira finom volt, hogy meg kellett merevednem, csak akkor vált lehetővé a rádióvételezés. A vétel pedig valóban jó volt [a kísérleti AM adás Arlingtonból], s amikor bemutattam a parancsnoknak, az figyelte a rádióból jövő beszédet és közben azt kérdezte:

– Mit is mondott, hogy honnan jön ez az adás?

– Washingtonból. – válaszoltam.

Láttam rajta, hogy nem hiszi el. A következő nap segédtisztje, Lando hadnagy átjött és végigellenőrizte az összes általam elhelyezett drótot. Azzal mentegetődzött, hogy az öreg kérte fel, mert azt gyanította, hogy a huzalok a szomszédos civil telefonközponttal vannak összeköttetésben.”

Lloyd Espenschied

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	5
01 – AZ SSB SZABADALOM ELŐZMÉNYEI I.	6
02 – AZ SSB SZABADALOM ELŐZMÉNYEI II.	7
03 – JOHN RENSHAW CARSON SSB SZABADALMA.....	9
04 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL I.....	11
05 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL II.	12
06 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL III.	14
07 – AZ AMPLITÚDÓMODULÁCIÓ ENERGIAMÉRLEGE.....	16
08 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL IV.....	17
09 – AZ ELSŐ TRANSZATLATI SSB KÍSÉRLETI ADÁS.....	19
10 – JÁRULÉKOS FEJLESZTÉSEK AZ ELSŐ SSB ADÓHOZ	21
11 – AZ ELSŐ SSB ADÓ FELÉPÍTÉSE	22
12 – AZ SSB VÉTELÉRE ALKALMAS ELSŐ VEVŐKÉSZÜLÉK	24
13 – ÜZEMBEN AZ ELSŐ TRANSZATLANT RÁDIÓTELEFON	25
14 – ANTENNÁK A TRANSZATLANTI SSB RENDSZERHEZ	26
15 – RÖVIDHULLÁMÚ TRANSZATLANTI TELEFONRENDSZER I.	28
16 – RÖVIDHULLÁMÚ TRANSZATLANTI TELEFONRENDSZER II.	29
17 – A RÁDIÓTELEFON TÉRHÓDÍTÁSA	31
18 – A RÁDIÓAMATŐR SSB ÜZEMMÓD KEZDETEI.....	32
19 – AZ SSB BETÖRÉSE A RÁDIÓAMATŐR GYAKORLATBA	34
20 – LLOYD ESPENSCHIED MUNKÁSSÁGA I.	35
21 – LLOYD ESPENSCHIED MUNKÁSSÁGA II.....	37
22 – LLOYD ESPENSCHIED MUNKÁSSÁGA III.....	38
23 – MODERN VILÁG – A TENGERALATTI KÁBEL	40
24 – A NEMZETKÖZI AMATŐR RÁDIÓSZOLGÁLAT KIALAKULÁSA	41

Jegyzet

ELŐSZÓ

E sorozat egy olyan modulációs üzemmód felfedezésének és fejlődésének útját igyekszik felvázolni, amelyet ma, rádióamatőrként természetesnek gondolunk és használunk, noha hazánkban csak az 1970-es évek legelejétől vált igazán ismertté és elterjedtté. Az FT-250 típusjelű adóvevő készülékek importját követően az ország rádióamatőrei SSB lázban égtek, délutánonként kemény, néha kakasviadalig fajuló harc folyt a 80 méteres fóniasávban minden szabad frekvenciáért.

A hagyományos amplitúdómodulált hazai amatőr fóniaadások egycsapásra eltűntek, s aki nem élvezhette az SSB előnyeit, kénytelen volt az AM adóját legalább DSB üzemmódra alkalmassá tenni, hogy bent maradjon a „körben”.

Forradalmi idők voltak.

A DSB üzemmód azonban hamar bebizonyította, hogy csak átmeneti megoldásként jöhet szóba. Ennek következtében kitört a hazai SSB adó, illetve adóvevő építési láz, készültek fázistolós és szűrős berendezések egyaránt. A szűrők beszerzése kemény próba elé állította a vállalkozó kedvű rádióamatőrt. Viszont ha sikerült 8-10 darab, azonos értékű kvarcot szereznie, a probléma megkerülhetővé vált a házi építésű létraszűrőkkel.

Manapság az SSB üzemmód olyan számunkra, mintha mindig is lett volna.

Valójában szinte mindig is volt – az SSB története a rádiózás hajnaláig nyúlik vissza, s igen érdekes utat járt be addig, amíg évtizedekkel később elért az első rádióamatőrökhöz, majd két évtizeddel később idehaza is terjedni kezdett.

Ezen a rádiózástörténeti ösvényen indulunk most el, tele izgalmas tudnivalókkal, hihetetlennek tűnő eseményekkel és a főcsapást néha elhagyó kitérőkkel.

A sorozat majdnem havi rendszerességgel a Hajdú QTC adásaiban került bemutatásra., E kiadvány az elhangzottak javított, kisebb mértékben átdolgozott, írásban publikált változatát tartalmazza.

Budapest, 2015. február

HA2MN

01 – AZ SSB SZABADALOM ELŐZMÉNYEI I.

1915. december elsejét aranyozott betűkkel kellene bevésni a rádiózás történelmének emléktáblájába. Hogy miért? Ennek okát fogjuk fejtegetni a következőkben.

Amikor az idősebb amatőrtársakat kérdezzük arról, hogy mikor hallottak először az SSB modulációról, illetve mikor hallottak először SSB adást a rádióamatőr sávokban, sokan az 1960-as évekre tippelnek. A valóság azonban más; már az 1950-es években kísérleteztek az amatőrök az SSB üzemmóddal – igaz, hogy csak ritkán, fehér hollóként hallhatott az akkori amatőr ilyen üzemmódú forgalmat. S még az is kétséges, hogy egyáltalán felismerte-e a moduláció típusát.

Normál amplitúdó modulált vételre alkalmas vevőkészülékkel hallgatva az SSB-t csak torz, recsegős, teljesen érthetetlen adásnak hangzott – annyit azonban mégis fel lehetett fedezni, hogy élőbeszédéről van szó. Viszont e beszédből egyetlen szótagot vagy szót sem lehetett azonosítani.

Ez idő tájt két alapvető üzemmódot ismert az átlagos rádióamatőr; a távíró és a távbeszélő üzemmódban az amplitúdó modulált fóniaadást. Talán hallott az SSB-ről de a technikai nehézségek ezt az üzemmódot sem tették népszerűvé, mint ahogy a korabeli géptávíró sem.

Az SSB adást akkor lehetett érthető beszéddé változtatni, ha az amatőr bekapcsolta a beatoszillátort, a hagyományos AM műsorvevőkhöz pedig ilyen oszcillátort kellett építeni és csatlakoztatni.

Összefoglalva az eddig elmondottakat, hitünk szerint az 1950-es években vagy az azt megelőzően évtizedben születhetett meg az SSB modulációs módszer. Azt is tudjuk, hogy a II. világháborúban nem használták a katonai rádiózásban, tehát a technológia – ha létezett, még gyerekcipőben járhatott akkoriban.

Nagyon nagyot tévedünk!

1915. december elsején **John Ranshaw Carson** amerikai feltaláló benyújtott egy szabadalmat „**Jeltovábbítás és eszközei nagyfrekvenciás hullámokkal**” címmel.

A szabadalom két kapcsolási rajzzal kezdődik; egy két triódás balanszmodulátor után kapcsolt egy triódás végerősítő rádió adókészülékkel, ahol a balanszmodulátorra folyamatos nagyfrekvenciás jelet és hangfrekvenciás modulálójelet vezet a feltaláló. A tapasztalt rádióamatőr rögtön felismeri – ez egy DSB adókészülék.

Az adó rajza alatt egy kétcsöves vevőkészülék kapcsolása látható. Az első cső a vett jelet erősíti, a második cső vezérlőrácsára az erősített jelet és egy azzal frekvenciában megegyező lokális nagyfrekvenciás jelet csatol a feltaláló. S ez a cső érthető beszédhanggá alakítja az adó által kibocsátott, s a vevőantenna által felvett, majd erősített – és ezen a furcsa, a távíró vételben viszont már nem ismeretlen módon demodulált rádióhullámot. Az itt bemutatott vevőt a rádióamatőrök jól ismerik szinkrodin vevő néven. Az alkalmazott rádiócsövek a vevőben is közvetlen fűtésű triódák.

Rövidhullámú felfogással rátekintve e rajzokra, azt mondanánk, hogy DSB adó és vevő rajzát látjuk. Pedig nem, mert egy korabeli SSB adóról és vevőről szól a történet. Lehetetlen! – mondanánk, de nem az. Lesz majd rá magyarázat.

A rajzokat követő szabadalmi leírásban Carson részletesen bemutatja, hogy hogyan működik e rendszer, s pontosítja, matematikailag le is vezeti, hogy valójában végül is miért alkalmas elfogadható SSB jeltovábbításra a bevezető két rajza szerint megépített készülék. S azt is, hogy mit kell ahhoz tenni, hogy működjön az elképzelés.

Tekintsük át az előzményeket, amire Carson alapozhatott: 1901-ben Reginald Fessenden felfedezi azt, hogy két különböző frekvenciájú jel összekeverésének eredményeként két új jel keletkezik, nevezetesen a két összekevert jel különbségnek és az összegének megfelelő frekvenciájú jelek.

Vegyünk egy példát: 1 MHz-es jelhez keverjünk 0,7 MHz-es jelet. Az eredmény egy 0,3 MHz-es és egy 1,7 MHz-es jel lesz. A két jel közül a nem kívánt jelet kiszűrjük, s a kívánt jellel dolgozhatunk tovább. Ez a keverési elv, más néven a heterodin elv. E felfedezésnek a maga idejében sok jelentősége nem volt, ugyanis az akkor használatos szikratávíró egy széles frekvenciaspektrumot átfogó amplitúdó modulált jel, amit egyszerű detektorokkal lehetett venni, tehát nem kellett a vett jelet összekeverni helyi jellel, hogy hallható távírójeleket kapjunk.

A következő klippben megpróbáljuk a szikratávíró hangját bemutatni.

[klipp-1]

Mivel a szikratávíró jele széles spektrumot foglal el a rádiófrekvenciás sávban, a Titanic rádiója a jégheggyel való ütközést megelőzően azért parancsolt hallgatást a közelben tartózkodó California tehergőzös rádiósának, mert annak adása zavarta a Titanic kereskedelmi táviratainak forgalmát. A California rádiója némileg megsértődött, a jég észleléséről szóló híradást már leadta, így más dolga nem lévén elment aludni.

Jelen előadás végén lássunk egy példát arra, hogy ha egy speciális szikraadó antennájába szénmikrofont kötünk, mit fogunk hallani:

[klipp-2]

A következő részekben megmagyarázzuk, hogy Carson találmánya miben és hogyan forradalmasította a jelátvitelt a nagyfrekvenciák segítségével.

– *** –

02 – AZ SSB SZABADALOM ELŐZMÉNYEI II.

John Ranshaw Carson 1915. december elsején nyújtja be szabadalmát „Jeltovábbítás és eszközei nagyfrekvenciás hullámokkal” címmel. A szabadalom leírja és elemzi az amplitúdómodulált, elnyomott vivőhullámú távbeszélő üzemmód, azaz a DSB és az SSB üzemmód elvét és gyakorlati megvalósíthatóságát.

1915. ezen időszakában, Európában teljes gőzzel tombol az I. világháború. December hónaphoz kötődik két világhírű énekes, Frank Sinatra és Édith Piaf világrajövele, a kínai elnök pedig e hónapban kiáltja ki magát császárnak. November végén, tehát napokkal korábban Albert Einstein készen áll az általános relativitás elméletének kidolgozásával. E napokban már előadást tart az új elméletéről, hivatalosan a következő évben fogja publikálni.

Amerika telefonlázban ég. Az elektroncső felfedezése és használatba vétele beláthatatlan lehetőségeket csillant meg a nagy távolságú telefonhálózatok kiépíthetőségének műszaki megoldásaiban. Ugyanis közbenső erősítőkkal (úgynevezett átjátszókkal) a vezetékes hálózatok hossza jelentősen megnövelhető. A vezetékkel át nem hidalható terepakadályok pedig elektroncsövekből épített, a telefonrendszerhez csatlakoztatott rádió adókkal és vevőkkel majd legyőzhetővé válnak. Mondjunk egy példát: az Atlanti óceán az amerikai és az európai partok között.

Mialatt a telefonosok rávetik magukat az elektroncsőre, más tudósok az amplitúdómodulált kétoldalsávú vivőhullámú modulációval már jó ideje kísérleteznek. Az első sikeres távbeszélő üzemmódú rádióadást Archie Frederick Collins hajtja végre 1899-ben. Szikragenerátorként ívlámpát használ, nagy jóságú szűrő után az antennavezetékbe köt egy szénmikrofont, arra beszél. Mint korábban már hallottuk, valahogy így hangzik az adás:

[klipp-1]

Egy évvel később Fessenden forgótárcsás szikragenerátorral hasonlóan eredményes kísérletet hajt végre. Fessendent igazán érdekli a dolog, így rájön arra, hogy stabil és diszkrét nagyfrekvenciás jelre van szüksége a jól érthető moduláció érdekében. Egyből adódik a megoldás: nagyfrekvenciás generátorként sokpólusú elektromos forgógépet (motorral hajtott generátort) kezd használni. Ezzel az eszközzel akár 48 kHz-es adási frekvenciát is el lehet érni, ráadásul sok kilowattos teljesítménnyel. Az antennavezetékbe kötött szénmikrofonon keresztül több amper antennaáram folyik, a mikrofont külön hűteni kell. A nagy antennajóságot a mikrofon soros ellenállása lerontja, ezért az eredetileg néhány száz hertzes antenna sáv szélesség helyett kellő antenna sáv szélesség áll rendelkezésre az amplitúdómodulált adás sugárzására. Ez már a rádió műsorszórás csírája.

A korszakhoz hozzá tartozik az is, hogy az 50 kHz feletti rádióhullámok terjedéséről szinte semmit nem tudni, hiszen nincs olyan nagyfrekvenciás generátor, amely e frekvenciák felett tudna stabil és nagy teljesítményű jelet előállítani. Az is nyilvánvaló, hogy a telefontechnika a század eleji rádiótechnikát hasznosítani nem tudja: a szikraadók instabilak, a forgógépes generátorok bonyolult gépészeti berendezések, modulálhatóságuk nem illeszkedik a telefonrendszerekhez. A rádióvevők pedig detektoros vevők, csak a kellően nagy teljesítményű adók adásainak vételére alkalmasak. Fessenden 1901-ben felfedezett jelkeverési elve még jó ideig nem hasznosítható. Az 1915. december 1-jei Carson szabadalom azonban felhívja rá a figyelmet.

John Renshaw Carson az előző években feltalált, és az azóta továbbfejlesztett elektroncsövek felhasználásán gondolkodik. Az elektroncső nem lineáris erősítőelemként alkalmas tetszőleges nagyfrekvenciájú jelkeltésre (oszillátor), kisjelű hang- és nagyfrekvenciás jelek erősítésére, egyenirányításra, jelek keverésére. Tehát alkalmas egyszerű rádióadók és érzékeny vevők megépítésére. Mindez kis térfogatban, kis mechanikai igényvel, viszonylag alacsony egyenfeszültségekkel megvalósítható. Már látszik az is, hogy az elektroncső idővel alkalmas lesz ugyanezen jelek nagy teljesítményű erősítésére, azaz nagy teljesítményű rádióadók építhetők majd vele, kiterjedt frekvenciatartományban.

Carson találmányának lényege (Fessenden keverési elvére alapozva) az, hogy az amplitúdómoduláció nem más, mint a hangfrekvenciás spektrumú jel összekeverése egy diszkrét nagyfrekvenciás jellel. A keverés eredménye pedig az, hogy a nagyfrekvenciás jelhez (más néven a vivőhullámhoz) részben hozzáadódik a hangfrekvenciás spektrum, részben kivonódik a vivőhullámból. A modulált jel három

összetevőből áll, az alsó oldalsávból, a vivőhullámból és a felső oldalsávból. A vivőhullám frekvenciája állandó, nagysága állandó. A két oldalsáv spektruma a hangfrekvencia terjedelmének felel meg és a beszéd spektrum változásainak megfelelően állandóan változik. Nagysága pedig a beszéd hangerejével arányos.

Ha a vivőhullámot nem moduláljuk hangfrekvenciával, csak a vivőhullám van jelen, s a vivőhullámnak nincs sávszélessége. Ha például 2.000 Hz-es hangot keverünk a vivőhullámhoz, plusz/mínusz 2.000 Hz-es oldalsávok keletkeznek. A keverés eredményeként tehát egy 4.000 Hz-es sávszélességű amplitúdómodulált jel keletkezik.

Carson találmánya tehát arra alapoz, hogy egy f vivőfrekvenciához kevert f moduláló hangfrekvenciás jel olyan jelet hoz létre, amely 3 elemből áll: az **fv-fm** - az alsó oldalsáv, maga az **fv**, és az **fv + fm**, azaz a felső oldalsáv. Ezt a kevert jelkomplexumot hívjuk amplitúdómodulált, teljes vivőhullámú jelnek. A két oldalsáv változása a beszéd vagy a zene éppen aktuális spektrumának (hangmagasságának) felel meg.

A következő részben folytatjuk Carson gondolatmenetét.

– *** –

03 – JOHN RENSHAW CARSON SSB SZABADALMA

Az 1915. év arról is híres, hogy ezen év közepén rádióval fónia üzemmódban először hidalgák át az Atlanti óceánt. 550 darab, 15–20 W-os elektroncső párhuzamos kapcsolásából eredő, kb. 2,5 kW kimenőteljesítménnyel indítanak amplitúdómodulált kísérleti adást. Az adás az USA arlingtoni híradós katonai telepről szól, hiszen itt található az egyetlen megfelelő antenna. Egy amerikai tudóscsoport a párizsi Eiffel torony antennáját felhasználva az adásból elcsíp egy töredék mondatot. A siker teljes, bebizonyosodik, hogy a transzatlanti távbeszélő rádióösszeköttetés nem lehetetlen. Csak az adóteljesítményen és az iránysugárzó antennákon múlik majd a dolog.

John Renshaw Carson részese e kísérletnek. Itt kelti fel érdeklődését az amplitúdómoduláció fizikája, s itt alkotja meg elméletét a fessendeni keverési elv felhasználásával. Az arlingtoni híradós katonai bázison módja van kísérletezni, állítólag itt sugározza ki az éterbe az első SSB adást, amely az 1950-es évektől kezdve a rádióamatőr sávokban is megkezdte hódítását.

Mivel Carson gondolatait nem a rádió, hanem az elektroncsővel robbanásszerű fejlődést mutató telefontechnika köti le, az 1915. december elsejei szabadalma nem a rádióról és az SSB-ről szól igazán – valódi célja a rádiót a telefontechnika szolgálatába állítani.

Carson felfedezi azt is, hogy a moduláló frekvencia és a vivőhullám fázisviszonyai a DSB és az SSB szempontjából nem közömbösek (az AM esetben igen, mert többek között a demodulátorhoz érkező AM jel megőrzi az eredeti fázisviszonyokat). Az AM pontos leírása a keverési elvvel tehát a következőképpen módosul:

Az alsó oldalsáv egyenlő az $(fv-fm)/2\pi$, a vivőhullám egyenlő az $fv/2\pi$, a felső oldalsáv egyenlő az $(fv+fm)/2\pi$ értékkel.

Ha elnyomjuk az információt nem tartalmazó vivőhullámot, két azonos információt

tartalmazó oldalsáv marad; ezt ma DSB-nek nevezzük. A DSB sávszélességben azonos az AM adással, előnye viszont az, hogy a vivőhullám kisugárzásának elnyomásával felszabadult energia az oldalsávok energiájának növelésére fordítható. Viszont a vételi oldalon baj lesz a demodulációval, amelyre más alkalommal kitérünk.

Ha elnyomjuk az egyik oldalsávot is, a következő előnyökhöz jutunk: A sávszélesség felére csökken úgy, hogy a modulációs információ megmarad, továbbá az elnyomott oldalsáv miatt kieső energia a kisugárzott oldalsáv energiájának növelésére fordítható. A vevőben a demodulációhoz pedig elég egy helyi oszcillátor, ami visszaállítja vivőfrekvenciát és érthető beszédhanggá keveri le a vett, a vivőhullám frekvenciájával eltolt (a moduláló frekvenciának megfelelő spektrumú) oldalsávot.

Carson ezzel a megoldással alapozza meg a forradalmian új jeltovábbítást és eszközeit a nagyfrekvenciás hullámokkal. Szabadalmában a továbbiakban az SSB adók és vevők telefontechnikai alkalmazásával foglalkozik, amely téma nem esik az érdeklődési körünkbe.

Mint a bevezető előadásban már szóba került, Carson egy balanszmodulátorral és egy végcsővel alkotja meg az SSB adót, az SSB vevő pedig egy szinkrodin vevő két csővel és külön helyi oszcillátorral. Ezt mi itt és most DSB üzemmódnak látjuk, pedig valóban SSB üzemmódú rendszerről van szó! Ha visszagondolunk a korabeli rádiótechnikára, az 50 kHz feletti frekvenciatartományt az elektroncső képes generálni. Carson olyan üzemi frekvenciát választ a rendszernek, ahol az adóban alkalmazott rezgőkör és az antenna sávszélessége nagyjából 2 kHz körül van, csakúgy, mint a vevő antennája és rezgőköre. Carson azt javasolja, hogy mind az adó és vevő antennáit és rezgőköreit a kiválasztott oldalsávra kell hangolni, s voila! íme az SSB-szűrő vagy a fázistolók nélküli egyszerű SSB üzemmódú rádiórendszer. Talán 40–60 kHz-ig terjedő frekvenciákon meg is valósítható.

Tehát az SSB modulációs üzemmód feltalálásának éve 1915. Ebben az évben került sugárzásra az első komolyabb teljesítményű, elektroncsöves AM adás, amellyel mindjárt át is hidalják a transzatlanti térséget. Megszólal az első kis teljesítményű SSB adó, majd 1915. december elsején John Renshaw Carson benyújtja az SSB-re alapozott jeltovábbításra vonatkozó szabadalmát.

Vajon mit nem talál fel Carson, pedig az SSB-re vonatkozó leírásában ott bújka a lényeg? Ha az esze nem a telefonon jár, és egy cseppet is érdekelné a rádiótechnika, felfedezhette volna szuperheterodin vevőt, amelyet csak 1918-ban írnak majd le először. Így marad az SSB elv atyja.

Carsonnak van azonban még egy, a rádiótechnikát érintő forradalmi találmánya. Nos, ez a frekvenciamoduláció, más néven a fázismoduláció. E találmánya később megalapozza a minőségi rádió-műsorszórást és a rádiótávközlés egyéb rendszereit. De ilyesmivel ő nem foglalkozik, mert csak a telefontechnika újszerű megoldásain jár az esze.

Mi azonban a továbbiakban is az SSB útját követjük, és a következő alkalommal behallgatunk Hartley évekkal későbbi előadásába.

– *** –

04 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL I.

1922. december 13-án Ralph Hartley az Amerikai Rádiómérnökök Intézetének New York-i pódiumára lépve a hallgatóság számára igen érdekes, mondhatni a korabeli szakembereket is megrázó előadásba kezd. Az előadás címe „A rádióadás vivőhullámának és oldalsávjainak összefüggései”.

Hartley-ről az átlagos rádióamatőr legfeljebb annyit tud, hogy kifejlesztett egy oszcillátort, amely a nevét viseli. Találmánya az Arlingtonban zajló első transzatlanti fónia adáskísérlethez kapcsolódik. Ugyanitt az erősítőként alkalmazott gerjedékeny triódákkal kell megküzdenie, tehát kidolgozza a neutralizáció elvét és gyakorlatát. Miután az USA belép az I. világháborúba, Hartley akusztikus repülőészleléssel foglalkozik. A háború után visszatér a telefonfejlesztésekhez, majd néhány évvel később az információátvitel elméletében ér el áttörést – ez élete fő műve.

De térjünk vissza New Yorkba. Előzményként Hartley alaposan áttanulmányozza Carson 1915-ös SSB szabadalmát. Azt, amelyen az USA Szabadalmi Hivatala még mindig rágódik, s majd csak a benyújtást követő nyolcadik évben, 1923. március 27-én jegyezik be. Nem sokkal azután, amikor a kereskedelmi célú, nagy teljesítményű SSB rádiótelefon rendszer első adó- és vevőállomása már beüzemelt, sőt az első eredményes transzatlanti kísérleteken is túl vannak.

Most azonban még 1922 decemberét írjuk. Hartley az előadását a vivőhullám szaggatott kisugárzásával átvitt információ alapelemének szemrevételezésével kezdi. Ez egy rövid időtartamú jel – mondhatjuk úgy is, hogy „ti”. Ezt az adásmódot mi távíró üzemmódként ismerjük és alkalmazzuk. Mint köztudott, a távíróban a vivőhullám kisugárzása szaggatott, csak meghatározott időtartamú rövid, és háromszor olyan hosszú időtartamú jelek, valamint szünetek kombinációjából áll. Ezek a kombinációk alkotják a karaktereket. A távíró tehát – elnevezésével ellentétben (CW – folyamatos vivőhullám) – egyáltalán nem a vivőhullám folyamatos kisugárzásáról szól. A távíró neve mégis azért folyamatos hullám (CW), mert a szikratávíró szórt frekvenciaspektrumú, széles sávban kisugárzott, nem diszkrét jelek összességének szaggatását jelentik, míg a CW egy konstans frekvenciájú jel szaggatása. A CW elnevezés történelmileg maradt ránk a technikai fejlődés szemléltetéseként.

Ezen a ponton – Harleyt követve – látszólagos kitérőt kell tennünk az SSB által kijelölt útról. Mindenképpen fontos lépés ez, hiszen a rádióamatőr számára is több tanulságot tartalmaz Hartley gondolatmenete.

Mint ismeretes, a valóban folyamatos vivőhullámnak nincs sáv szélessége.

Hartley tehát vesz egy elemi jelet, amit mi a távíró tudásunk alapján „e” betűnek értelmezünk. Ez az elemi jel klasszikus négyszögjel, időtartama a milliszekundumos tartományba esik és felbontható végtelen számú, egyre csökkenő amplitúdójú felharmonikusra. Amikor ez a négyszögjel leadásra kerül, létrejön a második, harmadik, negyedik és az ennedik számú felharmonikusa (pl. 4 Hz, 6 Hz, 8 Hz, 10 Hz és így tovább). Ezek a felharmonikusok a fessendeni keverési elv alapján hozzáadódnak a vivőhullámhoz, illetve kivonódnak abból.

Ez pedig azt jelenti, hogy megjelennek az oldalsávok, azaz a távíróadásnak oldalsávjai vannak. Tehát úgy tűnik, hogy a távíróadás sem más, mint egy kétoldalsávú teljes vivőhullámú amplitúdómoduláció. Igaz, nem az a fajta, amikor beszéddel vagy zenével modulálunk. Hartley azt is megállapítja, hogy az oldalsávok frekvenciaspektrumát az adási sebesség növelése is növeli. Azt is megállapítja, hogy

a távíró oldalsávjai nem hasznosíthatók. Előadása azonban e témában nem lép tovább.

A későbbi évtizedek tudását felhasználva az elemi távírójelet három időtartamú szakaszra bonthatjuk; a vivőhullám fel- és lefutásának időtartamára és a közbenső, konstans nagyságú vivőhullám időtartamra. Ez utóbbinak valóban nincs sáv szélessége, a fel- és lefutás azonban modulációnak értelmezhető, hiszen e periódusokban a vivőhullám amplitúdója állandó változásban van. Amennyibe a fel- és lefutás nagyon meredek (mint az ideális négyszögjel élei), a távírójel széles spektrumban kelt felharmonikusokat, amelyek keveredve a vivőhullámmal oldalsávokká válnak és betérítik a rádiósávot. Ezt mi klikknek nevezzük, amellyel komoly zavarást lehet produkálni. Az idősebb amatőrök e jelenséget jól ismerik, de ma is előfordul az amatőrsávokban.

Ha a fel- és lefutó éleket RC szűrővel a haranggörbéhez hasonlóvá látgyítjuk, az elemi távírójel lényegesen kevesebb és kisebb amplitúdójú felharmonikust hoz létre, s ez már nem okoz zavarást. Ez jellemzi a jól megtervezett házi építésű és a korszerű gyári adóvevőket.

Az egy másodperc alatt leadott jelek mennyisége (mint moduláló frekvencia) is befolyásolja a távíró sáv szélességét. 60 szó/perc esetén kb. 50 Hz-es, 30 szó/perc, azaz 150 betű/perc adási sebesség esetén kb. 25 Hz-es sáv szélességet foglal el egy adás. Ha meglehetősen lassan adunk, néhány Hz-es sáv szélességet veszünk igénybe. A füllel történő vétel szempontjából előnyösebb a nagyobb sáv szélességű, azaz a gyorsabb távíróadás. Ha zsúfolt a távíró sáv, a nagyobb sebességgel dolgozó távírász az alacsony sebességből adódó néhány hertzes távíró sáv szélességű adást a káoszban gyakran nem is érzékeli. S az is lehet, hogy el is nyomják a nagyobb sáv szélességű adások (pl. egy versenyben).

A rádióamatőr távírózás szabálya viszont az, hogy partnerünk sebességét vegyük fel.

A QRP vagy a kisebb teljesítményű rádiókat üzemeltetők gyakran esnek abba a hibába, hogy lassan hívnak, majd lassan adnak olyan partnereknek, akik sokkal nagyobb sebesség vételére képesek és adásukban is nagy sebességet használnak. Viszont a távíróadás nagyobb sáv szélességére irányuló törekvésünk helyett a vevőoldali operator ritmusához való idomulás is hozzájárul adásunk megérthetőségének javításához.

A következő részben Hartley előadását követve visszatérünk az AM és az SSB értelmezéséhez.

– *** –

05 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL II.

1922. december 13-án Ralph Hartley kiáll az amerikai rádiómérnökök nyilvánossága elé, hogy megismertesse velük a rádióadás vivőhullámának és oldalsávjainak összefüggéseit. Természetesen ekkoriban csak a távíró és az amplitúdómodulált távbeszélőadás sajátosságairól eshet szó.

John Renshaw Carson szabadalma elég sajátos megoldást kínál az SSB üzemmód kivitelezésére. Találmánya szerint csak olyan alacsony frekvencián lehet az SSB adást megvalósítani, ahol mind az adó, mind a vevő oldalán egy-egy rezgőkör és az

antenna sáv szélessége oldja meg a nem kívánt oldalsáv kiszűrését. E frekvenciatartomány a néhány száz 10 kHz-es sávba, azaz az igen hosszú hullámok tartományába esik. S ez az egyébként igen gazdaságos és vonzó modulációs megoldás az elektroncső fejlődése és a magasabb frekvenciák tartományának használatba vétele miatt így erősen korlátozott. Tovább kell tehát gondolni, és más utat kell keresni az SSB széles frekvenciatartományban történő kihasználhatóságához.

Titokban tartott fejlesztés veszi kezdetét az I. világháború után. Ugyanis az SSB moduláció semmiképpen sem a háború szülötte, sőt a fejlesztése le is került a kutatások palettájáról. A tudósok csak a háború befejezése után, a hadiipari fejlesztésektől megszabadulva találják magukat ismét szembe a felfokozott telefonigényekkel, így a telefonrendszerekhez kapcsolt rádiórendszerek fejlesztésének kényszerével is.

Látszólag nem tartozik ide, de meg kell említeni, hogy 1922 novemberében George Cambell a távközlésben alkalmazható hullámszűrőkről (alulvágó, felülvágó, sávszűrő) tesz közzé egy nagyon alaposan kidolgozott tanulmányt. Foglalkozik a szűrők elméletével és gyakorlati kialakításával. LC elemekkel dolgozik, ekkoriban a piezoelektromos hatás (a kvarc) még messze nem téma. Az majd a következő évtized kutatási feladata lesz.

Ugyanezen év decembere viszont Hartley-é. Előadásában tesz még egy gondolat kísérletet a távíró vivőhullámának kioltására, megpróbálandó az oldalsávokat hasznosítani. Elméleti eszmefuttatása szerint a távíró oldalsávjai nem biztosítanak karakterisztikusan értelmezhető információt. Ráadásul olyan keskeny és meredek oldalsáv szűrők sem kivitelezhetők, amelyekkel a távíró alsó és felső oldalsávjait ki lehetne szűrni. Marad a jól bevált megoldás – a rádiótávíró a vivőhullám megfelelően szaggatott kisugárzásával oldható meg üzembiztosan.

De mi a helyzet akkor, ha a vivőhullámot hangfrekvenciával moduláljuk. Carson leírásából már ismerjük: három komponens jön létre – az alsó oldalsáv, a vivőhullám és a felső oldalsáv. A vivőhullám állandó marad, az oldalsávok a beszéd hangmagasságának megfelelő frekvenciaeltolásúak lesznek, nagyságuk pedig megfelel a beszéd hangerejének.

A moduláció mértékét – a modulációs tényezőt – százalékban fejezzük ki. **Ez az érték a vivőhullám és a moduláló jel feszültségviszonyát adja meg.** Vegyünk egy **állandó értékű** nagyfrekvenciás jelet, amelyet változó nagyságú hangfrekvenciával modulálunk. Ha nincs hangfrekvencia, nincs oldalsáv. Ha a hangfrekvenciás jel nagysága kisebb, mint a nagyfrekvenciás jel nagysága, akkor az oldalsávok nagysága a moduláció ütemében, azzal arányosan változik. Amikor a hangfrekvenciás jel éppen akkora, mint a nagyfrekvenciás jel, ezt az állapotot 100%-os modulációnak nevezzük. Ebből következik, hogy ha a hangfrekvenciás jel fele a nagyfrekvenciásnak, a modulációs tényező 50%. **A vivőhullám minden esetben állandó nagyságú marad!**

Még egy esetet számba kell venni. Ha a hangfrekvenciás jel éppen nagyobb, mint a nagyfrekvenciás, az oldalsávok nem modulációarányosan jelennek meg, ezért a hangfrekvencia jelentősen eltorzul. Ezt túlmodulációnak nevezzük. Mivel a hangfrekvenciás jel csúcsai nagyobbak lehetnek a nagyfrekvenciásnál, időlegesen bekövetkezhethet a túlmoduláció, ami mindenképpen kerülendő.

E leírás csak a vivőhullám és a moduláló jel nagyságának viszonyait szemlélteti, nem írja le az oldalsávok és vivőhullám teljesítményviszonyainak alakulását!

Már tudjuk, hogy Carson találmánya szerint az amplitúdómodulált jelnél a hangfrekvencia keveredik a nagyfrekvenciával, így alakulnak ki a modulációs tényezőnek megfelelő nagyságú oldalsávok és a komponensek egymáshoz rendelt fázisviszonyai. Hartley az előadásban felvázolja a 3 komponens fázisviszonyát, vagyis azt szemlélteti, hogy a felső oldalsáv fázisa megegyezik a moduláló hangfrekvencia fázisával, **az alsó oldalsáv viszont inverze az eredeti fázisnak**, s ez bajt okoz majd bizonyos esetben.

Tehát az amplitúdó moduláció keverési termék, amelynek a vivőhullám az állandó komponense. Hartley-t követve vizsgálat alá vesszük majd azt, hogy a 3 komponenssel mit tudunk kezdeni egy rádióadó hanggal történő modulálásakor, illetve hogyan tudjuk a vevőben demodulálni a különféle módon variált amplitúdómodulált adásmódokat.

1922. vége azért különösen fontos, azért lépnek nyilvánosság elé a látszólag össze nem függő témákkal foglalkozó kutatók, mert néhány hónappal később hivatalosan is megkezdik majd az első nagy teljesítményű, professzionális transzatlanti SSB kísérleti adásokat.

Mindeközben John Renshaw Carson a tengeralatti telefonkábelek átviteli karakterisztikáival foglalkozik.

– *** –

06 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL III.

Az 1922-es év az SSB előkészületek jegyében telik. Ekkoriban a kitűzött cél a telefonrendszerekhez illeszthető, nagy távolságokat áthidaló SSB rádió távbeszélőrendszer megtervezése és megépítése. Ez a munka John Renshaw Carson találmánya és az 1915-ben benyújtott, de még mindig be nem jegyzett szabadalma alapján már csak a további részletkutatásokon és végül a mérnöki megvalósításon múlik.

A hullámszűrők mellett az egyik ilyen részletkérdés az emberi hang frekvenciatartományának és az egyes frekvenciákhoz tartozó energiaszintek vizsgálata. A másik fontos kérdés az emberi fül érzékenységének és a beszéd jól érthetőségéhez tartozó frekvenciaspektrum megállapítása. Emlékezzünk arra, hogy telefonátvitelről szól a történet, a jobb hangminőség, a zenei átvitel problémája legyen a rádió műsorszórás gondja, noha az SSB átvitel céljára készített kutatásokból ők is sokat profitálhatnak.

Crandal és MacKenzie számos beszédminta elemzése alapján 1922-ben arra a megállapításra jut, hogy az emberi beszéd energiája a néhány 10 és 100 Hz-es tartományban a legnagyobb, majd 1000 Hz felett meredeken csökken és 1700–1800 Hz felett alig mérhető. A női hangok alig valamivel magasabb hangfekvésűek az energiaeloszlás szempontjából.

Harvey Fletcher ugyanakkor azt vizsgálja, hogy az átlagos emberi fül mely frekvenciatartományokban érzékeny. Megállapítja, hogy 300 Hz alatt minimálisan, viszont kiemelkedő csúcsokat talál 600, 2000 és 2400 Hz-en. A magasabb frekvenciákon a fül kevesebb, majd 3600 Hz felett további erősen csökkenő érzékenységet mutat.

Hartley is foglalkozik a beszéddel és hallással. Végül Wegel kutatása alapján látszik,

hogy a beszéd fontos spektruma 200 Hz és 3000 Hz-es tartományba esik. A hallási spektrum érzékenysége a beszéd megérthetősége szempontjából lényegében megegyezik beszéd spektrumával. Ezen megállapítások telefonátvitel szempontjából a mai napig érvényesnek tekinthetők.

A rádióamatőrök vájt fülűbbek az átlagos telefonhasználóknál; a 300 Hz – 2400 Hz-es beszéd tartomány megértése nem okoz gondot, ez egyben sáv szélesség megtakarítást is eredményez a rádióamatőr hullámsávokban.

Hartley már a fentiek tudtában van az 1922. december 13-i, az amerikai rádiómérnökök számára tartott előadása során. Térjünk most vissza ide, New Yorkba.

Hartley elérkezett az amplitúdómodulált teljes vivőhullámú rádióadás jellemzéséhez. Van egy alsó oldalsávunk, egy vivőhullámunk és egy felső oldalsávunk. Az oldalsávok keverési termékek. A felső oldalsáv fázisa megegyezik a beszéd fázisával, az alsó oldalsáv annak inverze. Mindkét oldalsáv nagysága arányos a modulációs tényezővel, amely százalékban van megadva. **100%-os moduláció esetén a vivőhullám energiája kétharmadnyi, az oldalsávok sávonként a vivőhullámhoz viszonyított egyhatodnyi energiát képviselnek. A vivőhullám egyébként mindig állandó feszültségű és energia értékű, az oldalsávok energiája a moduláló jel energiájából származik.**

A teljes vivőhullámú AM adás vétele egyszerű; egy dióda és egy kondenzátor képes demodulálni és érthető hanggá alakítani ezt az adástípust. Ez a folyamat tulajdonképpen a változások átlagolásából áll. A két oldalsáv miatt az adás sáv szélessége kétszerese a moduláló hangfrekvenciának. Ez jellemzi a hagyományos műsorszóró rádióadókat, ahol a legmagasabb átvitt hang nagyjából 4500 Hz, a modulációs tényező pedig nem lehet magasabb 30%-nál, hogy a túlvezérlést (az átmeneti torzítást) mindenféleképpen el lehessen kerülni.

Tehát az AM adás energiamérlege nagyon rossz és a két oldalsáv ugyanazt az információt továbbítja. Emiatt az adás feleslegesen nagy sáv szélességet foglal el a hosszú, a közép és a rövidhullámú tartományokban. Viszont a vétel egyszerű készülékekkel megoldható, s ez óriási előny a műsorszórásban. Emiatt a hagyományos műsorszórási technika a mai napig fennmaradt az előbb említett hullámsávokban.

1915-ben Carson, első lépcsőként azt gondolta, hogy a vivőhullám felesleges, mert információt nem hordoz, a felszabaduló kétharmadnyi energia pedig a hasznos információ kisugárzására fordítható. Ez a kétoldalsávos elnyomott vivőhullámú adás, más néven DSB–SC. A DSB rádióamatőr szempontból könnyen megépíthető adót jelent, azonban a DSB vétele bonyolult és a sáv szélessége duplája a szükségesnek. Ezért nem is terjedt el.

Carson második lépcsője az egyik oldalsáv kiiktatása, mert ugyanazt az információt feleslegesen kétszer átvinni. Ez az egyoldalsávú elnyomott vivőhullámú adás, jele SSB–SC. A hagyomány szerint a hivatalos rádiórendszerek általában a felső oldalsávot használják, mert fázisviszonyai megegyeznek a moduláló jel fázisviszonyaival, míg az amatőrök csak alsó oldalsávot használnak bizonyos sávokban, a többiben felsőt.

A következő részben – Hartley-t követve – megvizsgáljuk azt, hogy milyen demodulációs módszereket igényelnek az elnyomott vivőhullámú adások.

– *** –

07 – AZ AMPLITÚDÓMODULÁCIÓ ENERGIAMÉRLEGE

1922. december 13-án az Amerikai Rádiómérnökök Intézete aktuális évi záróelőadását tartja, az előadó Ralph Hartley. Hartley témája az amplitúdómoduláció általában - és ezen modulációs módszer speciális formája - alapozva John Renshaw Carson 1915. végén benyújtott szabadalmára - az elnyomott vivőhullámú egyoldalsávú adásmód, azaz az SSB moduláció.

Ugyanezen év elején, pontosabban 1922. január 23-án az aktuális évi nyitóelőadás Lloyd Espenschied-é. Espenschied célja az, hogy felvázolja a rádió alkalmazási lehetőségeit a vezetékes távközlési hálózatokban. Nem mellékesen már ekkor úgy beszél az elnyomott vivőhullámú egyoldalsávú modulációról, mint az egyetlen szóba jöhető opcióról. Ez alkalommal az SSB részletei azonban mellékesek.

Viszont rádióamatőr szempontból ez az előadás mérföldkő. Azért mérföldkő, mert a szakma előtt – rögzítsük a dátumot: 1922. január 23. – Espenschied nyíltan elismeri, hogy a rádióamatőrök is részt vállaltak azokban az úttörő munkálatokban, amelyek lehetővé teszik a rádió beillesztését a professzionális telefontechnikába.

Bebizonyosodik tehát, hogy nem a rádióamatőrök által kitalált önfényező mítoszról van szó, hanem jól dokumentált történelmi tényről. A rádióamatőr tevékenység mindig is hozzájárult a rádió és a rádiókommunikáció térhódításához és továbbfejlődéséhez. Többek között Espenschied munkásságának ismertetése és méltatása ezért is esedékes lesz a következő előadások során.

Az 1922. év még arról is nevezetes, hogy első ízben jelenik meg a The Radió Amateur's Handbook, azaz a Rádióamatőrök Kézikönyve. Szerző: Archie Frederick Collins – emlékezzünk – feltalálóként az első sikeres rádió-távbeszélő kísérlet végrehajtója. Bevezetőjében szintén hosszasan utal a rádióamatőrök szerepére a rádiózás fejlődésében. Hihetünk neki is, ő is kortárs.

Ezt az izgalmas évet Hartley zárja. Ő már részletekbe menően elemzi az elnyomott vivőhullámú AM tulajdonságait és a benne rejlő lehetőségeket. Ilyesmikkel Archie Frederick Collins még nem foglalkozik a kézikönyvében – a rádióamatőröknek ajánlott távbeszélő adói ugyan már csövesek, de a mikrofon még mindig az antennakörben van.

Hartley arról beszél, hogy ha egy Carson-féle balanszmodulátorral kioltjuk az AM vivőhullámát, kapunk egy olyan frekvenciaspektrumot, amely csak az alsó és a felső oldalsávot tartalmazza. Emlékeztetőül, a felső oldalsáv fázisa megegyezik a moduláló jel fázisával, míg az alsó oldalsávé inverze annak.

Az oldalsávok energiáját a modulációs energia adja, így a felesleges vivőhullámra fordítandó energiát a kioltott vivőhullámú modulációs termék megfelelő erősítésével szét lehet osztani az oldalsávok között. Ez azt jelenti, hogy oldalsávonként fele-fele teljesítményeloszlást kapunk, ami az AM egyhatodnyi, egyhatodnyi teljesítményű oldalsáv plusz az egységnyi és állandó vivőhullám energiaeioszlásához képest nagyon jelentős növekmény.

Nézzünk egy példát: Van egy AM adó, ami 1 watt vivőhullám teljesítménnyel és 100%-os modulációval egyhatod wattos (0,16 wattos) oldalsávokat produkál. Vagyis az összteljesítménye kimodulálva 1,33 watt lesz. Elnyomott vivőhullám esetén, ugyanezen adó 100%-osan modulálva 0,66 wattos hasznos információhordozó oldalsávokat produkál, ami tényleg jelentős növekmény az AM-hez képest. Van azonban egy másik fontos tulajdonsága is; Ha 0%-os a moduláció (például a beszédszünetekben), az adó egyáltalán nem sugároz ki jelet – azaz teljesítménye

nulla, ezért nincs rádióhullám sem (míg a példának vett AM adó a beszédzűnetekben is kisugározza az 1 watt, információt nem tartalmazó vivőhullámot).

Ezt az üzemmódot DSB–SC-nek, azaz kétoldalsávós elnyomott vivőhullámú amplitúdómodulációnak nevezzük. Már a példából is látszik – úgy póriasan megfogalmazva –, hogy a moduláló jelet, azaz beszédünk spektrumát eltoltuk a rádiófrekvenciák tartományába. Még hozzá úgy, hogy fázishelyesen a felső oldalsáv egyezik meg a beszédünkkel, az alsó oldalsáv pedig inverze lesz annak.

Ezt az eltolást a rádióvevőben úgy tudjuk visszaalakítani beszédspektrummá, hogy egy helyileg előállított, a vivőhullámot pótló jellel vissza kell kevernünk nagyfrekvenciás modulációs spektrumot a beszédhangok frekvenciájának megfelelő tartományba. Ismét elővesszük Fessenden keverési elvét, s lám a DSB jelet máris lekevertük hangfrekvenciás jellé.

Van azonban egy nagyon nagy probléma: a DSB esetén nagyon pontosnak, fázishelyesnek kell lennie a helyileg pótoló vivőhullámnak. Ugyanis az alsó oldalsáv inverz fázismenete miatt a legkisebb eltérés esetén is fals hangfrekvenciák keveredhetnek ki, ezáltal a DSB vétel torz és érthetetlen lesz. Továbbá a DSB adásra való ráhangolás sem egyszerű emiatt. Erre már Carson szabadalma is rámutat. A DSB-t a telefontechnikába bevezetni kockázatos, sáv szélesség sem spórolható.

Hartley ejti is a kétoldalsávós elnyomott vivőhullámú amplitúdómodulációt. Előadását az SSB jellemzőivel fogja folytatni.

– *** –

08 – RALPH HARTLEY AZ OLDALSÁV TECHNIKÁRÓL IV.

Továbbra is New Yorkban vagyunk, 1922. december 13-án. Helyszín: az Amerikai Rádiómérnökök Intézete. Az aktuális évi záró előadáson Ralph Hartley-é a pódium. Az összegyűlt rádiótechnikai szakemberek első ízben nyilvánosan ismerkedhetnek meg az elnyomott vivőhullámú modulációs üzemmódokkal, azaz a DSB-vel és az SSB-vel. E napon John Renshaw Carson 1915-ben benyújtott, az SSB-re vonatkozó forradalmi szabadalma még mindig függőben van.

Az előadáson részt vevő szakemberek Hartley fejtegetéseit és matematikai levezetéseit, az SSB elméletét ugyan megértik, azonban az új modulációs technika jellegzetességeit és gyakorlati hasznosíthatóságát, valamint annak korlátait illetően még nincs személyes élményük és tapasztalatuk. Magyarán, még soha nem hallottak demodulált DSB vagy SSB adást. Úgy tűnik, hogy a jelenlévő mérnökök pusztán meghallgatják Hartley-t, fantáziájukat mégsem gyújtja be az új eljárás. Ennek fő oka talán az, hogy a közfigyelem egy ideje az országos AM rádió műsorszórás fejlesztésére irányul.

Néhány elvakult telefonmérnök különös varázslatai a rádiómérnökök szemében e napon érdektelenek.

Alátámasztja e feltevést az is, hogy a rádióamatőrök is csak közel 3 évtizeddel később „ugranak” a témára, pedig a DSB fóniaadó egy vagy két plusz csővel (akár a végfokozatban, akár valamelyik közbenső fokozatban) nagyon könnyen megoldható lenne – már a korabeli technikával is. De nem érdekel senkit az új és az AM-nél sokkal hatékonyabb modulációs eljárás – még évtizedekig a távíró és az

amplitúdómodulált vivőhullámos fónia üzemmód uralja a rádióamatőr gyakorlatot.

De térjünk vissza Hartley előadásához. Miután Hartley a professzionális távbeszélőtechnikát képviseli, kizárja a DSB alkalmazását. Két nyomós oka is van rá:

Az első az, hogy az egyik oldalsáv is elegendő az adót moduláló hangfrekvencia vevőoldali visszaállítására, s ezen a módon máris a felére csökkenthető az átvitelhez szükséges sávzélesség. A másik ok pedig a demoduláláshoz szükséges nagyon nagy pontosságú vivőhullám visszaállítási probléma a vevőoldalon.

Hartley Carson, szabadalmára alapozva azt javasolja, hogy az adóoldalon a balanszmodulátor után előállított DSB jelből az egyik oldalsávot szelektív sávszűrővel ki kell szűrni, s az így előállított SSB-jel tovább erősítve, vezetéken továbbítva, vagy rádión kisugározva jut el a vevőoldalra, ahol a lokálisan előállított vivőhullámhoz hozzákeverve visszanyerhető az eredeti hangfrekvenciás moduláció. A vevőoldalon szintén balanszmodulátor alkalmas e feladatra, mégpedig úgy, hogy a vett jelet és a lokálisan előállított vivőhullámot (beatoszcillátor) összekeverve visszkapjuk az adóoldali moduláló hangfrekvenciát.

Telefontechnikai szempontból e módszerrel egy vezetéken több, egymástól független 3 kHz-es átviteli csatornát lehet kialakítani úgy, hogy egymástól 3 kHz-es távolságban lévő vivőhullámokat modulálunk és a vezeték másik végén e jeleket egymástól 3 kHz távolságban lévő lokál jelekkel demoduláljuk. Az átviteli csatornák számát a legnagyobb vivőfrekvencián még elfogadható jelcsillapítás korlátozza.

Rádiótechnikai szempontból is fontos az átviteli sávzélesség megfeleezhetősége. A korszellem a hosszúhullámokat kedveli, emiatt e frekvenciatartomány erősen korlátozott csatornaszámot tesz lehetővé, ráadásul osztozni kell más rádiószolgáltatokkal. Később a rövidhullámok is telítődnek, tehát ott is lényegessé válik a lehető legalacsonyabb sávzélességű jelátvitel. Meg kell még említeni az AM-hez viszonyított igen kedvező energiamérleget.

Hartley kitér a torzításokra is. Az SSB is érzékeny a demoduláló vivőhullám fázisviszonyaira. Amennyiben a lokáloszcillátor eltér a megkívánt frekvenciától, a demodulált jel hangmagassága mélyebb vagy magasabb lesz az eredetinél. Első hallásra olybá tűnik mintha egy lemezjátszót vagy magnót lelassítanánk vagy gyorsítanánk. De ez nem így van, mert az ütem változatlan, csak a beszélő hangmagassága változik.

A most következő klipben jól megfigyelhető e jelenség. A demodulált jel az eredeti hangmagasságról indul, majd csökken a beszédhangok frekvenciája, ezt követően visszatér az eredeti hangmagasságra és onnan növekszik, majd a felvétel az eredeti hangmagasságon fejeződik be.

Az operátor hangmagasságának változását és az érthetőség változását figyeljük meg a most induló SSB felvételen!

[klip]

Hartley a professzionális telefontechnikában 50 Hz eltérést (+/- 25 Hz-et) tart elfogadhatónak. Mint az elhangzott felvételen is jól hallható, jóval nagyobb eltérések sem zavarják lényegesen az érthetőséget. (A nagyobb eltérések tehát amatőr szempontból elfogadhatóak, bár udvariatlanság az ellenállomás frekvenciájától lényegesen eltérni).

A másik fontos torzítási jelenség az úgynevezett kvadratúratorzítás, amely az SSB

üzemmód jellegzetes hangzásában jelentkezik. Viszont nem jelentkezik a DSB-t jellemző plusz torzítás (a két oldalsávból kikeveredő fals jelek a pontatlan lokáljel vagy ráhangolás esetén).

A következő részben még az SSB néhány jellemzőjét fejtegetjük, majd rátérünk az 1923-as évben bekövetkező fontos rádiózástörténelmi eseményre, a transzatlanti SSB telefónia kísérletek megindulására.

– *** –

09 – AZ ELSŐ TRANSZATLATI SSB KÍSÉRLETI ADÁS

Miután Ralph Hartley alaposan kielemezte és közkinccsá tette az egyoldalsávós moduláció elméletét, tekintsük át a jellemzőit.

Megállapítottuk azt, hogy a távíró jelek amplitúdó modulált jelek, amelyek oldalsávokkal rendelkeznek. Mivel ezek az oldalsávok csak akkor keletkeznek, ha a jel változik a van jel, nincs jel állapot között, s mivel ez bizonytalan állapotot hoz létre, a távírójelek esetében nem alkalmazunk oldalsávós technikát. Tehát minden marad a régiiben.

A kétoldalsávós amplitúdómodulált jel tökéletes technikai megoldás a távbeszélő üzemmód és a műsorszórás szempontjából. Vevőoldalon a vett jelet a legkönnyebb demodulálni, azaz beszéddé visszaalakítani. Azonban e moduláció rendkívül gazdaságtalan, kétszer tartalmazza ugyanazt az információt, azaz dupla sáv szélességre van szükség az információ átvitelhez. Energiamérlege rendkívül rossz; az állandó nagyságú vivőhullám mellett 100 %-os moduláció esetén 1/6–1/6 teljesítményű alsó-felső oldalsáv teljesítmény eloszlás jön létre. Az oldalsávok energiáját a moduláló energia biztosítja. Ráadásul a biztonságos, a torzítást minimalizáló 30%-os modulációs tényező esetén az oldalsávok energiája az oldalsávonként 16,6%-ról 5%-5%-ra esik vissza.

Tehát egy 1 kW-os vivőhullámot biztonságosan modulálva 50–50 W lesz az azonos információt hordozó oldalsávok teljesítménye. Mivel az egyik oldalsáv elegendő az információ átviteléhez, 1050 W teljesen felesleges energiapocsékolás.

A vivőhullám elnyomásával jutunk el a DSB jelhez (kétoldalsávós elnyomott vivőhullámú amplitúdó moduláció). Ekkor közel lineáris erősítőkkel felerősítve a DSB jelet a két oldalsáv összteljesítménye 1100 W-ra növelhető (550 W oldalsávonként), ha az előbbi példánál alkalmazott végfokozatnál maradunk. Mivel a beszéd hangerejével arányos lesz kisugárzott nagyfrekvenciás teljesítmény, az adó végfokozatot még az 1500 W-os csúcsteljesítmény sem viseli meg túlságosan.

A DSB-nek két hátránya van. Nagyon pontos vevőoldali segéd- azaz beatoszcillátort igényel a torzításmentes demodulációhoz, továbbá sáv szélessége is duplája a szükségesnek. Rádióamatőr szempontból egy harmadik hátrány, hogy keresés közben nehéz egy DSB adóra ráhangolni.

Amennyiben az egyik oldalsávot kiszűrjük, akkor jutunk el az SSB-hez (egyoldalsávós elnyomott vivőhullámú amplitúdó moduláció). Ekkor még mindig ugyanazzal a végfokozattal a kisugárzott 1500 W-os csúcsok már csak az egyik oldalsávra fordítódnak, azaz csak a hasznos információt tartalmazó jelteljesítmény csúcsa így lett 50 W-ból 1500 W kisugárzott teljesítményű. A vételi oldal ugyanaz, mint a DSB-nél, a vevőnek azonban a fele sáv szélesség is elég, és nem lépnek fel a

DSB-nél tapasztalt járulékos torzítások. A beatszcillátor pontossága itt is követelmény, de nagyobb eltérések megengedhetők.

Az SSB adó kisugárzott teljesítménye arányos a moduláló hangerővel – ez a hátrány dinamika kompresszióval csökkenthető. Ha nincs moduláló jel, nulla az adóteljesítmény. Az SSB jel nem sokszorozható, a különböző adási frekvenciákra keveréssel lehet eljutni. Az SSB-t csak beszéd és AFSK átvitelére célszerű alkalmazni, minőségi zeneátvitelre nem alkalmas a vevőoldali frekvenciastabilitás bizonytalanságai és a kvadratúratorzítás miatt.

Tehát az SSB moduláció a telefontechnika nagy lehetősége.

1923. január 15-én, nem egészen egy hónappal Hartley New Yorki előadását követően Londonban vagyunk. Ezen a napon a Brit Posta zártkörű bemutatót tart előzetesen meghívott telefon- és rádiótechnikai szakembereknek, s nem utolsósorban újságíróknak. A megjelentek szabadon választhatnak a hangszóró és a fülhallgatók közül, tetszés szerint azzal hallgathatják az Amerikából sugárzott SSB adást, amivel éppen akarják – már csak az összehasonlíthatóság kedvéért is.

Az amerikaiak az ATT telefontársaság egyik helyiségéből, a Broadway 195-ből egy közel 2 órás élőbeszéd összeállítását adnak elő, annak érdekében, hogy megnyerjék a brit partnereket az első transzatlanti telefon- idézőjelben „vonal” angliai oldalának felépítéséhez.

Ez időtájt még nincs technológia sem a tenger alatti kábelek és erősítők gyártására, sem azok lefektetésére. Mi több, különösen az Atlanti óceán kábeles áthidalhatósága óriási technikai kihívást jelent.

Marad tehát a rádió. Hartley nem egészen egy hónappal korábbi előadásában nem említette, hogy már kísérleti üzemben van egy nagy teljesítményű, hosszúhullámú SSB rádióadó és vevőállomás, azzal a céllal, hogy megteremtsék ez első transzatlanti telefonkapcsolatot az Egyesült Államok és Anglia között.

Londonban a hallgatóság lenyűgözve figyeli a New Yorkból érkező hangokat. A vétel tökéletesen egyenletes, tiszta és jól érthető. Telefonminőséget produkál mind fülhallgatóval, mind hangszóróval. Ezúttal még visszafelé nem tudnak kommunikálni, de a bemutató pontosan elég ahhoz, hogy a briteket meggyőzze; nekik is meg kell építeni a saját telefonrendszerükhöz csatlakoztatott adó- és vevőállomást.

Az amerikai kutatók és fejlesztők, név szerint John Renshaw Carson feltaláló, Ralph Hartley tudós, H. D. Arnold az elektroncsövek tudósa és fejlesztője, Lloyd Espenschied rendszermérnök és számos munkatársuk részvételével tehát megnyerik ezt a döntő csatát – 57 kHz-en, 150 kW teljesítménnyel, SSB üzemmódban. Az óceánt áthidalt távolság 5.000 km.

A következő részben elmerülünk az első ipari célra épített SSB adó- és vevőállomás technikai részleteiben.

- *** -

10 – JÁRULÉKOS FEJLESZTÉSEK AZ ELSŐ SSB ADÓHOZ

Ahhoz, hogy SSB adót lehessen építeni, az első lépést Lee de Forest találmánya tette lehetővé. Fűtött katódú diódában, a katód és az anód közé elhelyezett egy elektródát, s ezzel sikerült a diódán átfolyó áram nagyságát befolyásolni, azaz vezérelni. Ezzel a megoldással létrehozta az elektronika első erősítésre és gyors kapcsolásra alkalmas aktív elemét, vagyis a többelektródás rádiócsövet. E cső korabeli neve audion volt, később trióda néven került be a köztudatba.

Lee de Forest szerepe ezzel a trióda témában le is zárult. Ugyanis nem értette találmánya működési elvét és szakmai életútja – számos más témájú forradalmi találmánya ellenére – sem volt zavartalan.

H. D. Arnold vette kézbe a trióda további sorsát. Először próbálkozott a higanygőzzel, a gyászos eredmények azonban eltérítették erről az útról. A kísérletek során rájött arra, hogy a vákuum a legjobb megoldás, s azt az eredményt kapta, hogy minél nagyobb a vákuum a csőben, annál jobban vezérelhető a trióda. Munkája során megalkotta az elektroncső működésének elméleti alapjait, rendszerbe foglalta a csőparamétereket, a bemeneti, a kimeneti ellenállást és a vezetőképességet – más néven a meredekséget. Arnold ezzel az elektroncsövek szakértőjévé vált, és a gyakorlatban kamatoztatta ismereteit. 1923-ban ipari alkalmazásra már készen állt a 10 kW-os teljesítményű, vízűtéses adócső.

Az LC szűrők elméletén korábban is többen dolgoztak. Otto Zobel volt az, aki továbbfejlesztette az elektromos hullámszűrők elméletét. Ugyanis olyan SSB oldalsávszűrőre volt szükség, amely egy adott frekvenciatartományban lapos átviteli karakterisztikával rendelkezik, oldalain meredek levágású, a zárótartományban jó tulajdonságokat mutat, nem torzítja az átvendő jelet, továbbá be- és kimenőellenállása a megkívánt sávartományban állandó marad. Zobel kutatásaiban az általunk már jól ismert John Renshaw Carson is szerepet vállalt. Mindkét kutató jeles matematikai tudással rendelkezett, ezt alkalmazták a szűrők elméleti megalkotásában és leírásában.

Az első transzatlanti SSB rádiótelefonrendszer frekvenciájának kiválasztása is alapos megfontolást igényelt. A korabeli ismeretek alapján 17 kHz (hulláhhossza 17600 m) lett volna ideális, mert nagyobb távolságon is egész nap állandó térerősséget mértek. A 100 kHz feletti frekvenciákat e célra alkalmatlannak találták a napszakoktól függő térerőváltozások miatt. Végül – figyelembe véve az LC SSB szűrők adta lehetőségeket, a frekvenciastabilitási követelményeket (a kvarcrezonátor még a jövő zenéje), továbbá az antenna sávzélességkorlátokat – az 5000 méteres hullámhossz (60 kHz) körüli tartományt választották. A választás bölcsnek nevezhető, ugyan a térerősség délelőtt jelentősen visszaesett, de a 24 órás üzem fenntartható maradt.

A hosszúhullámok rákfeneje az állandó (időnként durva) statikus zörej, amit a korabeli szakemberek zajnak neveztek. Megjegyzendő, hogy többek között ezek a zajok keltették fel a rövidebb hullámok iránti figyelmet, mert minél rövidebb a hullámhossz, annál kisebb a statikus zörej. Később a zaj fogalmát is átértékelték, és megkezdődött a rádiófrekvenciás spektrum és a készülékzajok szakszerű elemzése.

A statikus zajok miatt az adó és vevőállomások telepítési követelménye az lett, hogy minél északabbra kerüljenek, mert az egyenlítői övezetből érkező statikus zörejek északi földrajzi pozíciókban csökkent mértékben jelentkeznek. E zajokat csökkentik még az irány sugárzó antennák is, a nagy nyereség folyamatosan biztosítja az elfogadható jel/zaj viszonyt. Az antennákkal szemben még az is követelmény, hogy biztosítsák az átvendő spektrum sávzélességét. 60 kHz-en ez már könnyebben

megoldható, mint az alacsonyabb frekvenciákon. Kevésbé ismert tény az, hogy egy 10 kHz-es rendszerben 100 Hz frekvenciaeltolás (FSK üzemmódban) már komoly gondokat okozhat az antenna keskeny sáv szélessége miatt.

A beszédátviteli spektrumot a 300–3000 Hz-es tartományba tervezték. Ez praktikusán 2700 Hz-es sáv szélességet jelent, ami megfelel egy 3 kHz-es csatornakiosztásnak. E megoldással a hangminőség érthetőség szempontjából jó telefonminőséget biztosít.

Alapvető követelmény az is, hogy az adóállomást és vevőállomást a folyamatos üzemből eredő zavarhatóság elkerülése érdekében, kellő földrajzi távolságban helyezték el egymástól. Továbbá mindkét állomásnak illeszthetőnek kell lennie a közüzemi telefonhálózathoz, amit a telefontechnikában ismert hibridtekerces megoldással biztosítanak.

Elméletileg, és annak folyamányaként gyakorlatilag tehát minden késszen áll arra, hogy felépíthető legyen az első transzatlanti telefonrendszer első rádióadó- és vevőállomása. Lloyd Espenschied és munkatársai készen állnak a feladatra, s az első lépés, az egyoldalú kísérleti üzem 1923. január 15-én New York-London távolságban sikeresen lezajlik. A jel New Yorkból az amerikai adóállomásig, továbbá az angliai rádióvevőtől Londonig közüzemi célú vezetékes telefonhálózaton jut el.

A következő részben megismerkedünk az amerikai adóberendezés fokozataival. Tanulságként már most megemlíjtjük, hogy a rádióamatőrök már az 1920-as évek végén építhettek volna SSB adót, a DSB-ről nem is beszélve. Persze nem akkora teljesítményűt, mint a 150 kW-os berendezés, hiszen néhány watt is elegendő lett volna. A technikai feltételek adottak voltak, mégsem tették. Vajon miért nem?

– *** –

11 – AZ ELSŐ SSB ADÓ FELÉPÍTÉSE

Vajon milyen tudás és technika ismeretek szükségesek ahhoz, hogy az 1920-as évek első harmadában egy működő, nagy teljesítményű SSB rádióadó megépíthető legyen? A választ az előző részekben majdnem teljesen megadtuk, egy fontos dolog azonban nem került reflektorfénybe. Ez pedig a szuperheterodin elv, azaz a fessendeni jelkeverési elmélet gyakorlati rádiótechnikai megvalósítása.

A szuperheterodin elvet Edwin H. Armstrong 1918-ban dolgozta ki. A találmány lényege, hogy egy rádióvevő bemeneti fokozatában vett frekvenciát egy helyi oszcillátor segítségével további feldolgozás (sávszűrés és erősítés) céljából kisebb, fix frekvenciára keveri, majd a feldolgozást követően ezt a fix, ismert nevén középfrekvenciát demodulálja. A találmány elve: $f_{\text{vételi}} + \text{vagy} - f_{\text{lokál}} = f_{\text{középfrekvencia}}$ (felső és alsó keverésről van szó).

Nicsak, ugyanezt az elvet már alkalmazta John Renshaw Carson az 1915-ös SSB szabadalmában. Ha túllépett volna a hang és nagyfrekvencia kevergetésén és továbbgondolta volna a dolgot két nagyfrekvencia összekeverése tekintetében, ő jegyezhetné volna a szuperheterodin elvet is.

A megvalósítandó SSB adó frekvenciája 60 kHz környékére adódott. A transzatlanti térség áthidalására 150 kW teljesítmény látszott elegendőnek. Ez idő tájt már komoly harc folyt a rádiófrekvenciákért a különböző szolgálatok között, megalakulóban volt a Szövetségi Kommunikációs Bizottság, az FCC elődje.

Az SSB szűrő készítésére rendelkezésre álló lehetőség még csak egy LC szűrő kivitelezését tette lehetővé. Ez a szűrő megtervezésre és kivitelezésre került a 32,7 kHz-től a 30 kHz-ig tartó átviteli tartománnyal. Ebből eredően a vivőfrekvenciát 33 kHz-re tervezték. a balanszmodulátor kimenetén a vivőt – amennyire lehet – elnyomták. A DSB jel pedig a 32,7-től 30-ig (LSB) valamint a 33,3-től 36 kHz-ig (USB) terjedő beszédspéktrumot tartalmazta. A DSB jel az oldalsáv szűrőre került, így alsó oldalsáv, azaz LSB jel került előállításra. A beszédspéktrumból a teljesítmény pazarló, de az érthetőséget nem javító mély hangokat 300 Hz-ig kiszűrték, továbbá a szűrő átviteli sávján kívül esett a vivőhullám, tovább javítva a vivőhullám elnyomását.

A következő lépésben az LSB jelet balanszmodulátorral összekeverték egy 88,5 kHz-es fix értékű jellel. A keverés eredményeként megjelent egy 55,8 kHz-től 58,5 kHz-ig tartó felső oldalsáv spektrumú jel (ez lett az adó adási frekvenciaspektruma), és egy 121,2-től 118,5 kHz-ig tartó alsó oldalsáv jel, amely a további erősítések során kiszűrődött. Kiszűrték még a 88,5 kHz-es fix, de elnyomott jel szivárgó maradványait is.

Mindezen folyamatokat kis szintű áramkörökkel valósították meg, a modulációt a telefonvonal, de akár helyi mikrofon is biztosíthatta.

A következő fokozatokban az 55,8–58,5 kHz-es spektrumot 150 kW teljesítményűre erősítették – három lépcsőben. Először 750 wattra, majd a végfokot meghajtó 15 kilowatt 2 darab vízűtésű 10 kW-os adócsővel, végül a végfokozatban 2x10-es csoportba rendezett, vízűtésű 10 kW teljesítményű adócsővel 150 kilowatt.

A végerősítő blokkból csatolták ki a teljesítményt az antennára, amely 6 darab fázisban hangolt, 100 méternél magasabb rácsszerkezetű acéltoronyból állt és sugárzási főiránya a brit szigetek felé mutatott. A korabeli tervezők 16–18 dB antennanyereséget kalkuláltak. Az adóberendezést a Rhode Island-i Rocky Pointban telepítették, kellően északra az egyenlítőtől a jobb jel/zaj viszony elérése érdekében.

Az adót kiszolgáló tápegység 200 kW teljesítménnyel külön blokkként épült meg. A tápfeszültségeket nagy teljesítményű vákuumdiódás egyenirányítók biztosították. A 750 wattos fokozat 1500 V, a 15 kilowattos meghajtó- és a 150 kilowattos végfokozat 10000 voltos anódfeszültséggel üzemelt. A váltakozóáramú betáplálás háromfázisú 60 Hz-es erősáramú hálózatról történt, az egyenirányítók háromfázisú transzformátoroktól kapták a táplálást.

Eltekintve a nagy teljesítményű fokozatoktól, világosan látszik, hogy a korabeli technika (trióda, ellenállás, kondenzátor, tekercs) lehetővé tette volna a rádióamatőrök számára is kis teljesítményű DSB, a haladóbb konstruktőröknek az SSB adó megépítését. A legkritikusabb elem az LC kialakítású SSB szűrő megtervezése és megépítése sem lett volna olyan ördögösség.

Valószínűleg az oldalsáv technológia a rádiómérnökök szűk körén kívül egyáltalán nem kapott publicitást. Bizonyára erősíti e felvetést az, hogy Archie Frederic Collins 1922-es kiadású Rádióamatőrök Kézikönyve leginkább a primitív egyenesvevőkről és az antennába kapcsolt mikrofonos amplitúdómodulált adókról szól. Megemlítesre kerül még a begerjesztett visszacsatolt audion és a ma szinkrodin vevőnek nevezett megoldás is. A korabeli rádióamatőr társadalom pedig a rádiózás bibliájának tekintette e könyvet.

A következő részben az első transzatlanti rádiótelefon rendszer vevőmegoldásait vizsgáljuk.

– *** –

12 – AZ SSB VÉTELÉRE ALKALMAS ELSŐ VEVŐKÉSZÜLÉK

Valamikor az 1920-as évek legelején, amikor elindult a közcélú transzatlanti SSB rádiótelefon projekt, a kutatók és a mérnökök az SSB üzemmód további előnyének tartották azt is, ahogy az adás egyszerű amplitúdómodulált rádióvevővel nem demodulálható. Ez tehát bizonyos titkosítást eredményez a közcélú telefonforgalom szempontjából. 1923 elején, amikor Espenschied elemzi a rádióvételezés és a demoduláció lehetőségeit, kénytelen nyíltan bevallani, hogy az SSB jelet akár egyszerű detektoros vevővel és segédoszillátorral, továbbá egy szimpla begerjesztett audionnal is vidáman lehet venni.

Noha ekkor már nem ez a lényeg; a professzionális vevőállomásnak rendkívül stabilnak és szelektívnek kell lennie a torzítás és a szomszédos csatornák által okozott interferencia elkerülhetősége érdekében. A torzítás alatt, ha visszaemlékezünk, az elhangolódásból eredő beszédfrekvencia eltolódást kell értenünk, amelynek megengedhető értékét 50 Hz-nek tartották.

Visszatérve még az adóberendezésre, Espenschied utal arra is, hogy kísérleteket folytattak a fázistolós SSB jelelőállítás megoldással, amely totális kudarccal járt – legalábbis a professzionális rendszer megvalósíthatósága szempontjából. Ne felejtjük, hogy a piezoelektromos rezonátorok (kvarcok) kutatása és fejlesztése csak egy évtizeddel később kerül reflektorfénybe.

Ilyen technikai körülmények között a szelektív, nagy oldalmeredekségű LC elemekből kivitelezett sávszűrők kínálnak megoldást mind az adó, mind pedig a vevő szempontjából. 30 kHz környékén ez a megoldás járható út, a magasabb frekvenciákon már nem kivitelezhető jó paraméterekkel rendelkező LC kivitelű SSB szűrő.

E résznél engedjünk meg magunknak egy néhány évtizedes előreugrást az időben. Amikor az 1950-es években a DSB és az SSB moduláció a rádióamatőrök számára is képbe kerül, az első SSB kapcsolások fázistolós megoldásokat ajánlanak. Még ekkor sincs kidolgozva a kvarcszűrős megoldás, noha már a rezgőkvarcok ipari gyártásban vannak. A rádióamatőr SSB kezdeteinek történéseire még visszatérünk.

1923. január 15-én a kísérleti transzatlanti SSB rádiótelefon adás moduláló jelei New Yorkból telefonon jutnak el az amerikai fix telepítésű SSB adóállomásra, az angliai ideiglenes telepítésű rádióvevő állomáson keresztül pedig demodulálva, telefonon Londonba. Az amerikaiak rádióvevőként három, nem is nagy méretű árnyékolt dobozt telepítenek – a fő fokozatok vannak e dobozokban. A vevőrendszer elején hozzákötik az antennát, a végén a közcélú telefonvonalat. A beállítások segítségével a vevő lokális hangfrekvenciás kimenete támogatja. Ugyanis az SSB jel torzítatlan és jó minőségű vétele érdekében néha igazítani kell a vevőn, még akkor is, ha a vételi frekvencia közepe csak 57 kHz.

Maga a vevő egy gondosan megtervezett, egyszeres keverésű, nagy erősítésű szupervevő, beat oszcillátorral felszerelve. Felépítése igen egyszerű, az antennáról érkező jelet közvetlenül a keverőre vezetik, a középfrekvenciás átviteli tartomány 31,5-34,2 kHz közé esik. A középfrekvenciás erősítőt követi a második keverő, azaz a produktdetektor. A helyi oszcillátor 34,5 kHz-es. A vevő mindkét oszcillátora LC elemekből épül fel, ezért a frekvenciaelmászások korrigálása érdekében finomhangolást kell alkalmazni. Tehát a vevő állandó felügyeletet igényel. A hangfrekvenciás erősítőt követően került beépítésre közcélú telefonhálózathoz szükséges illesztő.

A vevőkészülékhez egy speciálisan kialakított keretantenna csatlakoztatható,

amelybe egy helyi oszcillátor és jelcsillapító segítségével mérőjelet is csatolhatnak. Ennek célja az, hogy a vett jel és a mérőjel segítségével térerősség-mérést lehessen megvalósítani, hiszen ekkoriban a 60 kHz és környéke nagy távolságú terjedési sajátosságairól szinte semmit sem tudni. 1923 januárjában Espenschied és munkatársai úgy vélik, hogy a 60 kHz feletti frekvenciák a hullámterjedés szeszélyei miatt a transzatlanti térség folyamatos üzemidejű áthidalására nem alkalmasak.

Az új 57 kHz-es SSB rendszerrel az üzemszerű működésbe helyezéskor végeznek számtalan térerőmérést óra, napszak, nap, hónap, év kiértékeléssel. A hullámterjedést az is bonyolítja, hogy jelentős időeltérés van a két kontinens között, majdnem egy napszaknyi (5 időzóna óra). Bizonyos szabályosságok megállapíthatóak, azonban a hullámterjedés rengeteg anomáliát is mutat. Végül kiderül az, hogy a jelszint mindig a zajszint felett marad, így lényegében nincs akadály a folyamatos üzemmenetnek.

Mivel ez a hullámterjedési sajátosság a 30–60 kHz sávban fennáll, a távközlésben érdekeltek megpróbálják ezt a tartományt kizárólagos telefoncélú felhasználásúnak minősíteni. Igaz, e szűk 30 kHz-es spektrum csak néhány telefoncsatorna megvalósíthatóságát tenné lehetővé. Később gyorsan elfelejtik a hosszúhullámot.

A következő részben megismerkedünk a pontosan 3 évvel később véglegesen üzembe helyezett közcélú SSB rádiótelefon rendszerrel és az SSB modulált rádiótelefon rendszerek további fejlődésével.

– *** –

13 – ÜZEMEN AZ ELSŐ TRANSZATLANT RÁDIÓTELEFON

Az 57 kHz-es SSB rádiótelefon rendszer 1923. januári londoni bemutatóját követően pontosan 4 évnek kell eltelnie ahhoz, hogy megépüljön az angliai oldal és a kísérleti üzem után véglegesen üzembe helyezték az első transzatlanti rádiótelefon rendszert. A kísérleti szakaszban az angliai oldal 52 kHz-en adott, az amerikai 57 kHz-en. Ezzel a frekvenciakülönbséggel és a helyi vevőállomások kellő földrajzi távolságú leválasztásával úgy gondolták, hogy az adó folyamatos üzeme nem fogja zavarni a vevő folyamatos üzemét, azaz a teljes duplex üzemmenetnek nem látszott akadálya. A mérnökök e szempontból valóban majdnem jól kalkuláltak.

Azonban akadt egy kis gond a próbaüzem során. A vezetékes telefonrendszer úgy van megoldva, hogy bár közel van a mikrofon és a hallgatóbetét egymáshoz a kézibeszélőben, a rendszer nem gerjed össze a hibridtekerceses megoldásnak köszönhetően. A vezetékes telefonhálózat bekapcsolásakor a rádiórendszerbe mégis azzal a következménnyel járt, hogy a nagy erősítések miatt nem volt elegendő a telefonkészülékek saját csillapítása a mikrofon és a hallgatóbetét között – a rendszer amerikai módon elkezdett énekelni, azaz összegejdedt. Ennek oka az volt, hogy az áthallás által is vezérelt moduláló jel megjárta az USA – Anglia távolságot majd az angliai adón keresztül bár gyengén, de visszatért az USA-ba és vice-versa. Ezután esetenként még néhány további kört is megtett a két kontinens között.

Hasonló gondot okoztak a hullámterjedési anomáliák; a földet egyszer vagy többször megkerülő rádióhullám visszhangot és gerjedést eredményezett. Ezen nem segítettek az irány sugárzó antennák, sőt növelték a problémát az időkésséssel azonos irányból érkező gyenge jelek jó vétele miatt.

A probléma megoldása egy olyan rendszer megtervezésével és beépítésével vált

lehetségessé, amelyet Voice Operated Device-nak (VOD-nak) neveztek el. Az eszköz lényege az volt, hogy ha az adón jel kibocsátás volt folyamatban, az adó lezárta a vevőkészüléket, viszont ha a vevőn jelvétele történt, a vevő lezárta az adókészüléket. A rendszer beállítása alaposan megizzasztotta a mérnököket, míg végül sikerült olyan eredményt elérni, amely fenntartotta a duplex üzem zavartalan érzetét – azaz észrevehetetlennek nyilvánították a telefonbeszélgetések gyakorlatában a VOD beiktatásának hatását.

A VOD megoldás részben a rádióamatőr SSB és FM gyakorlatba is bekerült, neve VOX. Mindannyian jól ismerjük – ha rábeszélünk a mikrofonra, a készülék adásra kapcsol. Annak érdekében, hogy vételkor a készülék hangszórójából érkező hang ne kapcsolja adásra az adóvevőt, a VOX érzékenység, késleltetés és az antivox helyes beállítása segít.

A rendszer éles üzemben, tehát 1927 januárjától az USA oldalon már áttért a 60 kHz-es, az angliai az 54 kHz-es frekvenciára. A II. világháború kitöréséig folyamatosan szolgálatban állt a két kontinens közötti telefonkapcsolat első technikai megoldásaként. A háború miatt leállították, az 1956 szeptemberében üzembe helyezett első transzkontinentális tenger alatti telefonkábel egy csapásra gazdaságtalanná és értelmetlenné tette az Atlanti óceánt áthidaló rádiótelefon rendszerek további üzemeltetését.

Manapság a 60 kHz-es frekvencián az Egyesült Államok egyik idő- és frekvenciastandard szolgáltatása üzemel, amely a DFC77-hez hasonló. Azonosító neve WWVB, QTH Forth Collins, Colorado állam. Teljesítmény 70 kW ERP.

Az 1920-as évek közepén az Egyesült Államokban 18 millió telefon-előfizetőt, Nagy-Britanniában egymillió ötszáz ezret számláltak. Ráadásul Angliából vezetékkel el lehetett érni a kontinentális Európa telefonhálózatát, amely a kiépülőben lévő gerinchálózatokkal dinamikus bővülés elé nézett. A hosszúhullámú SSB rendszer igen limitált forgalmat bonyolíthatott, ezért a fejlesztők elkezdtek kacsingatni a rövidebb hullámhosszak felé. Ez idő tájt még csak az amatőröknek voltak tapasztalataik a 200 méter (1,5 MHz) alatti hullámhosszakon folytatott rádiókapcsolatok sajátosságairól. Az 1920-as évek első felétől kezdtek felismerni a professzionális távközlési szakemberek azt, hogy a rövidebb hullámhosszakon is lehet élet – főleg a nagy távolságú rádiókapcsolatok tekintetében. A technikai fejlődés is ez irányban orientálódott, s ekkortájt készültek el az első piezoelektromos rezonátorok is.

A 60 kHz-es SSB rádiótelefon rendszer építésével egy időben megkezdődtek a rövidhullámú rádiótelefon rendszerekkel kapcsolatos fejlesztések, majd a kísérletek. E történettel folytatjuk a sorozat következő részét.

– *** –

14 – ANTENNÁK A TRANSZATLANTI SSB RENDSZERHEZ

Mielőtt rátérnék a korabeli közcélú telefonhálózatokat összekötő első transzatlanti rövidhullámú rádiórendszer történetére, vissza kell még tekintenünk a hosszúhullámú vevőállomás antennamegoldására. Az 1920-as évek elején járunk.

Az adóantennáról már esett szó. A hullámhossz 5000 méter, iránysugárzót kell alkalmazni. A feladat nem egyszerű, de megoldható. 6 darab tető-terhelt, fázisban elhelyezett, 100 méternél valamivel magasabb, acélból készült rácsszerkezetű oszlop kerül felállításra. A tetőterhelés alkalmas arra is, hogy a tápláló vezetékeket

hordozza, a rájuk szerelt szigetelők tartják a tápsodronyokat. A korabeli mérések szerint az antenna impedanciája 2 ohm körül van, nyeresége 16–18 deciBellre adódik. Ez az antenna és a 150 kW-os teljesítmény elég arra, hogy áthidalva az Atlanti óceánt Angliában egy egyszerű keretantennával a megfelelő terjedési periódusban jó minőségű vételt lehet elérni. Persze a keretantenna csak szükségmegoldás, üzemszerű vételre sokkal hatékonyabb antennát kell alkalmazni.

Kevésbé közismert, hogy a jó adóantenna nem azonos a jó vevőantennával. Az adóantennával szemben az a követelmény, hogy minél hatékonyabban sugározza le a bevezetett teljesítményt, míg a vevőantenna feladata az, hogy minél nagyobb jelfeszültséget biztosítson a rádióvevő bemenetén. Kevésbé közismert tehát az, hogy a vevőantenna a síkban kifeszítve tudja ezt biztosítani, míg az adóantenna különféle geometriai elrendezésben kerülhet megvalósításra azonosan jó hatásfokkal.

Mindkét antennának rezonánsnak kell lennie. Ilyen az adóantennák közül groundplane, a monopol, a dipol, a deltaloop, a quad, a vevőantennák közül pedig a hosszú, síkban egyenesen kifeszített, rezonáns méretű huzal.

A haladóhullámú adóantennák koncentrálnak a sugárzás energiáját egy fő irányba, a vételi oldalon pedig a hosszú egyenes rezonáns huzal a hosszával növekvő módon egyre keskenyedő irányszögből érkező hullámok nagy jelerősséget biztosító vételére alkalmas.

1920-ban Harold Beverage benyújt egy speciális vevőantenna szabadalmat, amit meglepően gyorsan, 1921-ben be is jegyeznek. Csak emlékeztetőül: John Renshaw Carson 1915-ben benyújtott SSB szabadalma csak két évvel később, 1923-ban kerül bejegyzésre.

Beverage megoldása a maga nemében különleges; fél lambda és többszörösei hosszából készített, a földtől alacsony magasságban futó egyenes huzalt mindkét végén indukciómentes ellenállással a föld felé lezár, az egyik végén a lezáróellenállás előtt impedanciaillesztő trafóval csatlakoztatja a rádióvevőt. A vételi fő irány az illesztéstől az antenna vége felé mutat. Minél több a félhullámú szakaszoknak megfelelő antennahossz, annál nagyobb a jelerősség és annál jobban keskenyedik az irányszög. A lezárás azért kell, hogy az antennán ne alakuljanak ki visszaverődések, amelyek akár nulláig rontanak a jelerősséget az illesztés helyén. Az antenna kifeszítési irányának teljesen egyenesnek kell lennie, ha megtörik az irányt, romlik az antenna teljesítménye.

Amennyiben megnézzük a Beverage megoldást, azt látjuk, hogy tulajdonképpen egy párhuzamos vezetőből álló rezonáns hosszúságú lezárt tápvonalat látunk, amelynek az egyik vezetője tulajdonképpen a földben tükröződik le.

A Beverage antenna egyik fontos jó tulajdonsága a sok közül a zavarérzékletlenség, ami manapság egyre vonzóbbá teszi az éter mesterséges szennyezettsége miatt is.

Egy telefonos-rádiós projekt esetében az 1920-as években szinte kapóra jön a Beverage-féle vevőantenna. Hely van, 3 méter magas telefonoszlop rengeteg van, s máris kész az első transzatlanti rádiótelefon rendszer vevőantennája. A telefonoszlopok tetejére szigetelőt szerelnek, kinézik az Anglia felé mutató irányt, öt kilométer hosszban telepítik az antennát.

Nem is csalódnak benne.

Miközben véglegesen beüzemelik az első transzatlanti hosszúhullámú telefonrendszert, Carson, Hartley, Espenshied, Arnold és többiek már más kutatási

irányban orientálódnak. A rövidhullámú rendszerek megvalósítása immáron csak mérnöki feladat, az elméleti problémák megoldása Carson 1915-ös SSB szabadalmának benyújtását követő 8 éven belül lényegében megtörténik. A rövidhullámú rendszerekben már csak adaptálni kell a kutatási eredményeket és a megszerzett tapasztalatokat.

– *** –

15 – RÖVIDHULLÁMÚ TRANSZATLANTI TELEFONRENDSZER I.

1927. január 7-én kezdi meg a közcélú telefonhálózathoz csatlakoztatott, 60 kHz-es, SSB modulációs transzatlanti rádiótelefon rendszer az üzemszerű működését. Ezzel, ahogy a telefonosok mondják, egy áramkörön megvalósul az USA és Európa közötti első közcélú telefonkapcsolat.

Igaz, hogy egy 3 perces beszélgetés ára csillagászati összegbe, azaz 75 dollárba kerül – ez mai értékre átszámítva 800 dollár körül lehet. Ellenben az érdeklődés óriási, de a hosszúhullámú sáv tartomány szűkössége miatt nincs lehetőség újabb áramkör vagy áramkörök kiépítésére.

Az 1920-as évek elejétől kezdve egyre nő az érdeklődés a magasabb frekvenciák, azaz a rövidebb hullámhosszok iránt. Híre jár annak – nyilván a rádióamatőr kísérletek is hozzájárulnak –, hogy a rövidhullámokon elképesztően kis teljesítménnyel elképesztően nagy távolságok hidalhatók át. Amennyiben a rövidhullámú tartományt 3–30 MHz-nek vesszük, rengeteg rádiócsatorna létesítésére nyílik lehetőség, tehát nosza, hajrá!

A telefonosok 1927-ben egy 15 kW-os vivőhullám teljesítményű adóval, amely modulálva 60 kW csúcsteljesítményre képes, az év folyamán állandó üzemi kísérletet hajtanak végre a transzatlanti térségben. Az adó amplitúdómodulált, amit azzal indokolnak, hogy a rövidhullámon van elég hely. Ekkoriban viszont már nagyon jól tudják, hogy az SSB moduláció sokkal gazdaságosabb és hatékonyabb, mint az AM. Úgy tűnik, igyekeznek elpalástolni azt, hogy technikailag még nincsenek meg az adottságok egy stabil rövidhullámú SSB adó- és vevőkészülék megépítéséhez (nincs megfelelő SSB szűrő).

Az egyetlen valódi újdonság az adó vezérosszcillátoraként alkalmazott, kályhába zárt (azaz melegtermosztátos) piezokristály oszcillátor, amelynek jelét még sokszorozni kell ahhoz, hogy a megfelelő adási frekvenciákat biztosítani lehessen. Ezzel a megoldással tehát megkezdődik a rezgőkvarcok korszaka, amely fényes jövőt ígér, de csak a következő évtizedben kerül a kutatás-fejlesztés fókuszpontjába a piezoelektromos technika és technológia.

Egyelőre – jobb híján – tehát megteszi az amplitúdómoduláció, s a kísérletek érdekes gyakorlati tapasztalatokat eredményeznek. A rövidhullámú terjedés egészen más sajátosságokat mutat, mint a hosszúhullámú. Ez utóbbi ugyan meglehetősen csillapítást jelent a nagy távolságok áthidalása során, a jelerősség is változik napszakoktól, évszakoktól függően, de a folyamatos, 24 órás üzem biztosítható megfelelő teljesítménnyel, megfelelő nyereségű adó- és vevőantennával.

Rövidhullámon azonban teljesen más a helyzet. A sávrészek feloszthatóak nappali, átmeneti és éjjeli sávokra. Ha van terjedés, kis teljesítményű és szerény antennákkal rendelkező távoli rádióállomásokat is óriási térerővel lehet venni, továbbá lényegesen kevesebb a statikus zaj, mint a hosszúhullámon. A rövidhullámnak van még egy

óriási előnye; a hullámhossz 100–10 m között van, így nem szükséges hatalmas tornyokat és több kilométer hosszú antennákat építeni, azaz lényegesen egyszerűbb a nagy nyereségű irány sugárzó antennákat kialakítani. Az adónak sem kell 200 kW-ot tudnia, továbbá sok telefoncsatorna létesíthető – ezért a beruházási költségek jelentősen csökkenthetők. A rövidhullámú megoldás tehát nagyon vonzóknak tűnik.

Gondok azért akadnak; a kísérletek során bebizonyosodik, hogy vannak ugyan szabályosságai a rövidhullámú terjedésnek, azonban egy adott pillanat hullámterjedése, már ha van egyáltalán, teljesen kiszámíthatatlan. Mindamellett kellemetlen terjedési anomáliákkal kell számolni. Itt van mindjárt a jelek erőssége, ami ellentétben a hosszúhullámmal, pillanatról pillanatra dinamikusan változik, amit fading-nek nevezünk. Emiatt a vevőoldalon hatékony AGC-t, azaz automatikus erősítésszabályozást kell alkalmazni, amely a vivőhullám változását figyeli.

Tréfás helyzet akkor áll elő, ha a vevőoldalon a vivőhullám eltűnik. Ennek két oka lehet; teljesen megszűnt a terjedés egy rövid időre, a másik ok még tréfásabb – a szelektív fading következtében kioltódik a vivőhullám, de a két oldalsáv jó térerővel jelen van. Ennek eredménye az érthetlenné torzult beszéd, amely a közcélú telefonhálózatban nem megengedhető. A szelektív fading oka az, hogy a rövidhullám az ionoszféráról össze-vissza verődve éri el az antennát, s ha két vivőfrekvenciás jel éppen ellenkező fázisban van, a vivőhullám jelentősen lecsökken, vagy teljesen kioltódik. Az eredmény a torzítás.

Gondot jelent az is, hogy a rövidhullám polaritása a vertikális és horizontális állapot között folyamatosan változik az állandóan változó ionoszféráról való visszaverődés során. Például hiába vertikális a kisugárzott hullám polarizációja, a vétel helyén már bármilyen lehet. A legrosszabb állapot a vevőantenna polarizációjával éppen ellenkező polarizációjú hullám beérkezése. Ezt a hatást a vevőoldalon kell valamilyen módon csökkenteni, mert ez is egyik oka a jelerősség változásának. E polarizációváltozás a hosszúhullámon nem tapasztalható, emiatt az ott alkalmazottól eltérő vevőantenna kialakítása is megfontolást kíván.

A következő részben folytatjuk a rövidhullámú transzatlanti rádiótelefon rendszer történetét.

– *** –

16 – RÖVIDHULLÁMÚ TRANSZATLANTI TELEFONRENDSZER II.

Az 1927. évi transzatlanti rövidhullámú telefonlink kísérletekhez felépített adókészülék, noha csak AM üzemmódú, azért a piezokristályos vezérosszillátorokon túlmenően is tartalmazott újdonságot. Ez pedig az alacsony szinten megvalósított amplitúdómodulációs megoldás; a közcélú telefonhálózat 600 ohmos bemenetét közbenső modulátor fokozatban illesztették az adóban.

Amennyiben visszaemlékezünk az amatőrök között elterjedt amplitúdómodulációs megoldásokra, általában a végfokozati vivőt moduláltak, leginkább az anódban vagy a segédrácsban. E megoldás az egyszerű adókészülékeknél praktikusnak bizonyult, noha jelentős hangfrekvenciás teljesítményre volt szükség a megfelelő modulációs szint eléréséhez. Ezt a külön blokkban megépített hangfrekvenciás teljesítményerősítővel, más néven a modulátorfokozattal valósították meg. Sőt még a DSB korszakban is megmaradt ez a gyakorlat, ahol megfelelő kapcsolatban két végcsövet alkalmaztak a vivőhullám kioltása céljából. A modulálást általában itt is a végfokozatban oldották meg.

A végfokmodulációs kapcsolástechnikai megoldás az az amatőröknél akkor halt ki, amikor elkezdtek elterjedni az SSB adók. Az alacsony szintű modulációval és az SSB üzemmóddal járó bonyolultabb áramkörüi megoldások megvalósítását a félvezetők elterjedése is segítette.

Visszatérve a rövidhullámú transzatlanti kísérletekre, már nem újdonságként, de szükségéből itt is alkalmazni kellett az adóval és a vevővel összekapcsolt VOD rendszert, azaz az általunk jól ismert VOX full-duplex üzemmódra kifejlesztett változatát. Erről a hosszúhullámú rendszer kapcsán bővebben értekeztünk.

Az adóantenna rendszer szintén újdonság volt. Az Ernest Sterba által kifejlesztett függönyantennákból kialakított rendszer huzalból készült, kialakításával nagy nyereségű irány sugárzót sikerült létrehozni. A Sterba függöny antenna hurokantenna, 600 ohm talpponti impedanciával rendelkezik. Az antenna mögött reflektorok segítik a fő irányú nyereség növelését. E rendszer úgy került kialakításra, hogy megsokszorozza a fő irányú adóteljesítményt, azaz az ERP-t.

Másik fontos tulajdonsága e megoldásnak, hogy hurokantennákból áll. Így a kemény teleken kialakuló eljegesedést fojtótekerceken át becsatolt elektromos energiájú fűtéssel meg lehet előzni, azaz a gyakori téli jégviharok nem veszélyeztették az üzembiztonságot.

A hosszúhullámon oly sikeres vevőoldali Beverage antenna rövidhullámon nem alkalmazható, ugyanis csak a vertikális polarizációjú hullámok vételére alkalmas. A rövidhullám polarizációjának állandó változása miatt más megoldást kellett kitalálni. A vevőantenna vertikális és horizontális elemekből készült, középponti kicsatolással. Faszerkezetre szerelték, rézcsövekből építették meg. Kialakítása szerint több lambda/4-es horizontális és vertikális szakaszokból állt, amelyeket lambda/8-as hosszúságú alsó horizontális elemek kötöttek össze. Az alsó horizontális elemek 3 méter távolságra voltak a föld felett, a jelet az antenna geometriai közepéből és a földből nyerték. Minél több vertikális és horizontális elemet alkalmaztak, az antennanyereség annál nagyobb lett, de a kivitelezési költségek is dinamikusan nőttek. Az antenna nyereségét 16 dB-re tervezték, ami bőven elegendő jó terjedés esetén. Üzemi hullámsávonként külön antennákat kellett építeni.

Később ezeket az antennákat kiváltották a nagy nyereségű rombuszantennákkal, amelyekről több vevő is üzemeltetett eltérő frekvenciákon.

Az adó és a vevőállomások New Jersey államban, egymástól földrajzilag elkülönítve kerültek megépítésre. A fő rendszert Anglia irányába, egy rendszert pedig Buenos Aires irányába állítottak be.

A rövidhullámok terjedési sajátosságai miatt több üzemi frekvenciát kellett alkalmazni. Két adóállomást építettek Anglia irányába, az egyik a 44,4, a 30,4, a 20,5, és a 15,1 méteres hullámhosszon, a másik a 32,7, a 22,4 és a 16,3 méteres hullámhosszon üzemelt. A hullámhosszak célszerű megválasztása alapján a rendszer a két adóval mind a nappali, mind az átmeneti, mind az éjjeli terjedési időszakot igyekezett lefedni. A két adó és a megfelelő hullámhossz megválasztásával 24/7-es folyamatos üzemidőt valószínűsítettek. Ekkor azonban még keveset tudtak a napfoltciklusok és a rövidhullámú terjedési viszonyok közötti összefüggésekről, továbbá a napkitörések által okozott rádióviharokról.

A későbbi, a rövidhullámon szerzett tapasztalatok alapján egyre fokozottabb figyelem fordult a kontinensek közötti vezetékes telefon összeköttetés megvalósíthatóságának irányába. Gőzerővel folytatódott a kontinenseket áthidalni képes tengeralatti kábelek és az ahhoz tartozó átjátszóerősítők fejlesztése.

Végül az első transzatlanti telefonkábel lefektetésére még majdnem 3 évtizedet várni kellett. 1956 szeptembere óta köti össze kábel az európai és az amerikai kontinentst. Az első rendszerben két coaxot húztak át az óceánon, egy RX és egy TX kábelt. Ettől kezdve a rövidhullámú rendszerek egyre inkább elvesztették jelentőségüket a közcélú telefon és adatátviteli technikában.

– *** –

17 – A RÁDIÓTELEFON TÉRHÓDÍTÁSA

Az első New York–London hosszú- és rövidhullámú rádiótelefon rendszerek üzembe lépése után szinte azonnal más nagy távolságú, közcélú rádiótelefon linkek is üzembe léptek.

1928-ban épült meg a Németország–Buenos Aires, a következő év elején a Hollandia–Bandong rádiólink. Ezt követően egyre szaporodtak a kontinentális és az óceánokat áthidaló rádióáramkörök, az 1940-re kiépült rendszer gyakorlatilag behálózta a világot.

Technikai továbblépés e területen szintén az USA-ban következett be. A harmincas években a Cape Code félsziget csúcsán elhelyezkedő Provincetown település és Boston közötti meglévő vezetékes telefonvonal megsegítésére létesült egy, a Cape Code öblöt kb. 40 km hosszban áthidaló két áramkörös, 63 és 65 MHz-en működő ultrarövidhullámú rádiólink.

A probléma ugyanis következő volt; Bostonból a félsziget csúcsán elhelyezkedő Provincetownt nagyon hosszú, szinte spirális alakú földrajzi úton lehetett szárazföldön megközelíteni. Ez a terület beleesik a hurrikánövezetbe, télen pedig a meglehetősen szélsőséges időjárás gyakran tette tönkre a telefonvezetékeket. 1938-ban az URH rendszer bizonyított, egy hurrikán következtében jó ideig csak a két URH áramkör biztosította az összeköttetést a félsziget csúcsa és Boston között.

A nagy óceánjáró hajók esetében szinte azonnal felmerült az igény, hogy az utasok részére kezelő nélküli közcélú telefon lehetőséget biztosítsanak. Hasonló igény merült fel más tengeri járműveknél, például az Új Angliai halászflokkok, a teherhajók, a partiőrség, a rendőrség, sőt jachtok részéről, több ezres nagyságrendben.

A tengeri járműveken kiépített rádiólinkek nem voltak alkalmasak a hagyományos impulzustárcsázásra és a járművön lévő telefon ilyen módon történő azonosítására. A fejlesztések egyik iránya e probléma megoldására irányult, amelynek érdekében kitaláltak egy két hangból álló jelet, s annak kombinálásával és feldolgozásával mind tárcsázni, mind az adott telefont azonosítani lehetett. E rendszer továbbfejlesztéséből alakult ki a DTMF tárcsakódolás, amelyet a mai rádióamatőrök leggyakrabban átjátszóik rádión keresztüli vezérlésére alkalmaznak.

A hajókon elhelyezett közcélú telefonos rádiólinkek számos más technikai problémát is felvetettek, amelyek részben hasonlóak voltak a nagy fix rádiórendszerekkel megoldandókkal, részben specifikus megoldásokat kellett keresni. Az óceánok és tengerek partjain kiépültek a hajók közcélú telefonjait kiszolgáló parti állomások, leghamarabb az Atlanti óceán térségében. A rádiólinkek a kereskedelmileg fontos Nagy Tavak vidékén is szaporodni kezdtek, Kanada pedig kiépítette a londoni kapcsolatot biztosító transzatlanti rádióáramkört.

Az 1930-as éveket tehát a rádiólinkes telefonláz uralta a telefontechnikában.

Néhány alapvető technikai kérdést azonban meg kellett oldani a rádiólinkes telefonkapcsolat minőségének biztosíthatósága érdekében.

Korábban szó volt a rádiórendszereknél tapasztalt gerjedési jelenségekről, amelynek kiküszöbölésére fejlesztették ki az adót és a vevőt vezérlő VOD rendszert, amelynek lebutított változatát a rádióamatőrök VOX néven ismerik és használják. A VODAS rendszer (a gerjedést kizáró hangműködtetésű eszköz, ami az adót és a vevőt kapcsolgatja) fő problémái hasonlóak voltak a VOX rendszernél általunk megtapasztalhatókhöz. Részben voltak olyan hangok, amelyek nem kellő erősségűek a kapcsoláshoz (az angolban az "S" és az "F"), részben olyan módon kellett megtervezni és beállítani az áramkört, hogy a háttérzajok ne, a beszéd viszont indítsa az átkapcsolást.

Másik probléma, hogy a moduláló jel erőssége a beszéd során változó. A jó jel/zaj viszony megőrzése érdekében a modulált nagyfrekvenciás jel szintjét állandóan azonos szintre kellett emelni vagy vágni. Mindezt úgy kellett megoldani, hogy a háttérzajok minimálisak maradjanak. Ennek a technikai megoldásnak lebutított változatát ALC néven ismerjük és alkalmazzuk a rádióamatőr gyakorlatban.

Az is gondot jelentett, hogy a moduláló hangfrekvencia egyéntől függően befolyásolta a vételi oldalon az érthetőséget. Jelkompresszió beiktatásával, némi torzítás árán sikerült az érthetőséget javítani. Ezt a megoldást a rádióamatőrök dinamika kompresszor néven ismerik és alkalmazzák.

Végül a frekvenciastabilitás kérdése az idő előrehaladtával szintén megoldódni látszott. A piezoelektromos rezgőkristályok egyre inkább lehetővé tették, hogy a 30 kHz körüli LC szűrőkkel előállított SSB jelek többszörös keveréssel eljussanak a 6–22 MHz-es tartományba, azaz a rövidhullámra. Sőt az üzemi frekvencián a 20 Hz-en belüli stabilitás is lassan biztosíthatóvá vált.

Összefoglalóul elmondható, hogy az 1930-as évekre a nagyfrekvenciás SSB szűrőt kivéve már minden megvolt az oldalsávós rádiótechnológia eredményes alkalmazásához.

– *** –

18 – A RÁDIÓAMATŐR SSB ÜZEMMÓD KEZDETEI

Ahhoz, hogy megismerjük az SSB megjelenésének és elterjedésének történetét a rádióamatőr gyakorlatban, elég zavaros vizekre kell evezni. A történet megértéséhez 3 biztos alaphoz nyúlhatunk vissza, ezek közül az egyiket már kedves ismerősként üdvözölhetjük:

Ugyanis John Renshaw Carson 1915-ben benyújtott SSB szabadalma hozta meg a rádiózásba az oldalsávtechnikát. Ő tekinthető e forradalmi találmány kiötlőjének és atyjának.

Ralph Hartley meglátta a fantáziát az oldalsávtechnológiában és 1916-ban benyújtott egy szabadalmat amelyben toroidgyűrűk segítségével elnyomja a vivőhullámot és adója a két oldalsávot sugározza ki. Ez a DSB technológia. Persze a megoldás két elektroncsővel sokkal egyszerűbben megvalósítható lenne (s ezt Hartley is jól tudja), de akkor szabadalma nagyon hasonlítana Carsonéhoz, s az nem valami egészséges egy szabadalmi eljárás során. E szabadalomnak az akkori jelenre nincs hatása, de a DSB-nek évtizedekkel később még egy ideig nagy sikere lesz a rádióamatőrök

köreiben.

A harmadik előzménye, hogy az I. világháború befejezése után a kutatók visszatérhetnek kedvenc szakterületükre és Hartley beleveti magát az SSB elméletébe. Társaival együtt teljes erővel dolgoznak az első transzatlanti telefonösszeköttetés hosszúhullámú SSB rádiólinkjének tervezésén és megépítésén.

Ebben az időben jó minőségű SSB szűrő LC elemekből építhető meg, maximális üzemi frekvenciája 30 kHz környékén található. Ez a hosszúhullámú rendszerbe kiváló, de nincs technológia magasabb frekvenciájú SSB szűrőkre, ezáltal rövidhullámú SSB rendszerek építésére.

Hartleynak az motoszkál a gondolataiban, hogy ebből a csapdából hogyan lehetne kikerülni. Némi időt rászánva kiötli az SSB jel fázistolós módszerrel történő előállítását és 1925-ben a megoldást benyújtja szabadalmaztatásra. A kísérletek során a fázistolós eljárás azonban nem mutat olyan kedvező eredményt, amely alapján alkalmazni lehetne a professzionális berendezésekben. Ezt végül Hartley egy elejtett félmondatban nyilvánosan ki is jelenti, így a fázistolós módszerű SSB moduláció a DSB-hez hasonlóan jó ideig mély álomba merül.

Az 1930-as évek első felében rádióamatőr tollakból megjelenik két cikk is az SSB modulációról. Persze nem olyan szinten és mélységben, hogy azt halandó rádióamatőr egyáltalán felfoghatná, megérthetné.

A II. világháborúban a fejlesztők, kutatók főleg a radar körül sűrögnek, senki nem ér rá más irányú kedvenc témái felé kacsingatni. A rádióamatőr engedélyek felfüggesztve, a háború másra tereli az emberek figyelmét.

Az idők folyamán azért a rádiótechnika és a technológia fejlődik. A kvarcrezonátorok egyre megbízhatóbbak és egyre magasabb frekvencián képesek rezegni. A frekvenciastabilitásra amúgy is egyre nagyobb az igény, a korszerű készülékeknek egyre pontosabbaknak és megbízhatóbbaknak kell lenniük.

A Stanford egyetem rádióklubja (W6QYT) 1947-ben 80/20 méteres sávú elnyomott vivőhullámú SSB kísérletekbe kezd. Hatására a QST magazin 1948-ban cikksorozatot indít az új modulációs módszerről, az SSB-ről. Emlékezzünk: a módszer csak annyira új, hogy éppen 32–33 éve kezdték meg a szabadalmaztatását és az első rendszer 1927. óta üzemszerűen hidalja át az Atlanti óceánt 200 kW-os teljesítménnyel.

De ne legyünk igazságtalanok – a rádióamatőröknek valóban új a módszer. Arra azonban hiába keressük a választ, hogy mi tartott annyi ideig a rádióamatőrök számára. Legalább a végtelenül egyszerű DSB (szabadalom 1916-ban beadva) alkalmazását felfedezhették volna az eltelt 3 évtizedben. Vajon miért nem történt meg?

A következő részben folytatjuk a rádióamatőr SSB-vel kapcsolatos eszmefuttatásunkat.

– *** –

19 – AZ SSB BETÖRÉSE A RÁDIÓAMATŐR GYAKORLATBA

Az előző részben jól elmorgolódtunk azon, hogy a rádióamatőrök a születésétől számítva miért csak jó 30 év késéssel kezdték felfedezni az oldalsávtechnikát. Ám e késedelemre némi felmentést is találtunk, vizsgáljuk meg, hogy a történet hogyan folytatódik az 1950-es években.

A rezgőkvarcok ugyan már ismertek és gyártásban is vannak, azonban még messze nem elterjedtek a rádióamatőr gyakorlatban. Azt említeni sem kell, hogy sem az SSB szűrő elmélete (megépíthetősége kvarcokból), sem a gyakorlati hozzáférhetősége nem teszi lehetővé a szűrős megoldást a 100 kHz-nél magasabb frekvenciájú adóknál, azaz ahol már az LC szűrők nem alkalmazhatók.

Noha Hartley már az 1920-as évek elején megmondta, hogy a fázistolós SSB megoldás nem igazán jól járható út, az amatőr konstruktőrök ebben látnak egérutat.

Az elektroncsőgyárak nagy üzleti lehetőséget fedeznek fel az oldalsávtechnikában, mert a rendszer igencsak igényli az aktív elemeket. Emiatt a rádióamatőröknek szánt kiadványaikban tematikusan összegyűjtik az oldalsávtechnikával foglalkozó, saját gyártott csöveikre kifejlesztett kapcsolásokat és széles körben propagálják az új modulációs technikára való átállás előnyeit.

Itt van mindjárt az oldalsávtechnikát használó adók és vevők keverői, balanszmodulátorai, hang- és nagyfrekvenciás erősítőinek esete. Ne felejtsük el, hogy az ötvenes évek elején a tranzistor, a korszerű félvezető dióda még sehol nincs, a megépítendő áramkörök pedig bőségesen igénylik a rádiócsövet.

A leghíresebb, egyben amatőr szempontból úttörő, házilag megépítendő SSB adó kapcsolat „SSB Junior” néven 1950 november–decemberében lát napvilágot. Mindössze 3 ikertrióda, egy pentóda plusz a tápegységben két kettősanódú egyenirányító dióda szükséges hozzá. A leírás teljesen komplett, beleértve a mechanikai terveket is.

Az SSB Junior tulajdonképpen egy fázistolós megoldású SSB meghajtó, amihez külön VFO-t vagy kristályoszillátort lehet kapcsolni. 5 watt kimenőteljesítményt biztosít, 40 dB oldalsávelelnyomással, oldalsáv átkapcsolás lehetőséggel. Üzemi frekvenciája 3850–4000 kHz között van. Kimenőjele átkeverhető más sávokra is.

Viszont sem megépíteni, sem beüzemelni, sem üzemeltetni nem igazán egyszerű az SSB Juniort. Ennek ellenére sok száz darabot építenek meg az amerikai amatőrök, s ezzel megindul az SSB elnyomott vivőhullámú moduláció karrierje az amatőrsávokban. Az 1950-es évek első felében.

A berendezés konstruktöre a General Electric mérnöke, Don Norgaard, W2KUJ. Don a II. vh. alatt egy szűk körű kutatócsoport tagjaként foglalkozott az oldalsávtechnika alkalmazásának lehetőségével, s rádióamatőr lévén megihlette az SSB alkalmazása által kínált előnyök kihasználhatósága az amatőr forgalomban.

Don lett SSB és az elnyomott vivőhullámú oldalsáv technika atyja az amatőr rádiózásban. Alig 64 éve.

Hartley nyomdokain járva Don bevezette az amatőr gyakorlatba a fázistolós SSB megoldást. A kor technológiája viszont még messze volt attól, hogy a szűrős megoldások egyáltalán szóba jöhessenek. Az SSB Junior megépítése meglehetősen szakértelmet és műszerezettséget igényelt, ezért az amatőrök többsége a

könnyebbik úttal kezdett szemezgetni, azaz eljött a DSB kora. A DSB pontosan olyanak hallatszik, mintha SSB lenne. Viszont jóval egyszerűbb, a végfokban lehet a vivőt modulálni, majd kioltani, nem érzékeny az üzemi frekvenciára, a 6146-os csövekkel akár 200 wattot is el lehet érni az adóval. A konstruktőrök tehát elkezdik ontani a DSB kapcsolásokat, mialatt a kutatások a szűrős megoldások lehetőségeit keresik – főleg a kvarcokra irányítva a figyelmet. Ugyanis az „SSB Junior” a gyakorlatban pontosan szemlélteti a fázistolós megoldások hátrányait – mint ahogy azt Hartley már évtizedekkel korábban megoldotta.

Az első igazán jó és használható gyári SSB–CW adóvevő berendezés 1959-ben születik meg, a 80–10 m-es sáv tartományú, 100 W-os Collins KWM-2A típusjelzésű adóvevő megjelenésével. 1965-ben, hat évvel később követi a Heathkit SB-100-as adóvevő. E berendezések megjelenésétől számíthatjuk a korszerű SSB igazi elterjedését az amatőrsávokban.

Az Amerikai Légierő Stratégiai Parancsnoksága Curtis LeMay tábornok K3JUY/K4RFA vezetésével az 1950-es évek közepén állítja rendszerbe az AM-et felváltó SSB kommunikációt a légierőnél. John Renshaw Carson szabadalmának beadását követő nagyjából negyvenedik évben.

Az SSB gyorsan teret nyer más rádiószolgálatok köreiből is, de az kétségtelen tény, hogy a rádióamatőröknek köszönhetően került a figyelem középpontjába – pontosan akkor, amikor annak eljött az ideje.

A következő részben Lloyd Espenschied munkásságát vesszük szemügyre.

– *** –

20 – LLOYD ESPENSCHIED MUNKÁSSÁGA I.

A 20. század első felében a rádiózás forradalmi fejlődése egy élenjáró, találékony és rendkívül kíváncsi szakembergárdának köszönhető. Néhány nevet kiemelve megemlíthetjük Carsont, Hartleyt, Zoebelt, Arnoldot, Espenschiedet és még maradtak nagyon sokan mások, most névtelenül. Ők azok, akik közvetve vagy közvetlenül közreműködtek az első transzatlanti SSB rádiótelefon rendszer kialakításában és kivitelezésében.

E szakemberek többsége kiváló matematikai tudással rendelkező elméleti kutató volt, egy valaki kivételével. Ő pedig Lloyd Espenschied, aki nem csak elméletben foglalkozott a rádiózástechikával, hanem rádióamatőrként, majd képzett rádiótávírásként a rádióoperátori munkáról gyakorlati ismeretekkel rendelkezve került be az elméleti kutatók közé.

És igen, Lloyd Espenschied volt az, aki először mozgósította a rádióamatőröket a kutatási munkálatok segítésére, s ezzel megalapozta azt a tényt, hogy a rádióamatőrök is hozzájárultak a rádiózástechika fejlődéséhez. Nem öngigazolós mítosz tehát az az állítás, hogy a rádióamatőrök is letették, s teszik ma is a névjegyüket a rádiózás fejlődésében.

Lloyd Espenschied 1889 áprilisában született és 1986 júniusában távozott az örök DX vadászmezőkre. 1904-ben igazi rádióamatőr lett, ugyanakkor ebben az időben tanulási nehézségei miatt félbehagyta középiskolai tanulmányait. Az akkori elavult oktatási tematika nem illett bele innovatív gondolkodásába, hát inkább nemet mondott.

Nem sokkal később beállt hivatásos hajózó rádiótávírásznak. 1909-ben alkalmazott elektromérnöki végzettséget szerzett, ezt követően az Amerikai Haditengerészet hajóit szerelte fel szikratávíró rádióállomásokkal. 1910-ben csatlakozott az AT&T telefontársasághoz és az 1954-es nyugdíjba vonulásáig a Bell Laboratóriumok munkatársa maradt. Akkoriban kezdett a Bell a vezetékes telefontechnika továbbfejlesztése miatt érdeklődni a vezeték nélküli hírközlés telefontechnikai alkalmazhatósága iránt is.

Espenschied életművét nagyjából 130 szabadalom fémjelzi. Különleges képességeit kapcsolástechnikai és rendszertechnikai területen kamatoztatta, találmányai közül ma is számos műszaki megoldást alkalmaznak.

A Bellnél először telefontechnikával foglalkozott, majd 1914-ben átkerült a vezetékes telefon és a rádiótelefon rendszerek összeházasításával aktívan foglalkozó kutatási területre. Azt kellett bizonyítani, hogy az akkor még amplitúdó modulált vivőhullámú rádiórendszerek alkalmazhatóak nagyobb távolságok áthidalására a vezetékes rendszerek meghosszabbításaként.

Az első kísérletek a Broadway 195, az AT&T 29 szintes főhadiszállása tetején található néhány kilowattos adóval indultak. Mivel ekkor már rendelkezésre álltak a vákuumos elektroncsövek, Espenschied mozgósította Virginia, New York és New Jersey amatőrjeit, hogy vételjelentéseikkel segítsék felmérni az ellátási területet. A móka természetesen hosszúhullámon zajlott.

Mindeközben hivatalos kísérleti rádióállomások is épültek, az egyiken Eschpensied, kemény téli időjárásban egy antennát megjavítandó megmászott egy eljegesedett antennatornyot. E hőstette széles körben ismertté vált a szakmában, hiszen akkoriban egy magasan képzett műszaki szakembernek nem volt szokása az antennatornyokon való mászkálás.

1915-ben Espenschied tagja lesz az arlingtoni tengerészeti bázis adótornyával létrehozható nagy távolságú rádióátvitellel kísérletező csapatnak. Ebben az időben ez az antenna az USA-ban található legnagyobb antenna, az adóállomás üzemi frekvenciája 60 kHz körül van. A kísérletek sikeresek; Espenschied munkatársa H. R. Shreeve a párizsi Eiffel toronyban az „és akkor most jó éjszakát Mr. Shreeve” rádióüzenet töredéket veszi B. B. Webbtől, Arlingtonból. Ez az a töredékmondat, amely bebizonyítja, hogy rádiótelefonon áthidalható az Atlanti térség. Ralph Hartley a kaliforniai Mare szigeten, Espenschied a hawaii Pearl Harborban veszi az arlingtoni adásokat. Később számos DX jelentés érkezik Arlingtonba, közöttük rádióamatőröktől származóak is.

Espenschied 1916-ban a nagy távolságú telefonvonalak fejlesztésével foglalkozik. Az áthallások (a vezetékek közötti nagy kölcsönös induktivitás miatt) és a zavarok csökkentése érdekében egy fiatal mérnöktársával Hermann Affel-lel kitalálnak egy rendszert; a szabadon futó vezetéket árnyékolással látják el, így létrejön egy koncentrikus kialakítású árnyékolt rendszer, amit ma koax kábelként ismerünk.

A gondolat nem új, Oliver Heaviside 1880-ban már elméletileg foglalkozott a kérdéssel, sőt szabadalmaztatott is egyfajta koax megoldást, amelynek akkor gyakorlati haszna nem látszott, emiatt feledésbe merült az idő múlásával.

Az Espenschied–Affel kábel tanulmányozása és fejlesztése évekig tart, amely végül rámutat arra, hogy a koax hullámvezető és megfelelő impedanciájú lezárások mellett viszonylag kis csillapítással alkalmas széles sávú frekvenciaátvitelre. E találmány a koax gyakorlati kialakítása és sok egyéb, általunk is ismert hasznos alkalmazás mellett – megalapozza a szélessávú, vivőfrekvenciás, sok csatornás

információátvitelt, földön vízen levegőben. E találmány alapozza meg az első transzatlanti telefonkábel a TAT-1-et is, amelyet 1956 szeptemberében helyeznek üzembe. Nekünk, rádióamatőröknek is igen kedves ismerősünk a koaxkábel, s e hasznos eszköz létrejöttéhez és a mai napig töretlen elterjedtségéhez Espenschied és Affel nevét köthetjük.

A következő részben folytatjuk Lloyd Espenschied munkásságának izgalmas történetét.

– *** –

21 – LLOYD ESPENSCHIED MUNKÁSSÁGA II.

Mielőtt folytatjuk Lloyd Espenschied munkásságának bemutatását, meg kell jegyeznünk, hogy ő az a rádióamatőr, majd hivatásos rádiótávíró, majd az elektronikai kutatások egyik pionírja, aki a rádiózás és az elektronsövek hajnalán elkötelezte magát a telefontechnikában, mégis nagyon nagy eredményekkel járult hozzá a rádiózástechnika fejlődéséhez.

Az I. világháborút követően befejeződtek a kötelező hadikutatások, s a tudósok visszatérhettek részben a saját ösztöneik által diktált, részben az ipari igények által generált kutatási területekre.

Igazából senki sem tudja, hogy miért, továbbá igény sem merült fel arra, hogy Espenschied vasútbiztonsággal foglalkozzon. 1919-ben benyújtott szabadalma szerint olyan biztonsági rendszert javasol a mozdonyokra, amelyek érzékelik a szerelvény haladási iránya előtt kialakult forgalmi akadályt. Ennek elve a következő: a mozdonyon gerjesztett nagyfrekvenciás jelet a sínekre csatolja, a hullám iránya a haladás irányába mutat. Amennyiben a sínben terjedő hullám útját semmi nem zavarja meg, a hullám amplitúdója, köszönhetően a terjedési csillapításnak, a távolság növekedésével egyre jobban lecsökken. Amennyiben a vonat előtt vasúti jármű van, vagy a sínek rövidzárlatban vannak, a kibocsátott hullám az anomália miatt megtörik – azaz reflektálódik. E reflexió megjelenése jól érzékelhető a kibocsátás helyén. Ennek alapján a mozdony vezetője megteheti a megfelelő intézkedést, ha szükséges. Espenschied utal rá, hogy a hullámreflexión alapuló eljárás nem csak a vasút estében alkalmazható.

Ne felejtsük el, hogy ebben az időben kizárólag gőzmozdonyok uralják a vasúti vontatást. A gőzmozdony nem igazán ideális terepe a szofisztikált elektronikus eszközök üzemeltetésének.

Espenschied később kiegészíti, azaz továbbfejleszti e reflexión alapuló szabadalmát, bonyolult vasútbiztosító berendezésre nyújt be javaslatot egy új szabadalomban. Ez a rendszer két frekvencián üzemel és impulzusokkal kommunikál.

E területen végül egy olyan rendszert fejleszt ki, amelynek az a lényege, hogy a vasút közelében kihúzott vezetéken induktív csatolással történik a hullámtovábbítás. Ezt az elvet évtizedekkel később kezdik alkalmazni, ugyanis kiváló megoldásnak bizonyul a járművekkel való rádiókommunikáció és adatkapcsolat fenntartására olyan helyeken, ahol a rádióhullámok már nem alkalmazhatóak – azaz az alagutakban.

Espenschied ezen szabadalmaira a korbéli vasút nem tart igényt, így e találmányai az „említésre érdemes” kategórián nem lépnek túl. Pedig e találmányok alapozzák meg azt az Espenschied által kidolgozott elvet és műszaki megoldást, amelyet a mai napig

használnak és elengedhetetlen elemévé vált az egyik közlekedési ágazatnak. De erről majd később.

1924. után (emlékezzünk: az első transzatlanti 60 kHz-es SSB rádiótelefon rendszer kísérleti üzemének kezdete, 1923 januárjában) egyre forróbb fejlesztési témává válik a rövidhullámú rádiótelefon rendszer megvalósíthatósága. A rendszerben az energiapazarló és hatásfokcsökkentő vivőhullámos amplitúdómodulációt kénytelenek alkalmazni – nincs ebben az időszakban alkalmazható SSB szűrő.

Ekkoriban Walter G. Cady professzor már jó ideje dolgozik a piezoelektromos kristályok kutatásán. Célja a nagy stabilitású rezgékeltőkhöz használható piezoelektromos eszköz létrehozása és gyakorlati alkalmazhatóvá tétele a rádiózás és más iparágak területén. A szabadon futó LC oszcillátor ugyanis már a hosszúhullámon sem biztosít kellő stabilitást. Warren Mason kutató pedig a kvarclapkák gyárthatóságának titkait fűrkészi.

Espenschied sokat tud a kvarcokról – közel áll a kutatásokhoz. Egyre égetőbb a probléma a rövidhullámú SSB rendszerekkel illetően, ugyanis a 30 kHz körüli LC kialakítású SSB szűrővel nem lehet rövidhullámú adót építeni.

Espenschied tudja, hogy egy kvarcnak igen éles soros és párhuzamos rezonanciája van (azaz a nagy frekvenciákon is igen nagy jóságú rezonáns elemről beszélünk). Ezekből kellene kialakítani sávszűrőket meghatározott sáv szélességre – mondjuk 3 kHz-es átvitelrel, több MHz-es frekvencián úgy, hogy a szűrő hullámossága minimális legyen.

Espenschied 1927-ben szabadalmaztatja a kvarcszűrőkre vonatkozó javaslatát – több megoldásban, közöttük az általunk is jól ismert kvarc létraszűrőt is leírva. A kvarcok ez idő tájt még nem kiforrott alkatrészek. Számos további kutatás szükséges ahhoz, hogy mind a gyártás, mind az alkalmazástechnika kiforrottá váljon.

Becslések szerint a II. világháborúban 68 millió kvarcot építenek be a katonai eszközökbe – radar, szonár, rádió és egyéb alkalmazásokba. Más becslések több száz millió kvarc alkalmazását valószínűsítik e periódusra.

Annyit azért tudunk, hogy a háború után még jó ideig a rezgőkvarc nem volt mindennap, mindenhol hozzáférhető alkatrész. Manapság bemegyünk a boltba és apróért a kvarcból olyat vehetünk, ami a szabvány kínálatban megtalálható. Szabványosnak az a kvarc számít, amit nagy sorozatokban gyártottak és gyártanak ipari felhasználásra. Eltérő frekvenciájú értékek beszerzése viszont költséges, egyedi legyártatást igényel.

A következő részben folytatjuk Lloyd Espenschied munkásságának ismertetését.

– *** –

22 – LLOYD ESPENSCHIED MUNKÁSSÁGA III.

Az I. vh. befejeződése után a tudósok végre megszabadultak a kötelező hadiipari kutatások terhéől, s végre visszatérhettek saját kedvenc témáikhoz.

Arról, hogy Lloyd Espenschied mivel foglalkozott a hadikutatásokban, nincs hozzáférhető információ. Annyit tudunk, hogy a vákuumos elektroncső alkalmazásával főleg hangtechnikai kutatások folytak – ahogy ma neveznénk

akusztikai légelhárító eszközök fejlesztése érdekében. Közben a rádiótechnikai kutatások nem hoztak látványos eredményt, a szupervevő elve is csak 1918 legvégén, tehát a háború utáni pillanatban került leírásra.

Espenschied is valószínűleg hangtechnikával foglalkozott. Erre enged következtetni az 1919-ben benyújtott hangrögzítési eljárásra vonatkozó szabadalma. Az elv a következő; dinamikus mikrofon alakítja át a beszédet elektromos jellé, amelyet elektroncsővel erősíteni kell, majd a hagyományos fonográffal ellentétben egy dinamikus elvű, a membránhoz rögzített tűvel ellátott írófej egy forgó lemezre rögzíti a hangot. A lejátszás egy dinamikus tűs olvasófejjel és erősítéssel megoldható – a hangerő tetszőlegesen szabályozható. E rendszerre az 1919 decemberében benyújtott javaslata 1928 októberében kapja meg a szabadalmat.

Espenschied javaslatot nyújt be a vivőfrekvenciás eljárással történő jeltovábbításra, amelynek az a lényege, hogy egy vezetékpáron vagy az árnyékolt kábelben (a koaxon) több telefon vagy távírócsatornát lehet kialakítani. Összekapcsolva a koax és vivőfrekvenciás elvet, Espenschied számos további jelátviteli szabadalma kapcsolódik e megoldásokhoz. Végül eljut oda, hogy szabadalmat szerez a sok csatornás multiplex jelátvitelre, a multiplex jelek előállításának és visszaalakításának (demultiplex) technikai megoldásaira.

E munkái végül is jelentős hatással vannak a nagy távolságú, sok csatornás kábeles telefonrendszerek átviteli rendszerének gazdaságos kialakítására, noha Espenschied maga soha nem vesz részt kábeles projektekben. Mire ugyanis a technikai fejlődés lehetővé teszi a tengeralatti kábelek megvalósíthatóságát, Espenschied már régen egy sokkal izgalmasabb témával foglalkozik.

Mint „notórius feltaláló” Espenschied egyik inicializálójá, és bedolgozik a transzatlanti rádiórendszer projektbe, közben foglalkozik műsorszolgáltatási rendszerekkel, telefon és távíró-technikai átviteli megoldásokkal, antennával, rádióátjátszó rendszerekkel, beszédtitkosítással, sok csatornás rádióvevőkkel, fél- és teljesen duplex kommunikációval – és még folytathatnánk a sort napestig.

A rövidhullámú transzatlanti telefonrendszer beüzemelése előtt nem sokkal Espenschied új témával kezd el foglalkozni – egy olyan rendszerrel, amely, a mai napig is azonos elvű műszaki megoldással használatban van. Ez pedig a repülőgépeken alkalmazható, rádióhullámokkal működő magasságmérő – vagyis mai nevén a rádió magasságmérő. Ez a berendezés minden komoly repülőgép műszerezettségének szabványos eleme, amely főleg a leszállási manőver fontos segítője. A rádió magasságmérő adója által kibocsátott rádióhullám visszaverődik a talajról, amelyet a magasságmérő vevője felfog, és egy műszer kijelzi a mért magasságot. A mai műszer már nem egyedülálló berendezés, beleintegrálták a komplex repülőgép irányító rendszerbe (iránytű, műhorizont, barometrikus magasságmérő, vertikális és horizontális sebességmérő, és egyebek mellett a rádió magasságmérő adatai is megjelennek ugyanazon a képernyőn – sőt leszálláskor géphang modja be a mért magasságot).

Espenschiednek sok munkába kerül a rádiós magasságmérő műszer olyan fokú kifejlesztése, amely már szabadalmaztatható műszaki megoldást jelent. A szabadalmi javaslat 1930-ban kerül benyújtásra és 1936-ban a megoldás megkapja a szabadalmi védettséget.

A műszer ma kézi irányítású és az automatikus leszállító rendszer része. 2500 láb (750 m) magasságban kezdenek megjelenni a mért értékek. A műszer alsó skálázása –17 lábig terjed, ez azt jelenti, hogy ha egy adott gép talajon van, és a mért érték mondjuk –7 láb (2,1 m), úgy értelmezendő, hogy ha a törzs a talajszinten lenne, a

futóművek a talajszint alatt 7 lábbal mélyebben lennének. Fura, de ilyen a repüléstechnika.

A rádiós magasságmérő a leszállás folyamán – ellentétben a barometrikus magasságmérővel – nagyon fontos pillanatnyi és korrekt magassági információt nyújt mind a pilótáknak, mind az automatikus leszállító rendszernek. Amikor a gép kerekei a landolásnál először érintik a talajt, (példánkban ez –7 láb értéknél következi be) a hajtóművek automata gázadagolása alapjáratra áll vissza, a fékezés már a pilóták feladata a sugárfordító működtetésével.

Sokan úgy tartják, hogy Espenschied rádió magasságmérője hatással volt a radar elv kidolgozására és a radar kifejlesztésére. Valószínűleg nem tévednek!

– *** –

23 – MODERN VILÁG – A TENGERALATTI KÁBEL

Ugyan a transzatlanti, később más kontinensek közötti rádiótelefon rendszerek a maguk korában forradalmi újításnak számítottak a vezetékes hírközlés kontinensek közötti kapcsolatának megteremtése szempontjából, azonban több okból hamarosan eljárt felettük az idő.

Rádióamatőrként jól ismerjük a rádióhullámok terjedési sajátosságait, a rádióhullámok használhatóságát, illetve korlátait két távoli pont közötti stabil kapcsolat fenntarthatósága szempontjából. A rádiófrekvenciás kapcsolat kontinensnyi távolságokat tekintve hosszúhullámon képes viszonylag stabilan fennmaradni. A hosszúhullámú spektrum azonban igen szűkös, az elhelyezhető csatornák száma erősen limitált, nem beszélve a grandiózus technikai, teljesítmény és eszközigenyről – főleg az antennák tekintetében.

A rövidhullámok tartománya tágabb, azonban terjedési sajátosságaik a frekvenciától függően igen különbözőek – gondoljunk csak a nappali és éjjeli sávokra. Emellett a terjedést befolyásolja a napciklus aktuális állása, a napkitörések föld irányú részecskeáramlása és az ionoszféra változásainak egyéb véletlenszerű folyamatai. Ha 24 órás stabil rádiókapcsolatot szeretnénk felépíteni két kontinens között, az üzemi frekvenciát igen gyakran változtatni kell, és egy jelentős rádióvihar végül is órákra, napokra ellehetetlenítheti a kapcsolat fenntartását. Továbbá a rövidhullámú tartomány sem olyan tág, hogy nagyon sok csatornát lehetett volna kisajátítani a közcélú telefonrendszerek számára.

A megoldás mindenféleképpen a sok csatornás, nagy távolságú tengeralatti kábelek irányában volt keresendő. A világ kontinensei közötti távközlési igény idővel oly mértékben megnőtt, hogy a tengerek, óceánok alatti kábeles kapcsolatot mindenféleképpen meg kellett oldani.

1950-ig már fektettek le rövidebb tengeralatti kábeleket. 1950. július 1-én helyezték üzembe a minden addiginál lényegesen hosszabb, a floridai Key West és a kubai Havanna közötti tengeralatti kábelt, amely számos újdonságot tartalmazott. Ugyanis e kábelbe integráltan beleépítették az átjátszó erősítőket, amelyekben egy speciális, erre a célra kifejlesztett, egyedi gyártású elektroncső került alkalmazásra. Típusa 175HQ, s ezt a típust egyetlen egy csőkatalógusban sem találhatjuk meg. Ebből a csőből ma a világon egyetlen egy ismert példány lelhető fel, s ezzel a világ legdrágább elektroncsövévé avanszálta magát.

Ez a cső 27 évig feküdt és napi 24 órában működött a tenger fenekén. Jelenlegi állapota az utólagos mérések szerint 90 %-os értéket mutat. Ezt a csövet sok ezer legyártott társa közül választották ki annak idején. A gyártást követő első mérések után a legyártott csövek nagy részét azonnal szemétre hajították, s amelyek kiállták az első ellenőrzést, 5000 órás próbaüzemben kellett bizonyítaniuk paramétereik megfelelőségét. Az 5000 órás próbaüzem viszontagságait kevés elektroncső állta ki, többségüket szintén kihajították, s a megfelelőnek bizonyult csövek kerültek beépítésre a tengeralatti kábelbe integrált átjátszóerősítők aktív elemeiként. A Key West–Havanna kábel, mielőtt felszedték, 27 évig meghibásodás nélkül üzemelt.

1956 októberében helyezték üzembe az első Európát az USA-val összekötő transzatlanti kábelt, a TAT–1-et. E kábel tulajdonképpen két koaxkábelből állt, az egyik az rx, a másik a tx funkciót látta el. A kábel az Atlanti óceán fenekén nagyjából 3000 mérföld hosszúságú volt, 80 mérföldenként beleintegrált 61 dB-es erősítésű elektroncsöves átjátszókkal.

A TAT–1 29 telefoncsatornát biztosított New York és London között. 22 évig állt szolgálatban meghibásodás nélkül. Időközben az új kábelek kapacitását már 36 telefoncsatornára bővítették, majd a telefon és az adatátviteli feladatokat átvették a tengeralatti szélessávú optikai kábelek. A TAT–1 működését 1978-ban szüntették be, addigra technikailag elavulttá vált.

Ma a világ tengereit és óceánjait optikai kábelek hálózzák be, a globális adatforgalom 95%-a e kábeleken keresztül zajlik. Az internet fejlődése miatt folyamatosan növelni kell e kábelek számát és kapacitását, ezért a kábelek fejlesztése és tengeralatti elhelyezése folyamatosan zajlik.

A rádióhullámokkal megvalósított információátvitel egyre jobban eljelentéktelenedik, illetve új területekre helyeződik át. A transzatlanti és más kontinenseket áthidaló rádiótelefon rendszereket már réges-régen bezárták. A rövidhullámok helyett az ultrarövid hullámok és a mikrohullámok kerültek előtérbe, számos, e sávokban működő alkalmazás könnyíti meg életünket (csak példaként gondoljunk a mobiltelefonra).

Ha ma végighangolunk rövidhullámon, azt tapasztaljuk, hogy az 50-es, a 60-as és a 70-es évek ricsaja eltűnt, csendes frekvenciák tömegét találjuk.

Ellenben az évtizedek során kibővült rövidhullámú amatőrsávokban továbbra is tömeges a jelenlét és hatalmas a ricsaj – s úgy véljük, hogy ez a látszólagos zűrzavar az idők folyamán csak nőni fog. Nos, legyen tehát így!

– *** –

24 – A NEMZETKÖZI AMATŐR RÁDIÓSZOLGÁLAT KIALAKULÁSA

Az egyoldalsávú elnyomott vivőhullámú távbeszélő üzemmód, az SSB történetének áttekintése azzal a meglepő történelmi ismerettel gazdagította az érdeklődőket, hogy a rádiózás korai éveiben, az 1915-ben szabadalmi eljárásra beadott SSB elv közel tíz év után került először gyakorlati alkalmazásra. Ezt követően még újabb néhány évtizednek kellett eltelnie ahhoz, hogy az SSB elterjedjen a hivatalos és az amatőr rádiózásban.

Mivel a rádiózástörténelem korai szakaszában az amatőrök már jelentősen hozzájárultak a fejlődéshez, sőt egyre több helyet követeltek maguknak a

hullámsávokban, e részben áttekintjük az amatőr rádiószolgálat korai kialakulását és önálló rádiószolgálatként való nemzetközi elismertetésének kivívását. E történet 1927-ben záródik, ezt követően azonban még számos harcot kell majd megvívni ahhoz, az amatőr rádiószolgálat nemzetközi szabályozásának mai állapotáig eljussunk.

Már a korai időkben, a XX. sz. legelején felismerték azt, hogy a rádióamatőrök tevékenysége társadalmilag kellően hasznos ahhoz, hogy esélyt biztosítsanak számukra a frekvenciákért folyó, az idők folyamán egyre élesedőbb és durvuló versenyben.

Az első két nemzetközi rádiókonferencián, 1906-ban Berlinben és 1912-ben Londonban az amatőrök csak közvetve kerültek szóba. E két konferencián hoztak határozatot a parti és a hajózó állomások frekvencia kiosztásáról, Londonban pedig először mondták ki, hogy minden rádióállomás üzemeltetése a nemzeti kormányzatok engedélyéhez kötött. Az USA úgy alkotott szabályokat, hogy 1912-től a kísérleti állomások (többnyire a rádióamatőrök) számára engedélyt adott ki, amelyben megszabta a teljesítményt, a hullámhosszat és az üzemeltethetőség napi időhatárait.

Az amatőr tevékenységet a 200 m-es sávban engedélyezték, mivel ez a sáv és a rövidebb hullámhosszak még felderítetlenek voltak, ezért használhatatlannak tartották őket tengeri, kormányzati és kereskedelmi célú rádiózásra.

Az I. vh. kitörése az engedélyek visszavonásával járt, az amatőr aktivitást 1919-ben engedélyezték újra.

A technikai fejlődés, és annak felfedezése, hogy a 200 méteres, valamint az annál rövidebb hullámhosszak egészen elképesztő, kontinensek áthidalását lehetővé tévő terjedési sajátosságokat mutatnak, a rádiózást beléptette a rövidhullámú tartományokba. Ez az időszak 1919. és 1924. közé esik. A felfedezés eredményeképpen hihetetlenül megnőtt a rövidhullámú tartomány iránti igény, ezért az Egyesült Államok a különféle szolgálatok hullámtartományainak újbóli rendezésére kényszerült.

1924-ben (abban az évben, amikor az első SSB transzatlanti rádiótelefon rendszer már kísérletileg üzemelt) az USA kereskedelmi minisztere Herbert Hoover rádiórendeletet adott ki. Az amatőr rádiószolgálat felharmonikus alapon a 160, 80, 40, 20 és a 10 méteres rövidhullámú tartományban, továbbá az 5, a 2,5 és az 1,25 méteres URH sávokban kapott szegmenseket. Ezeket a sávokat a mai napig Hoover-sávoknak nevezzük.

Herbert Hoover később az Egyesült Államok elnöke lett és nevét nem csak az amatőrsáv kijelölés, hanem az annál sokkal ismertebb Hoover-gát is őrzi.

Megjegyezzük, hogy a mai állapot szerint az amatőrsávok jó része továbbra is a Hoover-sávoknak felel meg, ezt egészíti ki a 15 méter és az 1979-ben kiosztott három WARC sáv, a 30, a 17 és a 12 méter. A mikrohullámú sávok az idők folyamán képbe kerültek és szintén bővültek.

A rövidhullámú tartomány nem ismeri az országhatárokat, a globális káosz elkerülése érdekében nemzetközi szinten is rendezni kellett a hullámsávok kiosztását.

1927-ben (az első SSB transzatlanti rádiótelefon rendszer üzembe helyezésének évében) Washingtonban tartották meg a következő nemzetközi rádiókonferenciát. E konferencián elkeseredett harc bontakozott ki, a rövidhullámú sáv minden

szegmenséért. Összesítve az adatokat, a kiosztható sáv tartományokra többszörös igény került bejelentésre a résztvevő országok részéről.

Az amatőr rádiószolgálat tekintetében olyan javaslat került beterjesztésre, hogy a Hoover-sávokat vegyék alapul a nemzetközi szabályozásban. Ezt a résztvevők többsége elfogadta, azonban akadtak olyan országok is, amelyek egyáltalán nem kívántak amatőr szolgálatot engedélyezni. Ezek az országok a következők voltak: Nagy Britannia, Németország, Svájc, Magyarország, Japán és Hollandia. Ezen országok ellenállása lehetetlenné tette volna az amatőr szolgálat nemzetközi egyezménybe való foglalását és ezzel az amatőr sávok globális allokációját. Hosszas, kemény lobbizás és tárgyalások kezdődtek, amelynek eredményeképpen az ellenző országok végül beadták a derekukat. Így a Washingtoni konferencia eredményesen végződött, tehát megszülethetett a nemzetközi szinten elismert és szabályozott amatőr rádiószolgálat.

Washingtonban került még megfogalmazásra az amatőr szolgálat lényegében máig is érvényes definíciója: az amatőr szolgálathoz tartozik az olyan rádióállomás, amelyet a rádiótechnika iránt érdeklődő, engedéllyel rendelkező személy, anyagi érdekeltség nélkül üzemeltet, és e személy az adási és vételi képességét, valamint morze tudását bizonyítja. A nemzeti hatóságoknak kell e képességek bizonyítására lehetőséget biztosítani és engedélyt kiadni. Azóta a változás annyi, hogy a morze tudás ma már nem követelmény.

Nemzetközileg elismert és kezelt amatőr rádiószolgálat tehát 1927-től létezik, köszönhetően a Washingtoni rádiókonferencián megvívott kemény harcoknak, noha ettől kezdve még rögzös utat kellett bejárni ahhoz, hogy a mai rendezett állapotokhoz eljünk.

Az SSB történetét feldolgozó rádiózástörténeti sorozatunk e ponton most a végéhez ért, köszönöm az eddigi figyelmet!

- *** -

Jegyezte: HA2MN

2012–2014.

- *** -

Irodalom

- Korabeli amerikai szabadalmak
- Bell Laboratóriumok korabeli közleményei
- The Radio Amateur's Hand Book – by Archie Frederic Collins 1922.
- Radio Corporation of America (RCA) korabeli kiadványai
- General Electric (GE) korabeli kiadványai
- CQ Magazin cikkei
- Institut of Electrical and Electronics Engineers History Network cikkei
- The Radio Amateur In International Legislation and Administration by Peter B. Schroeder – 1948–49. (University of Connecticut)

- *** -