

A RÁDIÓAMATŐR

ELŐADÁSSOROZAT 1–72. rész

2010–2015.

(Negyedik, bővített kiadás)

Szerző: Zentai Tibor HA2MN

Lektor és szerkesztő: Papp József



**HAJDÚ QTC
2016.**

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

„A rádióamatőr a rádióamatőr szolgálatok munkájában csak személyes érdeklődésből, anyagi érdek nélkül vesz részt, tevékenysége az önképzésre, műszaki fejlődésére és a szakmai információcserére irányul. Továbbá megfelel a rádióamatőr tevékenység folytatásához szükséges követelményeknek.”

International Amateur Radio Union (IARU)

TARTALOMJEGYZÉK

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

Áramforrások belső ellenállása – A rádióamatőr – 27. rész	39
Az akkumulátorokról – A rádióamatőr – 28. rész.....	40
Akkumulátor alaptípusok – A rádióamatőr – 29. rész	41
Az időben változó áram – A rádióamatőr – 30. rész.....	43
A változó áram jellemzői – A rádióamatőr –31. rész.....	44
Periódusidő és frekvencia – A rádióamatőr – 32. rész	45
A kondenzátor és a változó áram – A rádióamatőr – 33. rész	47
Az induktivitás és a változó áram – A rádióamatőr – 34. rész.....	48
A váltakozó áram – A rádióamatőr – 35. rész	49
A szinuszos váltakozó áram – A rádióamatőr – 36. rész	50
Körfrekvencia – A rádióamatőr – 37. rész.....	51
Passzív alkatrészek és a váltakozó áram – A rádióamatőr – 38. rész.....	52
Reaktanciák frekvenciafüggése – A rádióamatőr – 39. rész.....	53
Passzív alkatrészek veszteségei – A rádióamatőr – 40. rész	54
Az impedancia – A rádióamatőr – 41. rész.....	56
Soros rezgőkör – A rádióamatőr – 42. rész.....	57
Párhuzamos rezgőkör – A rádióamatőr – 43. rész	58
Rezonanciagörbe – A rádióamatőr – 44. rész	59
Veszteséges rezgőkör – A rádióamatőr – 45. rész	60
Rezgőkör jósága és sávszélessége – A rádióamatőr – 46. rész.....	61
A legegyszerűbb rádióvevő – A rádióamatőr – 47. rész	62
A detektoros rádió – A rádióamatőr – 48. rész	63
A detektoros rádió tulajdonságai – A rádióamatőr – 49. rész	64
A detektoros rádió és a rövidhullámok – A rádióamatőr – 50. rész.....	66
Detektoros rádió Q-sokszorozóval – A rádióamatőr – 51. rész	67
Detektoros rádió segédoszillátorral – A rádióamatőr – 52. rész.....	68
A rezgéseltő - azaz az oszcillátor – A rádióamatőr – 53. rész	69
A visszacsatolt egyenesvevő – A rádióamatőr – 54. rész.....	71
A szinkrodin vevő – A rádióamatőr – 55. rész.....	72

Gondolatok a szelektivitásról – A rádióamatőr – 56. rész	73
Sávszélesség követelmények – A rádióamatőr – 57. rész	74
A jelkeverési elvről – A rádióamatőr – 58. rész	76
Kétsávós szupervevő – A rádióamatőr – 59. rész	77
A szupervevő felépítése – A rádióamatőr – 60. rész	79
Rádióamatőr üzemmódok – A távíró – A rádióamatőr – 61. rész	80
Az amplitúdomoduláció I. – A rádióamatőr – 62. rész	82
Az amplitúdomoduláció II – A rádióamatőr – 63. rész	84
A DSB – A rádióamatőr – 64. rész	85
Az SSB I. – A rádióamatőr – 65. rész	87
Az SSB II. – A rádióamatőr – 66. rész	88
Az SSB III. – A rádióamatőr – 67. rész	89
Digitális jelátvitel – A rádióamatőr – 68. rész.....	90
Az RTTY I. – A rádióamatőr – 69. rész	91
Az RTTY II. – A rádióamatőr – 70. rész	93
Az SSTV – A rádióamatőr – 71. rész	94
Egyéb digitális jelátvitel – A rádióamatőr – 72. rész	95

Jegyzet

ELŐSZÓ

E sorozat célja a rádióamatőr hobbi bemutatása, népszerűsítése, megszerettetése mindazokkal, akik érdeklődést mutatnak a kommunikáció – távközlés egy mára már unikálisnak számító formája iránt. Kiadványunkban a Hajdú QTC adásaiban eddig elhangzott sorozat korábbi, és most ahhoz csatolva az újabb 12 rész (összesen 72 rész) kerül szerkesztett formában az olvasó kezébe.

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

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

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

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

HAJDÚ QTC – A RÁDIÓAMATŐR 1–72. – ELŐADÁSSOROZAT 2010–2015.

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

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

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

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

Budapest, 2016. február

HA2MN

A „drótdarab” (A rádióamatőr – 1. rész)

A következő sorozat azokhoz a fiatalokhoz, középkorúakhoz és idősebbekhez szól, akik valamilyen véletlen folytán behallgatnak a Hajdú QTC adásába, s azt tapasztalják, hogy valamiféle rádióamatőrködésről szól e műsor. Szép magyar nyelven beszélnek a műsor megszólalói, ám hogy miről, azt közember a sok szakmai kifejezés és szleng miatt meg nem értheti.

Vagyis ez a sorozat a rádióamatőrökről fog szólni a nem rádióamatőröknek. S még egy megjegyzés: mivel e sorozat elkészítésére én a becsületes nevemen vállalkoztam, azaz HA2MN néven (ez a hívójellem, így ismernek a világban), messzemenően szubjektív leszek. Azonban tudni kell, hogy ahány rádióamatőr létezik, annyiféle történetet hallhatunk.

Vágjunk is bele!

Amikor meglátok egy darab drótot, két dologra gondolok. Amennyiben a drótdarabot a két végén megfeszítjük és megpengetjük, a drót rezegni kezd és hangot fogunk hallani. E hang magassága függ a drótdarab hosszától; ha hosszú a drót, a hang mély, ha rövid a drót, akkor a hang sokkal magasabb lesz, azaz szaporább a rezgés. Máris felfedeztük a húros hangszereket. A drót rezgése átadódik a levegőnek, hanghullámok keletkeznek és a levegőben, vagy bármilyen más anyagú közegben terjednek tovább. Rögtön le is szögezhetjük, hogy világűr ürességében a hang nem terjed.

E drótdarabnak azonban van egy másik tulajdonsága is. A drótdarab fémből készül és közismert, hogy a fémek vezetik az elektromos áramot. Rögtön tanuljuk is meg, hogy áram alatt lévő drótdarabot tilos fogdosni, megérinteni, sőt bizonyos esetekben még a közelébe kerülni sem szabad!

A drótdarab különféle elektromos tulajdonságokkal rendelkezik. Ezek közül most csak egyet foglalkozunk, s pont azzal, amelyik hasonló tulajdonságokat mutat a megpengetett drót kísérletben tapasztaltakhoz. Ugyanis ez a drótdarab rendelkezik elektromos rezgésekhez köthető tulajdonságokkal is. E tekintetben tehát a drótdarab hasonló a pengetési kísérletben megállapítottakhoz, azaz minél rövidebb a drótdarab, annál szaporább elektromos rezgésekre rezonál, s minél hosszabb, annál lustább, vagyis az elektromos rezgések száma kisebb lesz. Ja és az azonos hosszúságú, megpengetett drót által kibocsátott hanghullámok rezgéséhez képest ezek az elektromos rezgések lényegesen szaporábbak, sokkal szaporábbak. Később még visszatérünk erre a jelenségre.

Ezt a drótdarabot a zenész húrnak nevezi, én viszont antennaként tekintek rá. Ehhez annyit kell még elmondani, hogy a drótdarabban folyó, nem állandó áram képes a drót körül hullámokat gerjeszteni az áram változása szerint. Ezek a hullámok azonban egészen mások, mint a hanghullámok, mert a továbbterjedésük nincs anyaghoz kötve. Sőt, akkor terjednek a legjobban, ha légüres térben tehetik azt. Az anyag jelenléte e hullámok terjedését rontja, más szóval csillapítja a hullámok intenzitását. S az is nagyon fontos, hogy e drótdarab nem csak arra képes, hogy az átfolyó váltakozó áram hatására hullámokat bocsásson ki, hanem arra is, hogy más drótdarabok által kibocsátott hullámokat felfogja és elektromos árammá alakítsa.

Már az eddig elmondottakból látszik, hogy nekem kedvencem minden drótdarab, mert ha egy rádióadót kapcsolok a drótra, láthatatlan, hallhatatlan hullámokat tudok útkra bocsátani vele. Valahol távol e világban, akár a világűrben mindig akad valaki, akinek szintén van egy drótdarabja és rádióevőt kapcsolva a drótra képes felfogni az én hullámaimat, s a rádióevője pedig azokat hallható, feldolgozható hanggá, jelekké alakítja. S ha éppen akad egy rádióadója, máris jön a válasz.

Azokat, akik ilyen dolgokkal nem hivatásszerűen foglalkoznak, rádióamatőröknek nevezük. A továbbiakban róluk, drótjaikról, rádióikról és az egymással folytatott összeköttetéseikről, kísérleteikről lesz szó.

A bevezető előadásban még egy adósságot kell törleszteniünk! Mit is jelent e műsor címe? A „QTC” egy nemzetközi kód, rádiós nyelven közleményt, közlemény, hírtovábbítást jelent. Vagyis a Hajdú QTC adását halljátok éppen.

Tele közleményekkel, hírekkel.

– *** –

Rádióamatőr tevékenység (A rádióamatőr – 2. rész)

A napokban úgy hozta az élet, hogy elektronikus levelet kaptam egy kommunikációt oktató amerikai tanárnőtől, aki diákjai számára szeretné bemutatni a rádióamatőr tevékenységet. Mint illő, azonnal megválaszoltam, s most e válaszból idézek.

„Szeretném jelezni, hogy a rádióamatőr tevékenység nem csak hobbi, hanem egyfajta kutatás is a természet- és a műszaki tudományok peremén. Amíg a professzionális rádió-kommunikáció biztonságos és jó minőségű távközlésre törekszik, a rádióamatőrök kihasználnak bármilyen apró de bizonytalan lehetőséget is arra, hogy kapcsolatot teremtsenek egymással. Például a rövidhullámok terjedése Napunk éppen aktuális állapotától függ, a Holdat tükörként használjuk egy Föld-Hold-Föld kapcsolat létrehozására, kizárólagos rádióamatőr célú műholdak keringenek a föld körül és rendszeres kapcsolatot tartunk a Nemzetközi Űrállomással a Nemzetközi Űrállomás Rádióamatőr Programja keretében. De sorolhatnám tovább is.

És még egy fontos tény: a hagyományos morze kód mindmáig a legbiztonságosabb kapcsolatteremtési mód a legbizonytalanabb terjedési körülmények esetén. Mert nincs gép, ami helyettesíteni tudná az emberi fület.

Ha egy diák belekerül a hobbiba, lehet, hogy érdeklődni kezd az elektronika, vagy a számítógép, akár a távközlés iránt, és az is előfordulhat, hogy életpályát ezen ágazatok közül választ.

Lényegében ez a rádióamatőr tevékenység a mai, komputerizált, korlátlan távközléssel és internettel jellemezhető korunkban. Mindezeket azért mondom el, mert a hobbit manapság sokan és gyakran félreértelmezik, emiatt a „miért legyünk rádióamatőrök mobiltelefonnal a zsebünkben” kérdésre ésszerű magyarázat rendkívül ritkán hallható.”

Bár a válaszom kissé idegenül hangozhat azok számára, akik még nem rádióamatőrök, egyáltalán nem szabad megijedni. Elég annyi, hogy azt a bizonyos drótot a kezükbe vesszük azzal a céllal, hogy antennaként hasznosítsuk. S máris benne vagyunk a közepében, mert ettől kezdve ezer kérdés fog felmerülni, és ha valóban antennát akarunk, nem lesz megállás. S ha idővel már sokat tudunk az antennákról, esetleg magunk is találhatunk új megoldásokat, nem kell ahhoz szakirányú képesítés. A rövidhullámok professzionális használatba vételéhez is lelkes amatőrök és nem a szakemberek taposták ki az utat közel egy évszázaddal ezelőtt.

Apropó: nemzetközi űrállomás. Tavaly Simonyi Karcsi (Charles Simonyi magyar származású űrhajós – Szerk.) második útján is lelkesen rádiózott Európa felett. Én egy egyszerű antennával és készülékkel így hallottam, íme egy részlet: [NA1SS Klip]

Karcsi ezen a pályán Írország déli partja felett vált Budapesten hallhatóvá és nagyjából a Fekete tenger keleti végében, Grúzia partjainál süllyedt a horizont alá a föld görbülete miatt. Ennek a pályának a hallhatósági ideje közel 10 perc volt, azaz Karcsi antennája ennyi ideig látta az enyémet

Karcsi az NA1SS hívójelet használta, angolul „en ej one esz esz”, ez a Nemzetközi Űr-állomás egyik hívójele. Tudni kell, hogy minden engedélyezett rádióamatőr rendelkezik egy hívójellel, ami egyedi és személyre szóló azonosító a világon.

A következő részben visszatérünk kedvencünkhöz, a drótdarabhoz, mert nélküle Karcsi is magányos lett volna odafent a világűrben. Sőt, oda se juthatott volna.

– *** –

Mágneses antennahatás (A rádióamatőr – 3. rész)

Az előző részben azt mondtuk, hogy a Nemzetközi Űrállomással, s akkor éppen Simonyi Karcsival csak addig tudtunk rádión beszélgetni, amíg az antennáink látták egymást. Valójában ez a helyzet csak bizonyos rádióhullámsávokra vonatkozóan igaz, más hullámsávok tekintetében nem szükséges, hogy az egymással rádiózni akaró rádióamatőrök antennái egymást lássák. Rácsatlakoztattam a rövidhullámú rádiómra egy darab drótot – azaz antennát és ezt hallottam az egyik amatőrsávban: [SV8PKE – Klip]

Ez az amatőr barátunk – hívójele SV8PKE – egy Samos nevű görög szigetről jelentkezik éppen. Nosza, vegyük elő az atlaszt és keressük meg, hogy hol is található Samos szigete. Miután megtaláltam, lemértem a távolságot és úgy adódott, hogy Samos tőlem 1200 km távolságra található. Kizárt, hogy az antennáink látnák egymást.

A következő amatőr, akit hallottam (nem is rosszul) egy kicsit távolabb található: [W3JK – Klip]

Az ő hívójele W3JK és az USA New York államából, New York városától nem messze ül a rádiója előtt. Nosza, elő az atlaszt ismét, lemérve a távolságot 7000 km-t kapok a két antenna távolságára.

Az eddig tapasztalatokból a következő kérdések vetődnek fel.

1. Mit tud ez a drótdarab, hogy ilyen csodákra képes?
2. Mik azok a rádióhullámok és miért viselkednek olyan furcsán, hogy egyszer látniuk kell egymást a drótoknak, máskor meg nem.
3. Miért idegen nyelven (általában angolul) beszélnek egymással a világ rádióamatőrei?

Ez alkalommal a drótdarab tulajdonságaival foglalkozunk behatóbban, a többi kérdésre még bőven jut idő később.

A drótról tudjuk, hogy fémből készült, vezeti az elektromos áramot. Ha egy drótdarab két végére áramforrást kapcsolunk (legyen az egy lemerült, már másra nem használható elem, ami még képes valamennyi áramot leadni), azt fogjuk tapasztalni, hogy a drótban az elem feszültsége hatására áram folyik. Az áram hatására mágneses tér alakul ki a drót körül. Például egy érzékeny iránytűt a drót közelébe helyezve a mágnesű, aminek egyik vége mindig északi irányba mutat, ki fog térni az északi irányból.

Az is igaz, ha a drótdarabunk két végére feszültségmérőt (voltmérőt) kapcsolunk, és mágneset mozgatunk a közelében, a feszültségmérő bizonyos kitéréseket fog produkálni. Azaz a drótdarab nem csak létrehozni tudja a mágneses teret, hanem annak változását is

képes érzékelni. Ugyanis a mágneses tér változásának hatására a két végén elektromos feszültség mérhető.

Ahhoz, hogy egy drótdarab változó mágneses teret hozzon létre, a benne folyó áram nagyságát kell folyamatosan változtatni. A közelében lévő másik drótdarab viszont érzékeli a mágneses tér változását és végein a változásnak megfelelő feszültség lesz mérhető. S íme, máris felfedeztük az antennahatás mágneses komponensét, egyúttal magát az antennát is. Mert egy drótdarab akár adó, akár vevőantenna is lehet. Van azonban egy másik hatás is, ez az elektromos tér hatása, amellyel a következő részben foglalkozunk. Közben behallgatunk ismét a rádióamatőr sávba: [HA0KA – Klip]

Ni, csak, itt magyarul is beszélnek. Pista barátunk, hívójele HA0KA Debrecenben lakik. Éppen egy szlovákiai amatőrtárssal fejezi be az összeköttetést. Pista és partnere antennája sem látja az enyémet. A közelség ellenére kicsit gyengébben veszem az adásukat, mint Ken barátunkét New Yorkból. Normális állapot ez, ugyanis ezen a hullámsávon még jó hogy egyáltalán hallom Pistát és szlovák partnerét, miközben New York itt dübörög. Ilyenek ezek a fránya rádióhullámok.

– *** –

Elektromos és mágneses jelenség, villámlás (A rádióamatőr – 4. rész)

Az előző részben felfedeztük kedvenc drótdarabunk egyik különleges elektromos tulajdonságát. Azaz a két végére kapcsolt áramforrás hatására a drótdarabban elektromos áram folyik, amely a drótdarab körül mágneses teret hoz létre. Amennyiben a drótdarabon átfolyó áramot változtatjuk, a mágneses tér megváltozik és egy másik drótdarabban e változás elektromos feszültséget kelt. Tehát felfedeztük a mágneses antennahatást.

De mi van akkor, ha a drótdarab egyik végére jó nagy, és állandó feszültséget kapcsolunk?

A drótdarab körül ilyenkor kialakul egy úgynevezett elektromos erőter. Amennyiben a feszültség nem változik, akkor a drótdarabban áram nem folyik, ez az erőter állandó – vagyis az erőter statikus. De mihez képest tudjuk az erőteret kialakítani?

A feszültségforrás másik végét valamihez kell kötni, ami vezeti az elektromos áramot. Ez az ellenpólus. Amennyiben kellően nagy kiterjedésű, akár földnek is értelmezhetjük. Valójában a föld eredeti értelmében magát a földgolyót jelenti, amely a talajban található nedvesség, az álló és a folyóvizek miatt valóban jó elektromos vezető. Tehát ez esetben a viszonyítás alapja az általánosan megfogalmazott föld. Mondjunk erre egy példát: A felhők keletkezésük során elektromos töltést nyernek, azaz a felhőkben egyre nő az elektromos feszültség a földhöz képest. Kialakul egy elektromos erőter, amely – ha túl nagyra növekedik, villám formájában egyenlítődik ki. Ilyenkor a földből az elektromosan szigetelőképességét elvesztő levegőn keresztül töltések áramlanak a felhőbe, heves fény és hangjelenség kíséretében.

(Megjegyzés:

Ugyanez a jelenség két felhő között is létrejön, ha a felhők között az adott pillanatban kellően közel vannak egymáshoz és nagy elektromos töltéskülönbség van. Valójában az összes villám töredéke „csapódik” a földre, a villámok többsége – azaz töltés kiegyenlítő – a felhők között alakul ki.)

Van azonban egy másik, az érzékszerveink által nem észlelhető hatás is: ez a rádióhullámok keletkezése villámcsapáskor. Ugyanis a villámban a jelenség ideje alatt nagyon gyorsan változó áram folyik és a felhő elektromos erőtere nagyon gyorsan letörik, azaz szintén változik. Vagyis a villámot felfoghatjuk egy rádióhullámot keltő, egyben antennaként viselkedő jelenségnek. Valóban így van; ha bekapcsolunk egy rádiót, a közeli villámokat igen jól hallhatjuk, a távoliak pedig halkabb sercegésként jelentkeznek. A következő felvételen távoli villámok által okozott sercegést, recsegést hallunk a 40 méteres rövidhullámú sávban: [Távoli villámok – Klip]

E villámok keletkezési helye feltételezhetően az Atlanti óceán egyenlítői térségében lehetett, azaz meglehetősen távol az antennámtól.

Az elektromosan értelmezett földről még annyit, hogy vajon mi a helyzet a világűrben. Elektromos földet mesterségesen is létre tudunk hozni egy nagyobb kiterjedésű fémfelület, esetleg egy, vagy több drótdarab segítségével. Ilyen lehet egy úrhajó fémteste, vagy drótokból kiépített ellenség. Így máris megvan a viszonyítási pont.

Miután megtaláltuk az egyetemesen értelmezhető viszonyítási megoldást, a következő részben folytatjuk az elektromos erőter vizsgálatát.

– *** –

Elektromágneses hullám (A rádióamatőr – 5. rész)

Az előző részben kísérletet tettünk arra, hogy viszonyítási lehetőséget keressünk a darab drótunkra kapcsolt igen nagy feszültség tekintetében. E viszonyítási pontot a föld, illetve egy virtuális földnek elnevezhető másik darab drótban, drótokban, vagy más elektromosan vezető szerkezetekben találtuk meg.

Másik felfedezésünk a villám, mint elektromos és mágneses jelenségeket gerjesztő, egyben antennaként, azaz elektromágneses – mondjuk ki: rádióhullámokat gerjesztő és kisugárzó jelenséggé váló azonosítása volt.

Amikor egy darab dróra nagyon nagy elektromos feszültséget kapcsolunk, a drót körül elektromos erőter jön létre. Ez az erőter a drót közelében nagyon erős, a távolság növelésével drasztikusan csökken és csak végtelen távolságban válik nullává. Megjegyezzük, hogy ez a szabály érvényes a mágneses erőterre is.

Amennyiben a dróra kapcsolt feszültség állandó, az erőter is állandó és a drótban nem folyik áram. Amennyiben a dróra kapcsolt feszültséget változtatjuk, akkor a drót körüli erőter is változik. Ugyanakkor a változásnak megfelelően áram is folyik, mégpedig azért, mert vagy még több elektromos töltést pumpálunk a drótba, hogy növekedjen a feszültség, vagy elektromos töltést engedünk le a drótból, hogy csökkenjen a feszültség. Ahol pedig áram folyik, ott létrejön a mágneses tér is, tehát a drót körül kialakul egy komplex tér, amelynek elektromos és mágneses komponense van. Ezt az erőteret nevezzük elektromágneses erőternek. S mivel e tér változás csak a végtelen távolságban lesz egyenlő nullával, a változás a térben elektromágneses hullámként terjed tova. A változás szaporaságától függően e hullámok egy része a rádióhullámok tartományába tartozik.

Az elektromos erőter klasszikus, mindenki számára jól látható gyakorlati megjelenési formája a nagyfeszültségű távvezeték. E távvezetékben igen nagy feszültségen viszonylagosan kis áram átfolytatásával hatalmas mennyiségű villamos energiát továbbítanak. A vezeték megközelítése is életveszélyes, hiszen olyan hatalmas az elektromos térerő a vezeték körül, hogy emberi test két végpontja közötti térerő (emiat a feszültség-) kü-

lönbség akkor is halálos áramütést okoz, ha a vezetéktől való távolságunk még csak néhány méter.

A vasúti vontatás ugyan ennél jóval lényegesebben kisebb feszültséget használ, a felső-vezeték megközelítése ott is életveszélyes. Ugyanakkor a világon használt elektromos berendezések, működjének azok bármilyen feszültségről, elektromágneses hullámokat bocsátanak ki. Ahol elektromos feszültséget használnak, ott áram folyik, s igen gyakori esetben állandóan változó áram és/vagy feszültségről van szó.

Emiatt, noha nem tudunk róla, életünket folyamatosan jelen lévő elektromágneses erő-térben éljük. S mivel testünk jó elektromos vezető, antennaként viselkedünk. E hatást például a tranzistoros rádióknál jól lehet hasznosítani; ha gyenge a rövidhullámú vagy az ultrarövid-hullámú vétel, a rádió antennáját megfogva jelentős javulás tapasztalható. Viszont más elektromos vezetéket nem fogdosunk, sőt meg sem közelítünk, ha valóban rádióamatőrre és nem elektromos baleset áldozatává szeretnénk válni

A következő részben sem tudunk elszakadni kedvenc drótdarabunktól, ami azért sokkal hatékonyabb antenna, mint a saját testünk.

– *** –

Az adó- és vevőantenna elve (A rádióamatőr – 6. rész)

Mint azt az előző részben megígértük, továbbra is maradunk a kedvenc drótdarabunknál. Jogosan merül fel a kérdés, hogy ha a rádióamatőr hobbiról értekezünk, miért ragadunk le e témánál, hiszen ott vannak a rádiók, melyek valaha az analóg elektronika, ma már inkább a számítástechnika csodáit képviselik. Nos, hiába lenne csodarádióknk, mert ha nem létezne a kedvenc drótdarabunk, semmire nem jutnánk. Teljes mértékben igaz, hogy a vezeték nélküli távközlés világában barangolunk, azért egy kis szabadtérben kifeszített drótra, vastagabb formájában fémrúdra mindig szükség lesz ahhoz, hogy a rádió-csodák működjének.

Amikor egy két végén kifeszített drótot megpengetünk, a drót jobbra, balra heves kilengésbe kezd és valamiféle hangot is megfigyelhetünk. Ezt a kilengést mechanikus rezgésnek nevezzük. A rezgés a pengetés hatására először igen nagy, s ha várunk, idővel megszűnik, azaz csillapodik. Egy idő eltelte után pedig a drótdarab felveszi a nyugalmi állapotát. Ezt a fajta rezgést csillapított rezgésnek hívjuk. Ha a pengetést nem hagyjuk abba, akkor a drótdarab mindaddig rezeg, amíg a pengetést be nem szüntetjük. Ezt a fajta rezgést most önkényesen nevezzük el csillapítatlan rezgésnek. Ekkor ugyanis pengetés által a drótdarabbal folyamatosan energiát közlünk, azaz folyamatos rezgésre kényszerítjük. Vagyis nem hagyjuk, hogy a drótdarab nyugalomba jusson.

Még egy érdekes megfigyelést tehetünk: ha rövid a két végén rögzített drótdarab, a rezgése szapora, míg a hosszú drótdarab esetén a rezgése lomha lesz. Azaz az első esetben magas hangot, míg az utóbbi esetben mély hangot hallunk.

Ezen az elven működnek a húros hangszerek.

A drótdarabot azonban elektromos árammal is meg tudjuk pengetni (adóantenna), továbbá minden elektromos vezetőt az elektromágneses hullámok folyamatosan megpengetnek (ez a vevőantenna). Tehát ha valahol látunk egy drótdarabot, az bizonyosan meg van pengetve a minket körbevevő elektromágneses hullámok sokasága által.

A drótdarabra kényszerített elektromos megpengetés eredménye nem mechanikus rezgés, hanem elektromágneses tér keletkezése. A vevőantenna esetében pedig az elektromágneses terek a vevőantennában elektromos feszültséget indukálnak, amelyet igen érzékeny műszerrel mérni is képesek vagyunk. A rádióvevő például egy ilyen műszernek tekinthető, amely nem csak mérni képes az elektromágneses terek által az antennában indukált picike feszültséget, hanem képes arra is, hogy a sok millió forrásból (rádióadóktól) származó jelek közül kiválassza azt az egyet, amelyet hallgatni akarunk (ezt a képességet nevezzük szelektálásnak). A kiválasztott picike jelet azután a rádióvevő képes felerősíteni és füllel hallható hanggá átalakítani.

Noha a pengetés módja szerint elkülönítettük az adó és a vevőantennát, valójában kedvenc drótdarabunk mindkét feladatot egymagában képes ellátni. A gyakorlatban egy antennával tudjuk üzemeltetni a rádió adóvevőnket; adáskor a rádiónkból érkező elektromos jel pengeti az antennát, vételkor pedig a távoli elektromágneses terek pengetik azt. Meg kell jegyezni azonban, hogy ez kompromisszumos megoldás, ugyanis valójában az antennákat elméletileg el kell különíteni adó és vevőantennákra. Az adóantennával szemben az a követelmény, hogy a bevezetett elektromos energia minél nagyobb részét alakítsa át elektromágneses energiává, a vevőantennával szemben pedig az a követelmény, hogy a távoli forrású elektromágneses térből minél nagyobb elektromos jelet produkáljon. Az adóantenna e feladatnak nem tesz eleget, az ideális jelbefogáshoz (vételhez) más elvű antennát kell építeni.

A következő részben tovább vizsgáljuk az elektromosan megpengetett drótdarabunk tulajdonságait.

– *** –

Elektronáramlás (A rádióamatőr – 7. rész)

Az előző részt azzal fejeztük be, hogy tovább vizsgáljuk az elektromosan megpengetett drótdarab tulajdonságait.

Mindenekelőtt az a kérdés vetődik fel, hogy a drótdarab miért pengethető meg elektromosan, s a szarítókötél vajon miért nem? A drótdarab mindig fémből készül, a közönséges szarítókötél viszont általában valamilyen műanyagból, kenderkötélből. Mint köztudott, a fémek vezetik az elektromos áramot, a közönséges műanyagok, a szarított növényi rostok viszont nem. Vajon mi ennek az oka, vajon mi történik, vajon hogyan zajlik ez a láthatatlan folyamat az elektromos vezetők belsejében, s vajon mitől nem áramvezetők a szigetelők?

Magyarázatunk egyszerű lesz, kivételes tulajdonságokkal, jelenségekkel most nem foglalkozunk. Anyag alatt a földünket alkotó kémia elemeket és az azokból képződött vegyületeket értjük a továbbiakban.

Elektromos áramnak nevezzük az elektronok áramlását.

Vannak anyagok, amelyekben, normál állapotban, valamilyen külső hatás következtében minden körülmények között, minden irányban létrehozható az elektronok áramlása. Ezeket vezetőknek hívjuk. E kategóriába tartozik a kedvenc drótdarabunk is.

Vannak olyan anyagok, amelyekben csak egyirányú elektronáramlás valósítható meg, azaz az elektronok mozgatása képszerűen szólva – mondjuk balról jobbra vagy letről felfele idézhető elő valamilyen külső hatással. Ezek az anyagok tehát az egyik irányban vezetők, a másik irányban viszont szigetelők. Nevük félvezető.

Az anyagok nagy többségénél normál állapotban, normál külső hatások nem tudják az elektronokat áramlásra kényszeríteni, ezért ezeket az anyagokat szigetelőnek nevezzük.

Az ismert világegyetemet alkotó anyag különféle elemekből és azok vegyülékéből, azaz kémiai vegyületekből áll. Vannak olyan anyagállapotok is, amelyekben a különféle elemek összekeverednek, de kémiai úton nem kapcsolódnak egymáshoz. Ezek egyik tipikus példája a fémek esetében az ötvözetek, ahol különféle elemi fémeket olvasztunk össze, hogy egy új, valamilyen szempontból kedvezőbb tulajdonságú fémeket kapjunk. A fém alkotóelemei az atomok nem kapcsolódnak kémiai úton egymáshoz, csupán keverednek.

Az elemek felépítése a következő. Az atommagot, amely a pozitív töltésű protonból és a semleges neutronból áll, elektrópályák veszik körül. Ezek a pályákon különféle számú negatív töltésű elektron kering, mint a nap körül a bolygók. A fémeknél a legkülső pályán összesen egy elektron kering. Ez az elektron valamilyen külső hatással könnyen kibillenthető a pályájáról, ennek következtében kilöki a szomszédos atom külső elektronját annak pályájáról és annak helyén kering tovább. Ez a hatás fénysebességgel terjedő elektron pályaváltást idéz elő az egész anyagban. Ha e folyamatot távolról nézzük, úgy látjuk, hogy az elektronok áramlanak a fémekben. Valóban így van – maguk az elektronok áramlanak, azonban igen lassan, hozzávetőlegesen centimétereket másodpercenként. Viszont a lökdösődés által keletkezett hatás továbbterjedési sebessége fénysebességű.

A legjobban úgy érthetjük meg ezt a jelenséget, ha egy hosszú vályúban billiárdgolyókból kialakítunk egy szorosan összezárt sort. Ha a sor elején álló golyót egy picit meglökjük, a sor utolsó golyója is azonnal elmozdul, noha a sorban lévő összes golyó csak egy nagyon picit mozdult előre.

Ezzel a példával pontosan le is írtuk az elektronáramlás folyamatát. Még annyit, hogy az elektronok folyamatos áramlása akkor tud létrejönni, ha az első atom kilökött elektronja valahonnan pótolható. A következő részben meg fogjuk nézni, hogy honnan, és folytatjuk az anyagok, közöttük a kedvenc drótdarabunk elektromos tulajdonságainak elemzését.

– *** –

Áramvezetés, áramkör (A rádióamatőr – 8. rész)

Az előző részben megállapítottuk, hogy kedvenc drótdarabunk fémből készült. A fémek olyan tulajdonsággal rendelkeznek, hogy a fématom körül különféle elektrópályákon különféle számú elektron kering, azonban a legkülső pályán csak egy elektron található. Meghatározott külső hatásra ez az elektron kilöki a szomszédos atom külső elektronját és annak helyén kering tovább. E folyamat a fémekben – a külső hatástól függő, annak megfelelő irányú elektronáramlást indít el. A fémek tehát vezetési irány szempontjából feltétel nélküli elektromos vezetők.

Az első kilökött elektron hiányát azonban pótolni kell, hogy az elektronok áramlása létrejöhessen. Amennyiben a pótolhatóság nem biztosított, hiába a külső hatás, elektronáramlás nem jön létre. Ekkor nyitott áramkörrel beszélünk.

(Megjegyzés:

A külső hatás nyitott áramkör esetén az elektronokat nem tudja mozgásra készíteni, de az elektronok mozogni szeretnének, emiatt feszültség alatt állnak. Ez egyben azt is jelenti, hogy minél nagyobb a külső hatás, annál nagyobb az elektronokat mozgásra készítő hatás, azaz a feszültség, amit elektromos feszültség formájában egy alkalmas mérőműszerrel meg is tudunk mérni.)

A zárt áramkört úgy képzeljük el, hogy a drótnak két végét összekötjük és például külső hatásként a hurkot egy erős mágnes gyors mozgásával „ingereljük”. E hatás eredményeként a hurokban megindul az elektronok áramlása, amit egy, a hurokba sorosan bekötött árammérő műszerrel ki is tudunk mutatni. Ha sokmenetű tekercset készítünk és a két huzalvégződésre egy kis teljesítményű izzólámpát kötünk, a mágnes megfelelő mozgásával azt is elérhetjük, hogy az izzólámpa világitani kezd (lásd kerékpárdinamó).

Amennyiben nagyban nézzük ezt a jelenséget, vegyünk egy elektromos áramot termelő erőművet, amelyre elektromos fogyasztók tömkelege csatlakozik. Az elektronáramlást a generátorok forgatása gerjeszti, az újtára indított elektronok pedig a fogyasztókon keresztül térnek vissza a generátorokba. A generátorok hasonló elven működnek, mint a kerékpárdinamó, csak hatalmas méretű forgógépek. Az erőmű teljesítményét az szabja meg, hogy mennyi elektront milyen elektromos potenciálkülönbséggel (feszültséggel) képes mozgásra bírni.

A fogyasztókon az elektronok „átverekszik” magukat, közben munkavégzésre kényszerülnek. Nagyjából pontosan annyi munkát végeznek el, amennyit a generátorok forgatásába befektettünk. Tehát az elektronok mozgása zárt körben valósul meg, úgy, hogy az első atommag pályáról kilökött elektront egy, a kört már megjárt elektron pótolja.

A fémek között az elektromos vezetőképességet illetően jelentős eltéréseket tapasztalunk. A legjobb elektromos vezető az ezüst, majd a réz, az arany és az alumínium következik a rangsorban. A vas és az acél például valahol hátrébb kullog e tekintetben. Drótdarabunk (és rádióantennánk) ideálisan ezüsből lenne a legjobb, de a gyakorlatban meg kell elégednünk a rézhuzallal vagy sodrattal, illetve az alumínium csövekkel és idomokkal. A felsorolt jól vezető fémeknek, az alumínium kivételével, nagy szerep jut az elektronikában. Például egy számítógép tömegre számítva a gépből kitermelt arany mennyisége (főleg az aranyozott csatlakozók miatt) még jobb is lehet, mint egy aranybányáé azonos megmozgatott földtömegre számítva. Persze az iparilag felhasznált arany a bányákból kerül ki, sajnos az elektronikai ipar éhségét tekintve nem a kellő mennyiségben.

Az alumíniumot olcsósága miatt főleg a villamos energia és az erősáramú iparban használják.

A következő részben megvizsgáljuk, hogy mitől függ a fémek elektromos vezetési tulajdonsága.

– *** –

Vezetők, szigetelők (A rádióamatőr – 9. rész)

Az előző részben megismerkedtünk az elektromos áramot feltétel nélküli vezető anyagokkal, azaz a fémekkel, és taglaltuk az áramvezetés okait. A fémeket az áramvezetési képességüknek megfelelően sorrendbe is raktuk, felsorolva a legjobb vezetőket (ezüst, réz, arany, alumínium). A sor természetesen folytatható lenne és a vasat nem találnánk az élbolyban.

A fémekben az áramlás során az elektronok akadályba ütköznek, ez okozza a fémek áramvezető képessége közötti különbséget. Amennyiben egy elektron az egyik atomról próbálván átjutni a másik atom körüli külső elektronpályájára, de akadállyal szembesül, az elektron elveszíti energiáját, s az hővé alakul. Ezt a jelenséget ellenállásnak hívjuk, s ez az ellenállás minden vezető anyagban normál körülmények között fennáll. Mivel anyagjellemző, neve fajlagos ellenállás. Normál körülményektől eltérő esetben a fajlagos ellenállás értéke nulla (azaz szupravezetési) állapottól a nagyon megnövekedett értékig változik. Fogadjuk el általános szabálynak, hogy egy adott vezető anyag fajlagos ellenállása a hőmérséklet növekedésével nő, azaz drótdarabunk nagyobb ellenállást

mutat a szobahőmérsékletnél magasabb hőmérsékleten. Hűtéssel az eredmény fordított, csökken az ellenállás mindaddig, amíg egy megadott, nagyon alacsony hőmérséklet esetén az adott anyag elveszíti az elektromos ellenállását, azaz szupravezetővé válik.

Legegyszerűbb példa az elektromos ellenállás hőmérsékletfüggésének bemutatására az izzólámpa. Az izzólámpa wolframszálán átfolyó elektronok a wolframot fehér izzásig hevítik, ekkor sokkal nagyobb a szál ellenállása, mint az a bekapcsolás előtt kapott mérési érték volt.

Az anyagok másik nagy csoportja a szigetelők közé tartozik. A szigetelők normál körülmények között semmilyen irányban nem vezetik az elektromos áramot. Ezek az anyagok a kémiai elemek azon csoportját képezik, ahol az atom körüli külső elektronpályán 8 vagy 5, 6, 7 elektron kering. Ezek az anyagok nem képesek elektront veszíteni, viszont arra képesek, hogy külső elektronpályájukat kiegészítsék szabad elektronokkal. Ettől kezdve elektronáramlás ezen anyagokban normál körülmények között nem alakul ki, azaz elektromos szempontból szigetelőként viselkednek.

Ilyen kémiai elem például az elemi kén, amely 6 külső elektronnal rendelkezik, a gázok közül a könnyű elemi gázok 7 vagy 8 külső elektronnal. A száraz levegő is kiváló szigetelőanyag.

A szigetelő anyagokat leginkább vegyületként ismerjük, ezek rendkívül széles kombinációja létezik természetes előfordulással, de inkább mesterséges előállításban. Ilyen például a porcelán, az üveg, a gumi, a műanyagok számos fajtája, valamint nedvességet nem tartalmazó papírok és a száraz faanyagok is.

A szigetelőanyagok jellemző tulajdonsága, hogy bizonyos nagyon nagy elektromos feszültség hatására az anyagszerkezeti stabilitás összeomlik és a szigetelési képesség letörik, azaz vezetővé válnak. Ennek durva következményei vannak, a jelenséget átütésnek nevezzük. Az átütési feszültség függ az anyag tulajdonságaitól, annak vastagságától. Rendkívüli átütéseket okozhat például anyaghiba is, amely a gyártás során keletkezett és nem észrevehető a felhasználás során.

Ezért minden forgalomba hozott elektromos készüléket, alkatrészt átütési szempontból úgy vizsgálnak, hogy meghatározott nagy feszültségre kapcsolják és a szigetelésnek nem szabad átütést produkálnia.

A következő részben a félvezetőkkel foglalkozunk, ez az anyagcsoport képezi a korszerű elektronika legfontosabb alapanyagát.

– *** –

Félvezetők

(A rádióamatőr – 10. rész)

Az előző részben megtárgyaltuk a szigetelőanyagok tulajdonságait. Ezúttal a félvezetőről ejtünk szót. Meglehetősen bonyolult területre érkeztünk, hiszen az utóbbi évtizedekben az anyagfizika az egyik legkutatottabb területe az alkalmazott tudományoknak. Az eredmények villámgyorsan átkerültek a gyakorlatba, forradalmasították az elektronikát és az informatikát. A téma megbeszélését azonban csak az alapokra korlátozzuk. Ugyanakkor szólnunk kell arról, hogy kedvenc drótdarabunk rádiós szempontú használatba vételéhez manapság már a félvezetőkkel készült elektronikai alkatrészek nélkülözhetetlenek.

A félvezetőről alapvetően kijelenthetjük, hogy bizonyos feltételek teljesülése esetén csak egy irányban vezetik az elektromos áramot, az ellenkező irányban pedig szigetelőként viselkednek. Ez azt jelenti, hogy az elektronok csak egy adott irányban képesek áramlani az ilyen anyagokban, s csak akkor, ha bizonyos nagyságú elektromos feszültség kényszeríti az elektronokat a külső elektronshéj elhagyására.

Azon elemek, amelyeknek a külső elektronhéján általában négy elektron kering, elektromos szempontból instabilnak tekinthetők. Ha visszaemlékszünk a szigetelőkre, ott a nyolc külső elektron teljesen stabil atomszerkezetet alkot, tehát normál körülmények között ezen anyagokban semmiféle elektronáramlás nem jön létre.

A félvezetők, lévén instabil atomszerkezetűek a négy elektronnal, másként viselkednek. Bizonyos nagyságú és polaritású elektromos feszültség hatására a külső elektronhéjat képes elhagyni az elektron, ezáltal az anyag vezetővé válik, de csak egy irányban. Amennyiben megfordítjuk az elektromos polaritást, a négy elektron mellé az atom még felvesz négy elektront, ezáltal stabil szigetelőanyaggá válik, mindaddig, amíg a rákapcsolt ellenirányú feszültség fennáll és más elektromos hatás (polaritásfordulás, rövidzár) nem következik be.

A legismertebb félvezető anyagok a germánium, szilícium, szén. A szén csak akkor félvezető, ha grafitná kristályosítjuk. Kezdetben az elektronikában a germánium kezdett elterjedni, alig valamivel később a szilícium pedig szinte teljesen kiszorította a jobb tulajdonságai miatt. A szén a nagyfokú hőmérsékletfüggése miatt nem terjedt el a gyakorlatban, noha egy grafit ceruzabél és egy borotvapenge, továbbá a kedvenc drótdarabunk segítségével is építhető egy rádió vevőkészülék (megjegyzem, hogy azért sokkal jobb eredményt érhetünk el a germánium diódával).

Anyagtulajdonságaiktól és szerkezeti felépítésüktől függően a félvezetők több alapvető funkciót látnak el az elektronikában:

1. Alkalmazhatók elektromos kapcsolóként (dióda, tirisztor, tranzisztor),
2. Alkalmazhatók szilárdtest erősítőelemként (tranzisztor),
3. Alkalmazhatóak fényforrásként (világító dióda),
4. Alkalmazhatók napelemként (a fényt elektromos árammá alakítják),
5. Alkalmazhatók érzékelőként, azaz szenzorként (fény, gamma sugárzás, mágneses mező) és
6. Alkalmazhatók egyéb célokra (töltéstárolónak, feszültségstabilizátornak, stb.).

A félvezetők láthatatlanul is körülvesznek bennünket. Ezer és millió számra találhatóak meg a rádiókban, számítógépekben, mobiltelefonokban, a szórakoztató elektronikai eszközökben, a háztartási gépekben, a gépjárművekben és az ipari gyártósorokban is. De a sort lehetne folytatni...

A következő részben még szót ejtünk a félvezetőkről.

– *** –

A dióda és a tranzisztor (A rádióamatőr – 11. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a félvezető anyagok alapvető tulajdonságaival és néhány példát említettünk széleskörű alkalmazásaikból.

Most a két legfontosabb félvezető alkatrészt vesszük szemügyre. Ahhoz, hogy kedvenc drótdarabunkból, azaz az antennákból érkező elektromos jeleket füllel hallhatóvá tegyük, feltétlenül szükségünk van egy diódára. A dióda semmi mást nem csinál, mint az antennából érkező igen szaporán váltakozó jelekből (amelyek polaritása az egyik pillanatban pozitív, a másikon negatív), csak az egyik polaritású jelet engedi át, attól függően, hogy a diódát hogyan kötjük az antennához. Ez a félvezető tulajdonság lényege.

Ha a diódával párhuzamosan kötünk egy nagyon régi fülhallgatót és a másik végét a földre kötjük, máris elkészült az első rádióvevőnk. A fülhallgatóban megszólalnak az an-

tenna által felvett rádióadók. Igaz egy nagy katyvaszt alkotva, amelyek közül domináns a legerősebb adóállomás lesz, jellemzően egy közelben működő középhullámú műsorszóró rádióadó. De a háttérben ott zavarognak a távolabbi rádióadók is. Nem tökéletes a vétel, mert zavart és minden egyszerre szól, de ezzel elkészült az első rádiónk. Természetesen minél hosszabb a drótdarab és minél magasabban van az antenna, annál erősebben halljuk a helyi és távolabbi rádióállomások egyvelegét.

Ez az a pont, ahonnan a rádióamatőrség indul. Ugyanis innentől kezdve az lesz az igényünk, hogy egyszerre csak egy rádióadó szóljon, az minél erősebb legyen, lehessen más rádiókat is venni minél távolabbról, majd hallhatóvá tegyük a gyenge állomásokat és végül a rövidhullámú sávokban dolgozó rádióamatőröket. Tanulással töltött némi idővel később már a rádióamatőr forgalomban találjuk magunkat, távoli kontinensekkel, rádióamatőrökkel forgalmazva antennánk és a rádió adóvevőnk segítségével.

De térjünk vissza a diódához. A fent vázolt legegyszerűbb rádióvevő megépítéséhez fil-lérékért vásárolhatunk germániumdiódát, a régi típusú fülhallgató helyett pedig használhatjuk a komputerünk mikrofonbemenetét, vagy más erősítőt. Mindaddig, amíg magunk nem építünk egyszerű erősítőt, ami ahhoz kell, hogy a mai fülhallgatókban is halljuk a gyenge jeleket.

A majdan megépítendő erősítőnk legfontosabb alkatrésze a tranzisztor. A tranzisztor egy olyan félvezető, amelyen a keresztülfolyó áramot vezérelni tudjuk egy igen kicsi jellel. Ez a tranzisztor dolog úgy működik, mint egy vízcsap. Van egy befolyócső a vízvezetékhez, ez a tranzisztornál az egyik kivezetés. Van egy kifolyócső, ahol a csapból kifolyik a víz (a tranzisztornál ez a második kivezetés). S végül van egy szelep, amivel kifolyó víz mennyiségét és a kifolyás intenzitását tudjuk szabályozni (ez a tranzisztornál a harmadik kivezetés). Amennyiben a szelep zárva, a víz nem folyik. Kinyitva a szelepet először csak igen vékony sugárban, majd tovább nyitva egyre erősebb intenzitással folyik a víz, végül teljesen kinyitva óriási erővel, zubogva ömlik.

Kivételes esetektől eltekintve nem szoktuk teljesen kinyitni a szelepet a kiömlés hevesége miatt. A szelep nyitottsága által tudjuk szabályozni a kifolyó víz intenzitását. A szelep szabályozásához igen kicsike erő szükséges, a kifolyó víz erejénél jóval kisebb. Ha a kifolyó víz útjába egy kis turbinát teszünk, a víz megpörgeti azt (s azzal elektromos áramot is tudunk fejleszteni). Ez a terhelés a tranzisztornál. A tranzisztorhoz az energiát a telep (elem, akkumulátor, tápegység) szolgáltatja. Ha kinyitjuk a tranzisztor a vezérlőelektrodába befolytatott picike árammal, a tranzisztoron keresztül megindul a telep által szolgáltatott áram. Terhelésként iktassunk be egy fülhallgatót a kifolyó vezetékbe, s azt kapcsoljuk a telep másik sarkához. Ha a diódánál leírt rádióvevő jelét a tranzisztor vezérlő kivezetésére kapcsoljuk, a picike vezérlőáram szabályozni fogja a tranzisztoron átfolyó áramot és a fülhallgatón a telepből nyert energia segítségével jóval hangosabban fognak megszólalni a diódás vevőnk által detektált rádióállomások. Ezt a jelenséget hívjuk erősítésnek.

A következő részben folytatjuk a tranzisztorral való ismerkedést.

– *** –

Vezérelt tranzisztor és az elektroncső (A rádióamatőr – 12. rész)

A tranzisztorról azért érdemes beszélgetni, mert néhány évtizede a modern elektronika forradalmian új építőelemévé vált, s lehetővé tette, hogy a feltalálása idején még kezdetleges állapotban lévő digitális technika beköltözzék az otthonunkba a hordozható rádió, modern TV, a számítógép és más elektronikus fogyasztási cikkek formájában. S

azt se felejtjük el, hogy egy békés séta, kirándulás közben is fel vagyunk cicomázva tranzisztorok millióival karóránk, mobiltelefonunk, médialejátszónk, hordozható amatőr rádióink tekintetében – kinek éppen mi tetszik.

A tranzisztor két alapvető fajtáját említjük meg: noha később, csak 1948-ban találták fel az áramvezérlésű tranzisztort, a kezdeti időkben ez terjedt el az elektronikában. Az áramvezérlést már az előző részben említettük, most ismétlésként annyit, hogy a vezérlőelektródán befolyó igen piciny áram képes egy telepből, elemből nyert sokkal nagyobb áramot a saját időbeni változásának megfelelően vezérelni.

A tranzisztor másik fajtája az elektromos erőter által vezérelt, ún. térvezérelt tranzisztor. E tranzisztortípus a vezérlőelektródába pumpált töltésmennyiséggel vezérli a telep áramát. A vezérlőelektródába áram nem folyik, ellentétben az áramvezérelt típussal, így igen nagy bemenőellenállás jellemzi a térvezérelt tranzisztort. E típust az 1920-as évek közepén fedezték fel, de csak az ötvenes évek közepétől kezdett elterjedni, az időközben (1948-ban) felfedezett másik típussal együtt. Érdekes megemlíteni, hogy a mai számítógépekben az 1925-ben felfedezett elvű térvezérelt tranzisztorok jelentős szerepet töltenek be.

Ha az 1925 utáni években valaki felfigyel a térvezérelt tranzisztor találmányra, a történelem bizonyosan némileg másként alakulhatott volna. Abban az időben és még nagyon sokáig (az 1970-es évekig) az elektroncsövek, mint erősítő elemek uralták az elektronika világát. Az elektroncső semmi egyéb, mint egy közönséges wolframszálas izzólámpa finomított változata. Ugyanis a XX. század elején felfedezték, ha egy izzólámpába (amiben belül vákuum van) elhelyeznek egy fémlemez (elektródát – szaknyelven), az izzószálból elektronok lépnek ki és becsapódnak az elektródába. Ezzel felfedezték elektroncső egyenirányító diódát.

Hogy a becsapódó elektronok mennyiségét szabályozni lehessen az izzószál köré fémhuzalból egy széthúzott tekercset építenek (szaknyelven rács), az ide kapcsolt feszültséggel vezérelni lehet az elektronok áramlását a fémlemez felé (szaknyelven anód – e háromelektrodos konstrukció neve pedig trióda). Az elektroncső akkor működik jól erősítőként, ha a fűtőszálat felfűtjük és az anódra több száz volt feszültséget kapcsolunk.

A tranzisztor ennél sokkal gazdaságosabb erősítőelem. Egyrészt nem kell fűteni, másrészt alacsony feszültségről üzemeltethető, például egy mezei tranzisztor egy közönséges 1,5 V-os ceruzaelemmel már jelentős erősítést produkál.

Az elektroncső és a tranzisztor között van még egy lényeges különbség. Az elektroncső szereti, ha a teljesítményt kivesszük belőle, azaz a terhelés megszűnése, leszakadása teszi tönkre az elektroncsövet. A tranzisztor pont ellenkezőleg viselkedik: nem szereti, ha túlterheljük vagy a terhelést rövidre zárjuk. Ekkor a tranzisztor túlhevül és tönkremegy. Természetesen e drasztikus jelenségek ellen kapcsolástechnikai megoldásokkal védekezhetünk.

Az előzőekben elmondott tulajdonságok miatt az elektroncső mégsem teljesen szorult ki a gyakorlati használatból – főleg a teljesítményerősítők körében. Ugyanis egy amatőr rádió végfokozatát (teljesítményerősítőjét) rádióamatőr viszonyok között sokkal egyszerűbb elektroncsővel megépíteni, mint tranzisztorral. Nem beszélve arról, hogy az elektroncsöves végfokhoz szinte bármilyen drótdarabot le tudunk antennaként illeszteni, míg a tranzisztoros végfokok megkövetelik a szigorúan méretezett és szakszerűen táplált antennát. A mai gyári rádióamatőr berendezések kivétel nélkül az utóbbi követelmény kielégítését igénylik.

A következő részben még foglalkozunk a tranzisztorral.

– *** –

Kapcsoló tranzisztor, integrált áramkör

(A rádióamatőr – 13. rész)

Az előző részekben kissé leragadtunk a tranzisztortornánál, mégsem tudunk szabadulni e témától, legalábbis ezen előadás keretén belül. Manapság egy általános felhasználásra szánt, kis teljesítményű tranzisztor elektronikai szaküzletben néhány forintért beszerezhető alkatrész.

E háromlábú mütyürke már egymaga sok feladat ellátására képes; alkalmazhatjuk erősítőelemként, s ami manapság fontosabb, kapcsolóként. Az első esetben akár hangfrekvenciát erősíthetünk vele, legyen a hang forrása egy mikrofon vagy egy detektoros (egy diódával megépített) rádió-vevőkészülék kimenetének gyenge hangjele. De akár egy önálló rádióvevőcske építésére is alkalmas lehet. Ebből következik, hogy a tranzisztor olyat is tud önmagában, amit egy dióda, azaz egyenirányításra is használható, miközben erősíteni is képes.

Sőt, megfelelő kapcsolástechnikával elektromos rezgéskeltőnek is használhatjuk, s ezen rezgések szaporasága széles tartományban beállítható a hallható hang alatti frekvenciától egészen a magas rádiófrekvenciák tartományig. Ebből látható, hogy egy tranzisztorral akár rádióadó is építhető, amelyet megfelelő rádióamatőr engedély birtokában lehet üzemeltetni.

A tranzisztor másik, s ma a legelterjedtebb felhasználása a kapcsoló tulajdonságán alapul. Ha az áramvezérelt tranzisztor nem kap vezérlőfeszültséget a bázis kivezetésre, ezért abba vezérlőáram nem folyik, a két másik elektródája között (az emitter és a kollektor között) azt tapasztaljuk, hogy nem mérhető elektromos vezeték, azaz szigetelőként viselkedik a tranzisztor. Ezen az állapoton úgy tudunk változtatni, hogy a bázisra nyitófeszültséget kapcsolunk, ezáltal megindul a vezérlőáram, s íme az emitter és kollektor kivezetés között megszűnik a szigetelő tulajdonság és áram folyhat át a tranzisztoron. Ez az állapot mindaddig fennmarad, amíg a báziskivezetés áramellátása biztosított. Nagyjából úgy működik, mint egy közönséges villanykapcsoló. Egy mozdulattal felkapcsoljuk és ég a lámpa. Ezt a bekapcsolt állapotot a folyamatos vezérlőáram helyett egy mechanikai szerkezet tartja fenn, mindaddig, amíg a kapcsolót le nem kapcsoljuk. Olyan ez, mintha a vezérlőáramot megszüntetnénk.

Átgondolva a fentieket arra a következtetésre juthatunk, hogy a tranzisztor kiválóan alkalmas két állapot leképzésére; azaz nem vezető és vezető állapotra. A közbenső (átmeneti) állapotok itt nem játszanak szerepet. E két szélső állapot kihasználásával épülnek fel a mai számítógépek, az internet és más digitális eszközök. Ugyanis sok kétállapotú eszköz megfelelő állapotának beállításával adathalmazok hozhatók létre, az aktuális állapotok vizsgálatával pedig ezen adathalmazok kiolvashatóak. S mivel elektromos jelek tömegéről van szó, az adathalmazok vezetéken, rádióhullámokon, megfelelő átalakítással és visszaalakítással optikai kábeleken továbbíthatók.

Amennyiben beletekintünk saját számítógépünkbe, háromlábú alkatrészt alig találunk benne, s ami az, az sem biztos, hogy tranzisztor. E helyett sok lábú (kivezetésű) fekete tokban lévő alkatrészeket látunk, nem is túlságosan zsúfoltan a gép alaplapján. Nos, ezek az alkatrészek az integrált áramkörök, amelyek valójában tranzisztorok ezreit, tízezeit, a processzor maga pedig a tranzisztorok millióit tartalmazza.

Az integrált áramkörök egy szilícium lapkán kialakított, szubminiatűr tranzisztorokból álló, műanyag vagy kerámia tokozású, sok kivezetéssel rendelkező alkatrészek, amelyek meghatározott, de egynél sokkal nagyobb számú elemi feladatot képesek elvégezni.

A mai korszerű műsorvevő rádiók például egy viszonylag kevésbé bonyolult integrált áramkörből és néhány kiegészítő alkatrészből épülnek fel. De ne felejtsük: már egy tran-

zisztorral is építhetünk rádiót, annak érdekében, hogy kedvenc drótdarabunk hasznát lássuk.

A következő részben még mindig a tranzisztornál vagyunk kénytelenek maradni. Addig is célszerű utána nézni, hogy egy diódával és/vagy tranzisztorral hogyan építhetjük meg első saját rádióinkat. Életre szóló élmény, ha megszólalásra bírjuk!

– *** –

A tranzistoros erősítés elve (A rádióamatőr – 14. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a tranzisztor két állapotával, amely megegyezik a villanykapcsolóval. Vagyis nincs áramvezetés akkor, ha a tranzisztor lezárt állapotban van, illetve a tranzisztor teljesen kinyitott állapota felel meg a bekapcsolt kapcsolónak. Ez a két állapot csupán azt igényli, hogy legyen egy megfelelő nagyságú vezérlőjel a bekapcsolt állapothoz, s ha a vezérlőjel megszűnik, a tranzisztor kikapcsolt állapotba kerül. Ez a példa az úgynevezett bipoláris tranzisztorra érvényes, a tervezérelt tranzisztor teljes bezárásához egy ellenkező polaritású vezérlőjelre is szükség lehet.

A számítástechnikában nem a tranzisztor vezetési állapotát értelmezik ki- illetve bekapcsolt állapotnak, hanem a tranzisztorokból alkotott úgynevezett billenőáramkörök kimenetének állapotát vizsgálják feszültség szempontjából. Logikailag nincs jel, ha a kimeneten nulla közeli feszültség mérhető, egy meghatározott feszültség és felette mérve viszont jel van, és ez az állapot bekapcsoltnak tekinthető. Így értelmezhető a logikai nulla és a logikai egy – egyszerű áramköri megoldásokkal.

Bipoláris szilíciumtranzisztorral viszont be tudunk kapcsolni egy világítódiodát azaz LED-et, akár egy relét vagy más fogyasztót. Kikapcsolt állapotban valóban nem folyik áram, a tranzisztor közel tökéletes szigetelőként teljesít.

De mi van akkor, ha a bekapcsolt világítódioda (LED) vagy egy kis izzó fényerejét a ki- és bekapcsolt állapot mellett szabályozni is szeretnénk? Nos, ennek semmi akadálya. Ugyanis a vezérlőjel szabályozásával tudjuk a lezárt és a teljesen nyitott állapot között szabályozni a tranzisztoron és a vele sorbakapcsolt fogyasztón átfolyó áramot, s ennek megfelelően a LED fényerejét. E szabályozás az úgynevezett átmeneti tartományban történik és elvileg hasonló a vízcappal létrehozható jelenséghez; a szelep állításával tudjuk szabályozni a vízszugár erősségét a lezárt és a teljesen kinyitott állapot között.

A tranzisztor szabályozását a bázis és az emitter elektróda közötti feszültség változtatása által a tranzisztorba behajtott áram nagyságának változtatásával lehet megoldani. Ezt a feszültséget akár nyitófeszültségnek is nevezhetjük, mert ha nincs feszültség, a tranzisztor emitter és kollektor elektródája között nincs vezetés. A nyitófeszültség növelésével a szigetelőképeség először lassan, majd gyorsan letörik, így a tranzisztor emitter és kollektor elektródája között áram folyhat, amely valamilyen módon arányos a nyitófeszültség (vagyis a nyitóáram) nagyságával. A nyitófeszültséget növelve egy megadott határérték után a tranzisztor közel teljesen nyitott állapotba kerül, ettől nagyobb nyitófeszültség már alig fejt ki vezérlőhatást a tranzisztorra.

E tulajdonságok miatt a tranzisztor nem lineárisan (nem arányosan) vezérelhető, ellenében a vízcappal, amely a szelep nyitással közel arányosan szabályozza a kifolyó vízszugarat.

A bipoláris szilíciumtranzisztorokat erősítőként átmeneti nyitott állapotban alkalmazzuk az erősítő áramkörökben. Jellemzően 0,5-0,6 V nyitófeszültség szükséges ahhoz, hogy a

tranzisztort egy megkívánt munkaponti áramra beállítsuk. Erre a nyitófeszültségre ültetjük az erősítendő jel feszültségét (legyen az a detektoros rádiónk gyenge hangkimenete), s ez a kicsi feszültségváltozás a polaritásától függően hozzáadódik, illetve kivonódik az általunk beállított munkaponti feszültségből. Ennek eredménye az, hogy a tranzisztorba befolyó áram picikét ingadozik, amely nagy mértékű áramingadozást idéz elő a tranzisztoron átfolyó, vezérlés nélkül állandó értékű munkaponti áramban. Az erősítés úgy jön létre, hogy a nagymértékű áramváltozás a tranzisztorra kötött terhelés (legyen ez egy fülhallgató) ellenállásán nagy mértékű feszültségváltozást hoz létre, így a halkán szóló detektoros rádiónk által vett állomások sokkal erősebben lesznek hallhatóak, mint erősítés nélkül. Kéttranzisztoros erősítővel akár kellemes hangszóróvételt is tudunk produkálni.

Az ehhez szükséges energiát az elemből vagy az akkumulátorból biztosítjuk, az innen nyert áram átfolyik a terhelésen és a tranzisztoron. Ezt az áramot vezéreljük a kicsi jellel.

A bipoláris tranzisztorral még mindig nem végeztünk, noha sikerült már addig eljutni, hogy a megépített detektoros vevőnk hangerejét jóval megnövelhetjük.

E módszerrel a detektoros vevőnk érzékenysége is megnő, mert a füllel nem érzékelhető, távolabbi gyenge rádióállomások is hallhatóvá válnak.

– *** –

A tranzisztoros erősítés tulajdonságai (A rádióamatőr – 15. rész)

Az előző részekben nagy figyelmet fordítottunk a tranzisztorra, mert segítségével detektoros rádióvevőnk vételképességét, azaz érzékenységét jelentős mértékben képesek vagyunk javítani.

Mielőtt folytatnánk a tranzisztorral kapcsolatos eszmefuttatásunkat, el kell mondani, hogy a rádió műsorvevő készülékek felépítésénél egyszerű követelményeknek kell eleget tenni. Az a cél, hogy a műsorvevők olcsó elektronikával és kis antennákkal is képesek legyenek elfogadható minőségű műsorvételt biztosítani. Ennek viszont az az ára, hogy a műsorszóró rádióadóknak igen nagy teljesítménnyel kell adniuk, mert a rádióhallgatóktól nem várhatjuk el, hogy megfelelő vevőantennát építsenek, sőt azt sem, hogy ilyesmire egyáltalán gondoljanak. Ezért van ma már a műsorvevők többségében beépített, de nagyon rossz hatásfokú antenna – a „vedd meg és használd” elv alapján.

A rádióamatőrök a számukra engedélyezett hullámsávokon, más néven frekvenciákon, kis teljesítményű rádióadókat üzemeltetnek. Sokkal kisebb teljesítményűeket, mint a műsorszóró rádióadók. Ahhoz, hogy a világ bármely pontjával rádió összeköttetést lehessen létesíteni, megfelelően megépített antennákra és nagy erősítésű vevőkészülékekre van szükség. Tapasztalat szerint a rádióamatőröknél az adók teljesítménye kevésbé fontos tényező, mint a vételi képesség. A maximálisan használható adóteljesítményt az amatőr engedély szabályozza, így a rádióamatőr a maximálisan engedélyezett értékig tetszőleges teljesítménnyel adhat. Az amatőrök többsége nem is használja ki az engedélyezett lehetőséget. Viszont a sikeres távoli összeköttetés feltétele a gyenge állomások biztonságos vétele, amihez igen jó antennákra és nagy erősítésű, kiváló minőségű vevőkészülékekre van szükség. A rádióamatőr hobbi egyik ága ráadásul pont arról szól, hogy minél kisebb adóteljesítménnyel minél nagyobb távolságot képesek legyenek áthidalni. Ezt QRP (kis teljesítményű) rádiózásnak nevezzük.

De térjünk vissza a tranzisztorhoz.

A tranzisztorról azt mondtuk, hogy áramvezérelt erősítőeszköz. Vajon hogyan tudnánk jellemezni a tranzisztor erősítőkéességét? Nos, igen egyszerűen. A bázisba, azaz a vezérlőelektródába befolyó áram egységnyi megváltoztatása vajon hány egységnyi áramváltozást okoz a tranzisztor kollektor-emitterén átfolyó áramban. Ezt az értéket bétának nevezzük, amely a tranzisztor áramerősítési tényezője. Értéke jellemzően 10 és több száz közé esik.

Vegyünk egy példát: van egy mezei bipoláris tranzisztorunk, amelynek a bázisába befolytatott állandó áramot 1 mikroamperrel megnöveljük. Ennek hatására a kollektoron mérhető áram száz mikroamperrel nő meg. E tranzisztor áramerősítési tényezője tehát száznak adódik. Ebből következik, hogy ha a bázisba befolytatott állandó áramot egy mikroamperrel csökkentjük, a kollektoráram száz mikroamperrel fog csökkenni.

A fentiek azonban már nem lesznek igazak, ha a tranzisztor munkapontját a zárási (kikapcsolási), vagy a telítődési, azaz a teljes bekapcsolási tartomány felé közelítjük. Ilyenkor az áramerősítési tényező jelentősen lecsökken. Emiatt a tranzisztor nem biztosít arányos erősítést, azaz nonlinearis erősítési tulajdonságokkal rendelkezik. E nonlinearitás jelentősen meghaladja a tervezérlésű tranzisztorokét és elektroncsövekéét. Ennek ellenére a tranzisztort elterjedten használják lineáris, azaz arányos erősítést megkövetelő erősítőkből.

Ilyen esetekben vigyázni kell arra, hogy túl nagy jellel ne vezéreljük a tranzisztort, illetve olyan áramköri megoldásokat alkalmazzunk, amelyek csökkentik a nonlinearitást.

Elmondhatjuk, hogy a tranzisztor igen meredek (nagy erősítésű) eszköz, amely a számítástechnikában (ahol csak a két állapottal dolgozunk) kiválóan teljesít, az arányos erősítési követelményeknek csak korlátozottan és kompromisszummal tesz eleget. Mindezek ellenére jól használhatjuk detektoros vevőnk vételképességének javítására.

A következő részekben szót ejtünk a fetekről, az elektroncsövekről és azokról az alkatrészekről, amelyekből rádióvevők és adók felépülnek.

– *** –

FET tranzisztor (A rádióamatőr – 16. rész)

Az előző részekben hosszan elemeztük a bipoláris tranzisztor működését és tulajdonságait. Megállapítottuk, hogy a bipoláris tranzisztor áramvezérlésű, nagyon meredek erősítőeszköz, amely csak kompromisszumokkal és kapcsolástechnikai varázslatokkal alkalmas a vezérlőjel alakhú erősítésére. Ugyanakkor kiváló építőeleme a kétállapotú (azaz a digitális) eszközöknek.

Létezik egy más fajta félvezető erősítőeszköz is, amelyet térvezérlésű tranzisztornak (röviden FET tranzisztornak) nevezünk. A FET tranzisztor alapvető tulajdonsága, hogy – ellentétben a bipoláris tranzisztorral – feszültségvezérelt eszköz, azaz nem igényel vezérlőáramot, vagyis vezérlőteltjesítményt. Emiatt a FET tranzisztor nem terheli az őt meghajtó kört, mert a bemeneti ellenállása közel végtelen, míg a bipoláris tranzisztor vezérléséhez viszonylag jelentős teljesítményre van szükség. Emiatt a bemenő-ellenállása nagyon kicsi – kiloohmos nagyságrendbe esik, ami jelentősen megterhelheti a vezérlőáramkörét.

A FET tranzisztor esetében a vezérlési feszültségtartomány – szintén ellentétben a bipoláris tranzisztorral – a tápfeszültséggel ellenkező polaritású tartományba esik. Amennyiben példának vesszünk egy n csatornás FET-et, ahol a source elektródára (bipoláris

tranzisztornál ez az emitter) a tápfeszültség negatív vezetékét kötjük, a drain elektródára (bipoláris tranzisztornál ez a kollektornak felel meg) a pozitív vezetékét kötjük, a FET-en áram fog átfolyani. A bipoláris tranzisztornál ilyenkor nem történik semmi, azaz lezárt (kikapcsolt állapotban marad).

Az n csatornás FET-en átfolyó áramot a source és a gate (bipoláris tranzisztornál ez az emitter és a bázis) közé kapcsolt negatív feszültséggel tudjuk csökkenteni. Kellően nagy negatív feszültségnél a FET-en már nem folyik áram, azaz a FET tranzisztor lezárt állapotba kerül. A vezérlőfeszültség a FET-be nem folytat be áramot, tehát a vezérléshez valóban nem szükséges teljesítmény. Ez óriási előnye a FET tranzisztornak. A másik előny abból fakad, hogy a FET tranzisztor vezérlési jelleggörbéje jóval arányosabb (lineárisabb) erősítést tesz lehetővé, mint a bipoláris tranzisztor, s egy harmadik előny, de egyben hátrány is, hogy a FET tranzisztor erősítése lényegesen kisebb, mint a bipoláris társáé. Azaz a FET jóval kisebb meredekségű erősítőeszköz.

Az erősítési tényezőt a FET-nél az átfolyó áram változásának és a vezérlőfeszültség változásának hányadosa adja meg (meredekség), amelyet akár mA/Volt mértékegységben is kifejezhetünk. Ez a szám például megmutathatja azt is, hogy 1 mA átfolyó áram változtatáshoz hány Volt vezérlőfeszültség változtatásra van szükség. A FET statikus munkapontját valahol a nulla és a lezárási feszültség közötti érték felére állítjuk be általában, ha jó linearitású kis jelű erősítőt szeretnénk építeni. A vezérlési tartomány néhány Volt nagyságrendű.

Mind a bipoláris tranzisztor, mind a FET konstrukciójától függően kétfajta polaritású eszköz. A tranzisztoroknál npn és pnp változat létezik; az első esetben az emitter a negatív, a második esetben az emitter a pozitív tápfeszültséget kapja. A FET lehet n vagy p csatornás, az első esetben a source-ra negatív, a második esetben a source-ra a pozitív tápfeszültség kapcsolandó. A munkapont beállításához a bipoláris tranzisztoroknál a tápfeszültség azonos polaritású töredékére, míg a FET-eknél ellenkező polaritású feszültségre van szükség.

A fentiek értelmében, amikor a detektoros rádió hangerejének növelésére bipoláris tranzisztoros erősítőt választottunk, jól jártunk el. A detektoros rádió általában igen kis jelet produkál, amelynek kellő felerősítéséhez meredek erősítő ajánlott, s ezt a feladatot egy közönséges tranzisztor kiválóan végrehajtja.

A kis jelű tranzisztorok és a FET-ek néhány Voltos tápfeszültségről üzemeltethetők, ellentétben az elektroncsővel, amely több száz Voltot igényel és ráadásul külön fűtőteljesítményt ahhoz, hogy vezérelhető elektronáramlás jöjjön létre. A következő részekben tanulmányozzuk az elektroncsövet és a rádióépítéshez szükséges egyéb alkatrészeket, mert az erősítőelemek önmagukban nem működtethetők a munkapont beállítások, jelcsatolások, a terhelések és egyéb fontos jellemzők figyelembevételével nélkül.

– *** –

Az elektroncső

(A rádióamatőr – 17. rész)

Az előző részekben hosszan fejtegettük a félvezetős (tranzisztor, FET) erősítő alkatrészeket. Hogy miért tettük ezt? A mai technológia miatt. Ugyanis a múlt században, a 70-es évekig egészen más erősítő alkatrészek uralták a világot. Ez az elektroncső. Eszmefuttatásunkban felborítottuk a történelmi sorrendet, mert az elektroncső mára néhány speciális alkalmazástól eltekintve eltűnt az elektronikai erősítőelemek palettájáról.

Az elektroncső tulajdonképpen az izzólámpából fejlődött ki. Felfedezték ugyanis, hogy a lámpa buráján belüli vákuumban az árammal izzó fehérre hevített fűtőszálból elektronok taszítódnak ki. Amennyiben a burán belül elhelyezünk egy fémlemezt, abba az elektronok becsapódnak és jól mérhető áram folyik át az izzón.

(Megjegyzés:

Az izzószálból kilépő elektronok kizárólag egy irányba, nevezetesen csak izzószáltól mindig távolodva tudnak haladni. Ezért ez az elrendezés (csakúgy mint a félvezetők) egyenirányításra alkalmas, ahol izzószál (katód) képviseli a negatív pólust, a fémlemez (anód) képviseli a pozitívat. Visszafelé a dolog nem működik, tehát az anódra negatív és a katódra pozitív feszültséget kötve nem alakul ki elektronáramlás.)

Amennyiben az izzószál és a fémlemez (neve anód) közé egy, az izzószálat körbevevő fémspirált helyezünk el (neve vezérlőrács), a lámpán átfolyó áramot a fémspirálra kapcsolt feszültséggel vezérelni tudjuk. Máris kész a primitív erősítőeszköz.

Persze nem praktikus fehérén izzó fűtőszálat használni, részben mert sokat fogyaszt és erősen melegít, részben a rövid élettartama miatt. Ezért kitalálták, hogy csak vörös-izzásig melegedjen a fűtőszál, viszont bizonyos anyagokkal bevonva a hatások sokkal jobb lesz. Végül a fűtőszálat egy fémcsőbe építették be, ezt felfűti az izzószál, s amelynek külső burkolatát ezekkel a speciális anyagokkal vonták be. Ezt a megoldást katódnak nevezzük. Ma is léteznek olyan elektroncsövek, amelyeknél hiányzik a katód, így a fűtőszálon van a speciális bevonat. Mindkét eljárást úgynevezett termoionos megoldásnak nevezzük. Kevesen tudják, hogy a CERN nagy hadronütköztetőjében használt elektron-ágyúk is termoionos megoldással (azaz fűtőszállal) működnek, vagyis az elektroncső elve tovább él.

A csőbe több rácsot is el lehet helyezni különféle okok miatt, de nekünk most legfontosabb a vezérlőrács.

Az elektroncső jellemzője az, hogy sok energiát fogyaszt (a fűtéshez) és csak nagy anód-feszültségen működik megfelelően. Ez a feszültség életveszélyes, ezért a kezdő rádióamatőr maradjon az elemekkel, akkumulátorokkal kis feszültségen működtethető félvezetőknél. A katódra mindig negatív pólusú feszültséget kapcsolunk, az anódra mindig pozitívat. A vezérlőrács munkaponti feszültsége mindig negatív feszültségű, negatívabb mint a katód feszültsége.

A vezérlőrácsra kapcsolt feszültség változása a csövön átfolyó áramot változtatja, így jön létre az erősítés. A cső jellemzője a meredekség, amely azt mutatja, hogy 1 Volt feszültség változás a vezérlőrácsra hány milliamper változást okoz a csövön átfolyó áramban. Ez hasonlítható a FET-nél már megismertekhez ugyanúgy, mint az a fontos jellemző is, hogy az elektroncső feszültségvezérelt eszköz és bemenőellenállása közel végtelen. A vezérlés tehát normál esetben nem igényel teljesítményt.

A cső foglalatban kerül elhelyezésre és környezetét jelentősen fűti. A régi rádiókban, erősítőkből, a kezdetleges elektronikákban és a számítógépekben csak elektroncsövet használtak. Ma a félvezető sokkal praktikusabb és gazdaságosabb.

Visszont a rádióamatőrök szívesen használják az elektroncsövet rádióadók meghajtó és végerősítőiben. A csöves végerősítők egyszerű áramköri felépítésűek és jól tűrik a túlterhelést, ami viszont a félvezető erősítőkről nem mondható el.

Mivel az elektroncsövek kiváló linearitással erősítenek, a Hi-Fi rajongók egy része csak elektroncsöves hangerősítőt használ. Noha a mérések nem igazolják egy jól méretezett félvezető erősítő technikai hátrányát, a csöves erősítők mégis jobb szubjektív benyomást keltenek a vajt fülűek számára.

A következő részben már a passzív elektronikai alkatrészekkel fogunk foglalkozni. Célunk minimálisan az, hogy legalább némi ismeretet szerezzük a korszerű amatőr rádiók belsejében található dolgokról.

– *** –

Passzív eszközök: ellenállások (A rádióamatőr – 18. rész)

Miután túljutottunk a fontosabb aktív alkatrészek (erősítőelemek) ismertetésén, visszatérünk kedvenc drótdarabunkhoz. Fémről készült, s már beszéltünk arról, hogy a fémekben az elektronok szinte akadálymentesen haladnak. Az a kevés elektron, amelyik akadályba ütközik elveszíti mozgási energiáját, ami hővé alakul. Ezt a jelenséget ellenállásnak nevezzük. A jól vezető fémek igen kicsi ellenállásúak, míg mások kevésbé jó áramvezetők, mert jelentős akadályt gördítenek az elektronok haladásának útjába, tehát nagy az ellenállásuk. A rádiótechnikában az egyik alapvető passzív alkatrész az ellenállás, amelynek áramkorlátozó és feszültségosztó szerepe van. Ezek az ellenállások sokkal rosszabb vezetők, mint a fémek és mesterséges úton előállított anyagokból készülnek.

Amennyiben detektoros vevőnk tranzisztoros erősítőjének kollektor körébe egy ellenálláson keresztül juttatjuk el a tápfeszültséget, a felerősített változó jel ezen az ellenálláson arányos feszültségváltozás hoz létre, azaz a hasznos jel innen vezethető tovább. Ha rendelkezünk úgynevezett nagy ellenállású fülhallgatóval – amelyben nagyon sok menetű tekercs által létrehozott mágneses tér rezegteti a membránt -, akkor maga a fülhallgató képviseli az ellenállást és egyben füllel hallhatóvá is teszi a vett rádióállomást.

Sajnos ilyen fülhallgató manapság nem hozzáférhető, a mai fülhallgatók kis ellenállásuk miatt nem alkalmasak e célra. Egy mai fülhallgatóval azt fogjuk hallani, hogy nem hallunk semmit. Ez esetben a kollektorkörbe egy valódi ellenállást kell tennünk, s az így kapott jelet egy további tranzisztorra vezetjük, amely a mai fülhallgatókat is használhatóvá teszi, azaz a fülhallgató által képviselt terhelésnek megfelelő illesztést biztosít.

A tranzisztoros erősítőkhöz még további két ellenállás szükséges, amelyek mint feszültségosztó beállítják a tranzisztorhoz szükséges nyitófeszültséget (emlékezzünk; 0,5-0,6 Volt környékén). Emiatt a tápfeszültség meleg pontjára kötjük a nagyobb értékű ellenállást, a hideg pontjára a kisebbet. Itt kell megjegyezni, hogy a tranzisztor lehet npn típusú, ilyenkor a melegpont a tápfeszültségforrás pozitív kivezetése, de lehet pnp típusú is, ahol a tápfeszültség melegpontja a negatív kivezetés. A hidegpontot földnek is nevezhetjük.

Az ellenállások osztási aránya durván úgy adódik, hogy a tápfeszültségből levonjuk a 0,6 Voltot és egy nagyon picike áramot engedünk csak átfolyani az ellenálláson. Ebből kiszámítható a melegpont és a bázis közé kapcsolandó ellenállás értéke. A bázis és a hidegpont közötti 0,6 Voltból és a nagyobbik ellenálláson átfolyó áramból kiszámítható a kisebbik ellenállás értéke. A számítás azért durva, mert a tranzisztorba befolyó nyitóáramot nem vettük most figyelembe.

De fordítsuk komolyra a szót: **A feszültség mértékegysége a volt, az áramé az amper és az ellenállásé az ohm. Amennyiben egy ellenálláson 1 A átfolytatása következtében 1 V feszültség esik, az ellenállás értéke 1 ohm.**

A kisjelű erősítőkből jellemzően az amper ezred, milliomod részével, a voltok esetében hasonlóan ezred, milliomod Voltokkal, míg az ellenállások esetében ezer, százezer, milliőhmekkel van dolgunk.

A detektoros vevőnk erősítőtranzisztorán átfolyó munkaponti áramot egy, két ezred amperre célszerű beállítani a munkaponti feszültségosztó ellenállások segítségével. A terhelőellenállás (kollektorellenállás) legalább 2000 ohm legyen. Tápfeszültségnek megteszi egy 9 voltos, mindenütt vásárolható elem.

Az **Ohm törvény** alapján számolhatunk; **ellenállás egyenlő feszültség osztva árammal**. Ezt a képletet nagyon jól jegyezzük meg, mert az elektromosság egyik alaptörvényéről van szó.

A következő részben folytatjuk a passzív elemek ismertetését.

– *** –

Az ellenállás és az Ohm törvény (A rádióamatőr – 19. rész)

Az előző részben az ellenállásokkal kezdtünk foglalkozni és eljutottunk az elektromosság alaptörvényéhez, azaz az Ohm törvényéhez. Amennyiben az Ohm törvényt álmunkból felébresztve is fűjjük, akkor szinte mindent tudunk az elektromosságról. Persze ez túlzó kijelentés, de azért van benne igazság.

Azt mondtuk, hogy amennyiben egy vezetőn (lehet az egy drótdarab vagy éppen egy ellenállás) 1 Volt feszültség hatására 1 amper áram folyik át, az ellenállás értéke 1 ohm. Vagyis ha a feszültséget elosztjuk az áramerősséggel, akkor megkapjuk az ellenállás értékét.

Legyen az ellenállás jele „**R**”, a feszültsége „**U**” és az áramé „**I**”, akkor elmondhatjuk, hogy „**R**” egyenlő „**U**” osztva „**I**”-vel, azaz **$R=U/I$** . Nézzünk egy példát: Vegyünk egy régi típusú kerékpár izzólámpát (ennek elektromos áramforrása a ma már szinte ismeretlen kerékpárdinamó) A dinamó feszültsége jól felpörgetve 6 volt, az izzón fél, azaz 0,5 amper folyik át. Vajon mekkora a teljes fényerővel világító izzólámpa ellenállása?

Eddigi ismereteink alapján immár nincs akadálya, hogy kiszámoljuk; tehát a feszültséget osztanunk kell az áramerősséggel, azaz 6 volt per 0,5 amper egyenlő 12 ohmmal. S vajon mekkora elektromos teljesítmény fogyaszt ez az izzólámpa?

Ez is egyszerűen számítható: Az elfogyasztott **elektromos teljesítmény wattban kifejezve egyenlő a feszültség és az áramerősség szorzatával**, azaz 6 volt szorozva 0,5 amperrel egyenlő 3 watt. A teljesítményt „**P**”-vel jelöljük, a feszültséget „**U**”-val és az áramot „**I**”-vel, akkor azt mondhatjuk, **$P=U \cdot I$** .

Az Ohm törvény szerint két ismert elektromos jellemző alapján kiszámíthatjuk a harmadikat, azaz a képletből egyaránt kifejezhető a feszültség és az áramerősség, továbbá az $R=U/I$ és $P=U \cdot I$ képletek egymásba helyettesíthetők.

A dinamó feszültsége függ a fordulatszámól. Ahhoz, hogy fényesen világítson a kerékpár-lámpa, jó gyorsan kell tekerni a kerékpárt. Azaz a világításhoz szükséges energiát a lábunkkal termeljük. Minél gyorsabban forog a dinamó annál nagyobb feszültséget, azaz Voltot szolgáltat (normál üzemben 6 V csúcsfeszültséget). A feszültség tehát az a tényező, ami az elektronokat kilöki pályájukról, azaz mozgásra kényszeríti őket és megindítja az áram folyását, ha egy áramkör zárt. Minél nagyobb a feszültség, annál nagyobb lesz az átfolyó áram egy ellenálláson. Ez egyben azt is jelenti, hogy ezzel arányosan a teljesítmény növekszik.

A kerékpárdinamó tehát 6 Voltot szolgáltat, ha kellő sebességgel haladunk. Teljesítménye számításunk szerint 3 watt lesz egy izzólámpán, de tudja a 6 wattot is, ha ugyanolyan izzóval hátsó világítást is szerelünk fel a biciklire.

Egy kisebb ipari áramfejlesztő generátor mondjuk legyen 10.000 voltos és szolgáltatson 500 amper. E generátor teljesítménye a $P=U \cdot I$ képlet alapján 5 millió watt lesz, ezért e generátor meghajtásához már messze nem elegendő az emberi erő. Ezért robbanómotorok, gőzgépek, gőzturbinák szükségesek a gép megforgatásához és a leadott teljesítmény megtartásához. Csak összehasonlításképpen: egy közepes autó meghajtásához körülbelül 50.000 watt elegendő, az ötmillió watt termelt energiából 100 autót lennének képesek egyszerre működtetni.

A következő részben még folytatjuk az ellenállás és az Ohm-törvény boncolgatását.

– *** –

Az ellenállások fizikai jellemzői (A rádióamatőr – 20. rész)

Az előző részben az Ohm-törvénnyel és az ellenállásokkal foglalkoztunk. Elméletig boncolgattuk az ellenállás mibenlétét és a rajta átfolyó áram/feszültség és a villamos teljesítmény összefüggését. Néhány mondat erejéig szóljunk most arról, hogy fizikai kivitelében hogy is néz ki ez az alkatrész.

Az ellenállás két kivezetéssel rendelkezik. Áramkörbe való bekötésekor közömbös, hogy melyik kivezetés hova kerül. Általában kerámia henger külső palástjára visznek fel szén- vagy rossz vezetőképességgel rendelkező fémréteget. A többé, kevésbé pontos ohm értéket a réteg vastagságával, spirálozással lehet beállítani. E réteget festékréteg követi, amelyen feliratozás vagy színgyűrűs kombináció (színkód) adja meg az ellenállás névleges értékét és egyéb adatait.

Az ellenálláson átfolyó áram villamos teljesítményvesztést okoz, azaz az ellenállást felmelegíti. Ezért fontos adat, hogy egy ellenállás hány watt teljesítményt képes meghibásodás nélkül elviselni, hővé alakítani.

Nézzünk egy példát: egy teljesítménytranszisztor kollektor körébe munkaellenállásként 10 ohmos ellenállást kell tennünk. A tranzisztoron átfolyó áram tartósabban akár 1 amper is lehet. Ezen adatokból az Ohm-törvény alkalmazásával ($U=I \cdot R$) kiszámíthatjuk, hogy az ellenálláson ilyenkor 10 Volt feszültség esik. A 10 Volt és 1 amper a $P=U \cdot I$ képlet alapján 10 W teljesítményt jelent, ami hővé alakul, és amelyet az ellenállásnak tartósan bírnia kell. Az ilyen nagy teljesítmény elbíró ellenállások már úgy készülnek, hogy rossz vezetőképességű fémhuzal (ellenálláshuzal) alkotja magát az ellenállást és amelyet megfelelő kerámiacsőre tekercselnek vagy kerámiatestben helyeznek el.

Megjegyezzük, hogy ez a példa akár egy melegtermosztát szabályozására is vonatkozhat, ahol állandó hőmérsékletet kívánunk a termosztát belsejében biztosítani. A felmelegítéskor az ellenálláson jó ideig folyik az 1 amper áram, majd a kívánt hőmérséklet elérésekor a tranzisztor lezár. Mivel a hőmérséklet idővel csökken, később rövid időre ismét bekapcsol. Finomabb szabályozás esetén a hővesztés pótlása érdekében folyamatosan folyik az áram, de jóval kisebb, mint 1 amper.

A rádióelektronikában általában nagyságrendekkel kisebb áramok folynak, jellemzően akár az amper ezred, milliomod része. Az ilyen esetekben alkalmazott ellenállások akár miniatűr méretűek is lehetnek, hiszen a kis áram miatt rendkívül kis teljesítmény alakul hővé. Ha betekintünk egy korszerű rádiókészülékbe, ilyen miniatűr ellenállások tömegét látjuk a panelre közvetlenül ráforrasztva. Ezek az úgynevezett felületszerelt (más néven

SMD) ellenállások, amelyeknek két vége nem tartalmaz huzalkivezetést, és közvetlenül forraszthatók a panelre. Alakjuk téglatest és hosszúságuk alig haladja meg az 1 millimétert.

A detektoros vevőnket kiegészítő tranzisztoros erősítőbe praktikus okokból olyan ellenállásokat alkalmazhatunk, amelyek fizikai méretükben nem nagyobbak 5 milliméternél és huzalkivezetéssel rendelkeznek. Ezek az ellenállások rendkívül olcsók, hiszen milliárdszámra gyártják őket, igen változó ellenállás (ohm) értékekben.

Összefoglalva: az ellenállást nem csak az ohm érték jellemzi, azt is vizsgálni kell, hogy hány watt teljesítményt kell hővé alakítania meghibásodás nélkül.

A következő részben a változtatható ellenállásokat vesszük szemügyre.

– *** –

Potenciométer (soros kapcsolás) (A rádióamatőr – 21. rész)

Az előző részben a fix értékű ellenállásokkal, mint alkatrészekkel foglalkoztunk. Tekintsük most át a változtatható értékű ellenállásokat, más néven potenciométereket vagy trimmerpotenciométereket. A potenciométerrel a napi életben gyakran találkozunk, hiszen a rádiókon, hangerősítőkön a hangerőbeállító és a hangszínszabályzó gyakran ilyen alkatrész.

A potenciométer leggyakrabban elforgatható tengelyre szerelt forgatógombbal kerül a készülékek előlapjára, melynek elforgatásával szabályozhatjuk a készülék hangerejét, hangszínét. A hangerőszabályzó potenciométert sokszor építik egybe a készülék bekapcsolójával, így a ki/bekapcsolás és a hangerőszabályzás funkcióit teljesíti ez az alkatrész. Ennek neve: kapcsolós potenciométer.

(Megjegyzés:

A korszerű rádiókban és elektronikákban a potenciométer helyett digitális szabályozást alkalmaznak. Ez az alkatrész kívülről és kinézetre nagyon hasonló lehet a potenciométerhez, de nem az. Ugyanis nem az ellenállás folyamatos szabályozása változtatja a hangerőt.)

Hasonlóan a potenciométerek közé tartozik a tolópotenciométer, amelynek fel és letolásával változtatható a hangerő vagy a hangszín. Meg kell még említeni a miniatűr rádiók potenciométerét, amelyeknek egy része gyárilag egybe épül a műanyag forgatótárcsával és gyakran egy miniatűr kapcsolóval.

A tengelyes potenciométer úgy működik, hogy egy kör alakú felületre ellenállásréteget visznek fel, amivel egy, a tengellyel elforgatható csúszka érintkezik. Ezért a potenciométer három kivezetésű alkatrész, amelynek megfelel az ellenállás két vége és a közbűső, azaz az állítható csúszkának kivezetése. A csúszka aktuális helyzetének megfelelően bármelyik végkivezetéshez viszonyítva nulla és a potenciométer névleges értékének megfelelő ellenállást lehet mérni.

Nézzünk egy gyakorlati példát; vegyünk egy 1000 ohmos lineáris potenciométert. Állítsuk be középállásba és az egyik végkivezetés, valamint a középső kivezetés között 500 ohmos ellenállást mérünk. A másik végkivezetéshez viszonyítva szintén 500 ohm mérhető ebben az esetben. Ha a középhelyzetből elmozdítjuk a potenciométert, és 600 ohmra állítjuk be az egyik értéket, a másik végkivezetésen 400 ohm lesz mérhető. A középső kivezetés ellenállásértékét a két végkivezetéshez viszonyítva a tengely elfordításának

függvényébe felírhatjuk úgy is, hogy R_1+R_2 egyenlő a potenciométer névleges ellenállásértékével.

Mivel fülünk érzékenysége nem arányos a hangerő fizikai nagyságával, ezért hangerő-szabályzásra az úgynevezett logaritmikus potenciométert kell választanunk.

A trimmerpotenciométerek három kivezetéses, apró méretű, csavarhúzóval beállítható alkatrészek, amelyek egyszeri áramköri beállításra szolgálnak, de a beállításuk szükség esetén módosítható. Ezek az alkatrészek tehát nem kezelőszervek, csupán az adott áramkör pontos, hiba esetén megismételhető beállítását teszik lehetővé.

Ha ellenállásokat sorba kapcsolunk az eredő ellenállás az ellenállások összegével lesz egyenlő. Ebből következik, hogy a sorba kapcsolt ellenállások egyes ellenállásain az átfolyó áram mindig azonos értékű, ezért az azokon mérhető feszültség az ellenállások nagyságának arányában oszlik meg (Ohm-törvény). A potenciométer ennek alapján felfogható olyan két sorba kapcsolt ellenállásnak, amelyeknek az eredője mindig a névleges érték, az ellenállások értéke viszont a beállítástól függően változó. A potenciométeren átfolytatott áram miatt tehát szabályozható feszültségosztás hozható létre, melynek arányát az aktuálisan beállított két ellenállás aránya határozza meg. A potenciométerre kapcsolt feszültségből (amely az átfolyó áramot létrehozza) tehát nullától a rákapcsolt feszültségig változtatható osztást tudunk elérni. Ez a feltétel akkor igaz, ha a középső (csúszka) kivezetésen nem folytatunk el áramot, azaz csak mérünk, de nem terheljük a potenciométert.

A következő részben megvizsgáljuk azt az esetet, amikor terhelniük kell a potenciométert, azaz megismerkedünk a párhuzamosan kötött ellenállások tulajdonságaival.

– *** –

Párhuzamosan kapcsolt ellenállások (A rádióamatőr – 22. rész)

Az előző részben belevágtunk a sorba kapcsolt ellenállások titkainak boncolgatásába és megállapítottuk, hogy a sor két végén mérhető eredő ellenállás a sor egyes tagjai értékének összegével egyenlő. Ez teljesen logikus és várható eredmény, hiszen ha egy ellenállással sorba kapcsolunk egy másikat, akkor az áramnak át kell küzdenie magát mindkét ellenálláson.

Ezt a meg gondolást általánosságban úgy fogalmazhatjuk meg, hogy **soros kapcsolás esetében az R-eredő ellenállás= $R_1+R_2+R_3+\dots+R$ -ennedik (R_n) ellenállás, ahol az n =a sorba kapcsolt ellenállások darabszáma** és csak az azonosíthatóság céljából sorszámozzuk a sor egyes ellenállásait.

Ha szélső értékéket vizsgálunk, az $n=0$ esetén az eredő ellenállás=nullával, azaz nincs ellenállás, vagyis nulla ohm az eredő. Ezt az esetet tipikusan egy ideális áramvezető drótdarabnak is felfoghatjuk. Ha végtelen számú ellenállást kapcsolunk sorba, akkor az eredő is végtelen ohm értékű lesz, azaz eljutunk az ideális szigetelő állapothoz. Persze ez csak elméleti fontolgatás, a gyakorlatban pusztán néhány ellenállást szoktunk különböző okok miatt sorba kapcsolni.

Nézzünk egy gyakorlati példát: Vegyünk egy 6 V-os akkumulátort és kapcsoljunk rá 6 darab sorba kapcsolt 1 ohmos ellenállást. A sor két végén tehát az eredő ellenállás 6 ohm lesz. Az Ohm-törvény értelmében ha a 6 V-os akkumulátorra kapcsoljuk az ellenállást, az $I=U/R$ képlet alapján ($6V/6$ ohm) azt kapjuk, hogy az ellenállásokon keresztül 1 A áram folyik.

Ennek alapján az $U=I \cdot R$ képlet segítségével kiszámíthatjuk az egyes ellenállásokon mérhető feszültséget, azaz (1 A/1 ohm) tehát 1 Volt feszültséget mérhetünk minden egyes ellenálláson. Ha az áramforrás egyik végpontjától elkezdjük mérni a sorban következő ellenállások feszültségét, akkor a következő eredményeket kapjuk: az első ellenálláson 1 V, a következőn 2 V, az ötödiken 5 V feszültség van, a hatodik vége pedig megegyezik az áramforrás feszültségével – hiszen oda van kapcsolva -, azaz 6 V lesz a mérhető feszültség.

Így tehát az akkumulátor 6 V-os feszültségét azonos értékű ellenállásokkal 1 Voltonként megosztottuk, azaz a soros kapcsolással feszültségosztást hoztunk létre. A mért értékek akkor felelnek meg a leírtaknak, ha nem kapcsolunk az osztott feszültségekre terhelést, azaz nem folytatunk el a körből áramot. Ha mégis megteesszük, akkor megváltoznak az áram- és feszültségviszonyok, így az egyenletes feszültségeloszlás is megszűnik.

Ez esetben viszont átteveztünk a párhuzamosan kapcsolt ellenállások izgalmas világába, ugyanis a terhelés mindig párhuzamosan kapcsolt ellenállást jelent, ami megváltoztatja az áramkör terhelés-mentesen kalkulált feszültség és árameloszlási jellemzőit.

Jól belátható, hogy amennyiben az ellenállásokat párhuzamosan kapcsoljuk, az eredő ellenállás mindenféleképpen kisebb lesz, mint a párhuzamos ellenállások közötti legkisebb ohm értékű tag. Ez azért van, mert mindegyik ellenálláson az értéküknek megfelelő áram fog átfolyni, ha a párhuzamos elrendezésre feszültséget kapcsolunk. Vegyünk egy példát: Egy 6 V-os akkumulátorra kapcsoljunk két darab 6 ohmos ellenállást párhuzamosan. Az előző példából tudjuk, hogy a 6 V és a 6 ohm esetén 1 A áram folyik a körben. Ha még egy 6 ohmos ellenállást bekötünk az akkumulátorra, azon is 1 A áram fog folyni. Az akkumulátor tehát úgy látja, hogy neki 2 A áramot kell szolgáltatnia, s ebből kiszámolható, az $R=U/I$ képlettel (6 V/2 A), hogy az akkumulátor 3 ohmos terhelést szolgál ki. Ez a 3 ohm esetünkben pontosan a két párhuzamosan kötött 6 ohmos ellenállás eredő ellenállása.

Általánosságban úgy fogalmazhatjuk meg a jelenséget, hogy a párhuzamosan kötött ellenállások eredője a következő:

$1/R_{eredő} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$ **enedik.** E képlet azt mutatja, hogy az áram hogyan oszlik el a tetszőleges értékű és számú párhuzamosan kötött ellenállásokon és mennyi lesz az eredő ellenállás. Ha szélső értékeket vizsgálunk, az $n=0$ esetén az áramforrásra nem kötünk semmilyen ellenállást, tehát az elméleti eredő ellenállás az ideális szigetelő állapotnak felel meg. Az $n=\infty$ esetén végtelen sok ellenállást kötöttünk párhuzamosan, ennek eredő értéke nulla ohm, azaz ideális vezetővel zártuk rövidre az áramforrást.

Anélkül, hogy bonyolult számításokat végeznénk, kapásból tudjuk, hogy két párhuzamosan kapcsolt, azonos értékű ellenállás eredője fele lesz a névleges értéknek, míg két sorba kapcsolt ellenállás eredője a névleges értékük összege lesz. Ezek a gyakorlatban jól használható szabályok.

A következő részben megismerkedünk az induktivitásokkal, azaz a tekercsekkel.

– *** –

A tekercs (induktivitás) (A rádióamatőr – 23. rész)

Az előző részben a passzív alkatrészek közül az ellenállással foglalkoztunk, soron következő passzív alkatrészünk a tekercs, szakszerűbben szólva az induktivitás.

Amikor az antennákat és az elektromágneses teret taglaltuk, azt mondtunk, hogy ha a kedvenc drótdarabunkon keresztül áramot folytatunk, a drót körül mágneses tér alakul ki. Ha az áram megszűnik, a mágneses tér is megszűnik. Ahhoz, hogy jól érzékelhető legyen a mágneses tér, az egyenes drótdarabon igen csak nagy áramot kellene keresztülhajtani, továbbá ez a mágneses tér a drótdarab teljes hosszában egyenletesen és koncentrikusan jelenik meg.

Az antennáknál ezt jól ki tudjuk használni, viszont ha jó erős, elektromosan táplált mágneses teret szeretnénk létrehozni, akkor az egyenes drótdarabot feltekerjük egy belül üres hengerre (mondjuk egy műanyag csőre), a mágneses tér a henger belsejében koncentrálódik, majd onnan az egyik végen kilépve megkerüli a tekercset és a másik végén jut vissza a tekercs belsejébe. E jelenséget a mágneses tér erejének mérésével tudjuk igazolni, amire van egy egyszerűbb megoldás, mint egy drága műszer; vasport is alkalmazhatunk a mágneses tér erősségének és az erővonalak eloszlásának láthatóvá tételére.

Az előbbiekben vázolt elrendezést légmagos tekercsnek nevezzük, amely inkább a mi érdeklődési körünkbe eső rádiótechnikában kerül alkalmazásra.

Ha a hengerbe mágnesezhető vasat (például sok szöget) vagy másmilyen mágneses tulajdonságú anyagot helyezünk, a mágneses hatást a légmagos állapothoz képest a behelyezett anyag mágneses tulajdonságainak megfelelően megsokszorozhatjuk. Ezt a tekercset vasmagos tekercsnek nevezzük, amelyet az erősáramú alkalmazásokba pl. húzóerő kifejtésére használjuk (mágneskapcsoló, mágnesdaru, relé), míg a rádiótechnikában hangolható tekercsként (ha elmozdítható a vasmag), vagy nem hangolható tekercsként számos célra alkalmazunk. Manapság egyre gyakoribb a ferromágneses gyűrűanyagra készített tekercs, amit toroidnak nevezünk.

A tekercs mágneses tulajdonságait az induktivitás jellemzi, amely függ a tekercs méretétől, menetszámától, a tekercselés fizikai kialakításától és vasmag alkalmazása esetén annak méreteitől, fizikai kialakításától és a ferromágneses anyag tulajdonságaitól. A toroid tekercsnél a mágneses kör önmagába zárt, tehát a legkisebb veszteségű tekercsnek tekinthetjük.

Ha egy sokmenetes tekercsre áramot kapcsolunk, a következő történik: Az első pillanatban a tekercs nem vesz fel áramot, mert a mágneses tér kialakulásához idő kell. Ez azért van, mert a mágneses tér maga energiát jelent (hiszen munkavégzésre alkalmas), ez az energia a bekapcsolást követően bizonyos idővel éri el a tekercs adottságainak megfelelő értéket. Amikor kialakult a tér, beáll egy állandó áram, ami átfolyik a tekercsen. Ha megzavarjuk a kialakult mágneses teret (pl. munkát végeztetünk vele), a tér igyekszik magát fenntartani, az áramfelvétel növelésével igyekszik az elveszített mágneses energiát visszapótolni.

Ha kikapcsoljuk a tekercs áramát, a mágneses tér összeomlása a tekercsben sokkal nagyobb feszültséget indukál, mint az őt működtető áramforrásé volt, ezért a kikapcsoláskor szikra keletkezik – a mágneses energia így távozik a tekercsből. Ezt a régi időkben jól megtapasztalhatták az amatőrök, amikor a nagy érzékenyséű mágneses fülhallgatókra néhány voltos elemet kézzel kapcsoltak, az érintkezés megszűnésekor sokszor kellemetlen áramütésben részesültek.

Minden vezető, amin áram folyik, induktivitás is egyben, továbbá a fél menetes tekercs is tekercsnek tekinthető rádiós szempontból. Azt kell még megjegyeznünk, hogy a tekercsen a feszültség az áram előtt jár, szaknyelven úgy mondjuk, hogy az áram késik a feszültséghez képest. Azt is fontos tudnunk, hogy a tekercselésre alkalmazott huzal ohmos ellenállást jelent, amely sorosan kapcsolódik a mágneses hatást megtestesítő induktivitással.

A későbbiekben még lesz dolgunk a tekercsekkel, főleg mert az építendő detektoros vevőnk egyik fontos alkatrészéhez van szerencsénk általa.

– *** –

A kondenzátor (A rádióamatőr – 24. rész)

Az előző részekben tárgyalt passzív alkatrészek, az ellenállás és az induktivitás után most megismerkedünk egy igen érdekes alkatrésszel – a kondenzátorral.

A kondenzátor azért érdekes alkatrész, mert rajta keresztül nem tudnak áthatolni az elektronok, ugyanis két nagy kiterjedésű fémfelület közé szigetelőanyagot helyezünk és így jön létre a kondenzátor. A szigetelőanyag megakadályozza az elektronok áramlását, viszont a két kiterjedt fémfelület eltárolja az elektromos töltéseket akkor, ha azok között induló potenciálkülönbség, azaz feszültségkülönbség van. Ilyenkor az elektromos töltések vonzzák egymást ezért megpróbálnak kiegyenlítődni és átjutni a szigetelőrétegen.

Ideális esetben ez nem sikerül, így a kondenzátor a töltéseket korlátlan ideig tárolja. Sajnos tökéletes szigetelőanyag nincs, így a kondenzátorba tárolt töltések idővel át-szivárognak a szigetelőanyagon és kiegyenlítik egymást. A kondenzátor értéke (töltés-tároló képessége) függ a fémfelületek nagyságától, az egymástól mért távolságuktól és a szigetelőanyag úgynevezett dielektromos tulajdonságaitól. Minél nagyobb az egymással szemben elhelyezkedő fémfelület, minél közelebb vannak egymáshoz és minél jobb a szigetelőanyag dielektromos tényezője, annál nagyobb lesz a kondenzátor értéke – azaz annál több töltést tud a kondenzátor eltárolni.

Tekintettel arra, hogy a szigetelés feszültségtűrő képessége véges, a kondenzátort túl nagy feszültségre kapcsolva a szigetelés tönkremehet (azaz átütés következik be), s ez véglegesen tönkretesz a kondenzátort. Ezért a kondenzátort nem csak a tárolókapacitás értéke jellemzi, hanem figyelembe kell venni a rákapcsolható maximális feszültséget is. Például egy 6 V-os kondenzátort nem ajánlatos 9 V-ra kötni, mert tönkremehet.

Amikor egy üres kondenzátort feltöltünk, az áramforrásra rákapcsolva az első pillanatban az áramforrás rövidzárat lát, mert a töltések nagyon hevesen igyekeznek feltölteni a kondenzátort. Az idő múlásával a kondenzátor feszültsége egyre emelkedik, így az áramforrásból egyre kevesebb töltés tud a kondenzátorba vándorolni, végül a kondenzátor és az áramforrás feszültsége azonos lesz. Ezt hívjuk feltöltött állapotnak, s ilyenkor már nincs töltésáramlás.

Ha mindezt lefordítjuk áramra – hiszen a töltésáramlás maga az áram – akkor a kondenzátor a rákapcsolás pillanatában igen nagy áramot vesz fel, majd az áram egyre csökken végül nullává válik, amikor a kondenzátor feltöltődött. Emiatt a kondenzátor olyan passzív alkatrész, amelyen az áram siet a feszültséghez képest, hiszen a feszültség kialakulásához idő szükséges, amelyet az áram kezdeti intenzív majd csökkenő beáramoltatásával érünk el. Ehhez még annyit, hogy ez az idő függ a kondenzátor kapacitásától és a

rákapcsolt feszültségtől. Kis értékű kondenzátoroknál és feszültségnél ez a folyamat a másodperc töredéke alatt zajlik le.

Emlékezzünk vissza, hogy az induktivitásnál az energia a tekercs körül felépített mágneses erőtér formájában tárolódik, s e tér felépítéséhez idő kell. Azaz a feszültség rögtön jelen van, s az áram egyre nő, tehát feszültség siet az áramhoz képest. A kondenzátornál az energia a kondenzátorba bevitt töltésmennyiség formájában tárolódik, a töltések befolyása hozza létre a kondenzátoron a feszültséget. Azaz az áram siet a feszültséghez képest, s ez pont ellenkezője az induktivitásnál tapasztaltaknak.

A kondenzátor és az induktivitás egymással kombinálva egy érdekes rádiótechnikai alkalmazást eredményez, amellyel a rezgőkör formájában fogunk foglalkozni.

Ha egy feltöltött kondenzátort leválasztunk a tápforrásról, s a kivezetésein megmérjük a feszültséget, azt fogjuk tapasztalni, hogy az megegyezik az tápforrás feszültségével. A kondenzátor által felvett villamos energia eltárolódott a kondenzátorba. Ez az energia a kisütéssel távozik. A kisütés legegyszerűbb esete az, hogy kondenzátor kivezetéseit rövidre zárjuk. Ekkor igen nagy, majd egyre csökkenő áram folyik át a rövidzáron. Ráadásul sok energia esetén (nagy értékű kondenzátornál) szikra és csattanás is jelzi a kisülés folyamatát.

A nagy feszültségre kapcsolt és feltöltött kondenzátor érintése életveszélyes áramütést okoz, ezért az ilyen kondenzátorokat rövidzárral ki kell sütni, ha egy, a már hálózatról leválasztott berendezésben akarunk turkálni. **Az elektronikus berendezésekben tehát akkor is lehet veszélyes feszültség, ha azok már sehová nincsenek csatlakoztatva. Ezt mindig tartsuk szem előtt!**

(Megjegyzés:

A kondenzátor kinézetre hasonló az ellenállásokhoz. A kondenzátor felirata vagy színjelölése megadja a kondenzátor értékét – mikrofarádban, nanofarádban, pikofarádban – továbbá a kondenzátorra kapcsolható legnagyobb feszültséget. Létezik forgókondenzátor, ahol az egyik fegyverzet a másikhöz képest egy tengellyel elforgatható, ezáltal a kondenzátor értéke egy megadott tartományban változtatható. Közöttük a szigetelés lehet levegő (légforgó), műanyaglemez, speciális esetben vakum. Létezik trimmerkondenzátor is, amely hasonló egyszeri beállítási célt szolgál, mint a trimmerpotenciométer. A fegyverzetek közötti szigetelés módok megfelelnek a forgókondenzátornál említetteknek.)

Ezzel „kivégeztük” a használatos passzív alkatrészeket, de nem szabadulunk meg tőlük, s a későbbiekben további tulajdonságaikkal kell majd foglalkoznunk.

Ezzel az előadással két éves sorozat zárul részlegesen, de csak azért, mert az eddig elhangzott 24 rész nyomtatásban is megjelenik, várhatóan januárban. A következő hangzó részben, szintén januárban, az áramforrásokkal kezdünk foglalkozni.

– *** –

Áramforrások (A rádióamatőr – 25. rész)

Mielőtt az áramforrások taglalásába belekezdenénk, néhány mondat erejéig visszatérünk a kondenzátorra. A kondenzátor kinézetre hasonló az ellenállásokhoz. A kondenzátor felirata vagy színjelölése megadja a kondenzátor értékét – mikrofarádban, nanofarádban, pikofarádban – továbbá a kondenzátorra kapcsolható legnagyobb feszültséget. Létezik forgókondenzátor, ahol az egyik fegyverzet a másikhöz képest egy tengellyel elforgatható, ezáltal a kondenzátor értéke egy megadott tartományban változtatható. Közöttük a szigetelés lehet levegő (légforgó), műanyaglemez, speciális esetben vákuum.

Létezik trimmerkondenzátor is, amely egy picike méretű forgókondenzátor és egyszeri beállítási célt szolgál, mint a trimmerpotenciométer. A fegyverzetek közötti szigetelés módok megfelelnek a forgókondenzátornál említetteknek.

Az áramforrások feladata, hogy valamilyen más energiát villamos energiává alakítsanak. Ezek egy fontos csoportja kémiai alapon működik, ezért kénytelenek vagyunk megismerkedni az elektrokémia alapjaival.

A fémeken kívül léteznek más villamos vezetőanyagok, részben olyanok, amelyek természetes állapotukban is elektromos vezetők, részben olyanok, amelyek oldatban, olvadt állapotban vagy más külső hatásra válnak vezetővé.

Az anion olyan atom, vagy molekula (atomcsoport), amely elektromos töltéssel rendelkezik. A negatív töltésű ion, más néven anion olyan atom vagy molekula, melynek egy vagy több elektrontöbblete van, a kation pedig pozitív töltésű ion, amiben egy vagy több elektronhiány van, hasonlítva az eredeti részecskéhez. A folyamat, mely során létrejönnek az ionok, az ionizáció.

Az ionizációval a későbbiekben is fogunk foglalkozni, hiszen földünket a nap sugárzásának és a világegyetem keménysugárzásának hatására ionizált gágréteg veszi körül (ionoszféra). Ennek köszönhető, hogy a rövidhullámok visszaverődnek a nagy magasságban található ionizált gágrétegekről, s ezt a jelenséget használjuk ki a földi, nagy távolságú rádióösszeköttetések létesítésére.

De térjünk vissza az elektrokémiára. A fémek legtöbbször kationokat hoznak létre, a nemfémes elemek anionokat. Például a nátrium Na^+ kationt, míg a klór Cl^- (klorid) aniont hoz létre.

Elektrolit: Olyan anyag, amely vízben (vagy más oldószerben) oldva ionokra esik szét, és ezáltal az oldószert az elektromos áram számára vezetővé teszi. Az elektrolitok legfontosabb csoportjai a savak, a lúgok és a sók, amelyeket ezért másodosztályú vezetőknek neveznek. A legegyszerűbben úgy készíthetünk otthon elektrolitot, hogy konyhasót (nátriumkloridot – vegyjele NaCl) vízben oldunk fel.

Elektródapotenciálnak nevezzük az elektronok potenciális energiáját az elektródon. Ez az oldat és az elektrolit között kialakuló potenciálkülönbség. Fémek esetében egy hidrogén-elektrodához viszonyított feszültség adja meg a normál (viszonyított) elektródapotenciált. Például a lítium 3,04 V, az alumínium 1,66 V.

Ha két különböző elektródapotenciálú anyagot megfelelő elektrolitba helyezünk, elektrokémiai folyamatok játszódnak le, amelynek eredménye villamos áram, azaz energia-termelés. Ezen az elven működik a legolcsóbb, s egyben a legelterjedtebb elemtípus a szárazelem is, amelyet a következő részben veszünk szemügyre.

– *** –

A szárazelem (A rádióamatőr – 26. rész)

Az előző részben az elektrokémia rejtelseit kezdtük igen felületesen vizsgálni, s tettük ezt azért, mert a kémiai áramforrások felfedezésére teszünk kísérletet.

Az egyik legismertebb és a mai napig is széles körben alkalmazott kémiai áramforrás a szárazelem. A szárazelem legfőbb jellemzője, hogy az elemet addig tudjuk használni, amíg megfelelő szintű elektromos áramszolgáltató képessége fennáll, s amikor kimerült, helye a szelektív hulladékgyűjtőben lesz.

Tehát a szárazelem addig használható, amíg le nem merül, azaz nem újratölthető. Az akkumulátor – ellentétben a szárazelemmel – olyan kémiai áramforrás, amely lemerülése esetén elektromos árammal újratölthető, tehát sokszoros ciklusban felhasználható. De erről majd később.

A szárazelem alkalmas mindenféle törpefeszültséget igénylő elektromos készülék üzemeltetésére. Nézzünk néhány példát: elemlámpa, tranzistoros rádió, akár rádióadó-vevő, digitális fényképezőgép, mp3 lejátszó, stb.

Különböző formában gyártják, legismertebbek a különféle méretű rúdelemek, valamint a laposelem. A rúdelemek a szárazelem elemi egységei (egy cella), feszültségük jellemzően 1,5 Volt. A laposelem három sorbakapcsolt cellát tartalmaz, feszültsége jellemzően 4,5 Volt. A rúdelemek sorba kapcsolása segítségével növelhetjük a feszültséget 1,5 Voltonként, mert vannak olyan készülékek, amelyeknek elegendő az 1,5 Volt, mások viszont 3, 6, 9 vagy 12 Voltot igényelnek. E készülékekbe – a 9 Voltosat – kivéve több rúdelemet kell behelyezni, jellemzően 2, 4, vagy 8-at. A 9 Voltos elem önálló típus, formája kis-méretű hasáb, az elemen belül hat cella kapcsolódik sorba.

A szárazelem a galvánelemek családjába tartozik. Az alap galvánelem a különböző fémek elektródapotenciálját és az elektrolit vezetőképességét hasznosítja elektromos áramtermelés szempontjából. Egy edénybe vízzel oldott kénsavat öntünk és negatív elektródként cinket, pozitívként rézet helyezünk bele. Amennyiben az így kialakított cella feszültségét megmérjük, kb. 1 Volt feszültséget kapunk. Ha fogyasztót kötünk az elektródákra, a fogyasztón keresztül áram fog folyni, tehát a cella alkalmas az elektromos energia termelésére.

Az ilyen cellákat (tekintettel arra, hogy oldatként kénsavat tartalmaz) praktikus célokra nem nagyon lehet alkalmazni. Már csak azért sem, mert az elektródokon gázbuborékok keletkeznek (a rézen hidrogén, a cinken oxigén), amelyek megjelenése az úgynevezett depolarizációs hatás miatt gyorsan csökkenti az elem feszültségét, ezáltal az energia-termelést.

Az iparilag gyártott és az üzletekben vásárolható szárazelemek más, igen praktikus kialakításúak. Egy cink tartályba (ez a negatív elektróda) barnafölddel körülvett grafitrudat helyeznek (ez a pozitív elektróda). A barnaföld (mangándioxid) henger és cinktartály közötti részt kocsonyásított, vizet is tartalmazó elektrolittal töltik ki, majd az egészet légmentesen lezárják, hogy a víz ne párologjon el. A barnakőpor leköti a keletkezett hidrogéngázt, ezáltal megoldódik a depolarizáció miatt fellépő hatásfokromlás.

A szárazelem üzemképes mindaddig, amíg ki nem szárad, amely gyakorlatilag a cink-tartály anyagának, azaz a cinknek elfogyásának és kilyukadásának következménye. A szárazelem elektromos jellemzői a következők: Üresjáratú feszültsége a gyártás után 1,6 Volt körül van, jellemző üzemi feszültségnek 1,5 Voltot számolunk. Az elemet a terhelés következtében folyamatosan csökkenő feszültség (ezzel a csökkenő leadott teljesítmény) jellemzi. Lemerült állapotúnak tekinthetjük azt az elemet, amelynek cellafeszültsége terheletlenül már 1,2 Volt környékén van.

Az elem a hosszú idejű tárolás következtében is merül, azaz veszít feszültségéből és a leadható teljesítményéből. Újra nem tölthető, nem regenerálható. A lemerült elemet szelektív hulladékként kell kezelni.

Lemerült, de még véglegesen tönkre nem ment elemeket a rádióamatőr gyakorlatban hasznosíthatjuk, ha olyan mikrofogyasztású áramköröket üzemeltetünk velük, amelyeket magunk építünk és valamilyen hasznos célt szolgálnak. Ilyen áramkörök léteznek, fogyasztásuk sokkal kisebb lehet, mint az elem önkisülési képessége.

A szárazelemek fejlettebb fajtája az úgynevezett tartós elem, amely kapacitásában lényegesen jobb, s ez a fogyasztói árban is tükröződik. A tartós elemek jobb energia-termelési képességük miatt alkalmasabbak a nagyobb fogyasztású berendezések üzemeltetésére, ilyen például a néhány wattos kézi rádióadó-vevő készülékünk.

– *** –

Áramforrások belső ellenállása (A rádióamatőr – 27. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a szárazelemmel, amelyről azt mondtuk, hogy kimerülése, lemerülése esetén elektromos áram termelésre többé már használni nem tudjuk. Hivatkoztunk az akkumulátorra, s róla azt állítottuk, hogy a lemerült akkumulátor feltölthető villamos energiával, s ezt az áramforrást sok „feltöltés – lemerítés” ciklus során tudjuk hasznosítani elektromos energiátárolásra, elektromos energia szolgáltatására.

A szárazelem esetén az elektrokémiai reakció során szabad elektronok keletkeznek, s ezek az elektronok szolgáltatják a villamos energiát, azaz az áramot, ha az elemre terhelést kötünk. Amennyiben az elektrokémiai reakcióhoz szükséges valamelyik anyag elfogy vagy az elektrolit kiszárad, a villamos energiatermelés leáll és az elemet hulladékként kezeljük a továbbiakban.

Az akkumulátorokban olyan elektrokémiai reakció zajlik le, amely szintén elektronleadással jár, s ugyanakkor a szárazelemmel ellentétben az elektrokémiai reakció megfordítható. Ez azt jelenti, hogy a lemerült akkumulátorba bevezetett áram, azaz az elektronok miatt az elektrokémiai reakció megfordul s az akkumulátor egy idő után eléri a feltöltöttség állapotát. Tehát az akkumulátor sok ciklusban tölthető és a fogyasztó által kisüthető, azaz villamos energia tárolására alkalmas eszköz.

Megjegyezzük, hogy villamos energia tárolására elvileg alkalmas eszközzel már találkozunk, s ez pedig a kondenzátor. Az akkumulátor azonban a kondenzátornál sokkal alkalmasabb tároló eszköz, ezért hordozható, hálózathoz nem kötött berendezések energiaellátásra a gyakorlatban az akkumulátort alkalmazzuk, a kondenzátor ilyen célra nem alkalmas.

Meg kell azt is jegyezni, hogy a villamos energia tárolására mind a mai napig nincs hatékony és jó megoldás, különösen nagy teljesítmények esetén. Az akkumulátorok (és a szárazelemek is) térfogatra számított villamos energia tárolóképessége igen alacsony így a hatásfok sem jó.

Olyan esetben, amikor egy atomerőmű éjszaka termelt és fel nem használt energiáját szeretnénk a nappali csúcsfogyasztásra tartalékolni, akkor igen sajátos megoldásra kényszerülünk. Az atomerőmű energiatermelése nem szabályozható, ráadásul a megtermelt villamos energiát mindenféleképpen el kell vezetni az atomerőműből, mert a bent maradt energia túlhevülést okoz, s az tönkretenné az erőművet. Az atomerőművet ráadásul nem lehet csak úgy egyszerűen leállítani, mert különösen az újraindítás időigényes és érzékeny folyamat.

Ezen erőművek esetén az ideiglenesen fel nem használt energiát arra használják, hogy magasan fekvő víztározókba vizet nyomnak fel, majd csúcsidőben a leengedett vizet víz-erőmű segítségével visszaalakítják villamos energiává. Ez a folyamat alacsony hatékonyságú (azaz a bevezetett energia nagyobbik része elvész, de nincs jobb megoldás jelenleg).

Nos, térjünk vissza még egy gondolat erejéig a szárazelemre. Mi van akkor, ha egy szárazelem kapcsait rövidere zárjuk. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy e kísérletre ne friss,

hanem egy már lemerült elemet használjunk. A lemerült elemben még lehet annyi energia, hogy a jelenséget észleljük, de annyi már nem, hogy kárt okozzunk a kísérettel.

Alapvetően azt feltételeznénk, hogy a szárazelem rövidre zárása során a rövidzáron keresztül igen nagy áram folyik át. Valójában az történik, hogy az áram kezdetben nagy, majd csökken, viszont az elem elkezd melegedni. Már tudjuk, hogy egy ellenálláson átfolyó áram az ellenállást melegíti, tehát az elemben valahol ellenállásnak kell lennie.

Igen, valóban így van. Az elektrokémiai folyamat megtestesít egy elektromotoros erőt, ezt a terheletlen elem kapocsfeszültségeként meg is mérhetjük. Ugyanakkor az elektrolitnak van elektromos ellenállása, ami sorba kapcsolódik az elektromotoros erő által keltett feszültséggel, s ez az „elrendezés” rejlik a szárazelem külső csatlakozói mögött.

Ebből következik, hogy a szárazelem által szolgáltatott áram mindig átfolyik a szárazelem belső ellenállásán, azaz ez a belső ellenállás mindig sorosan kapcsolódik a terhelő ellenállással, s minél nagyobb a terhelő áram, annál inkább csökken az elem kapocsfeszültsége.

Vizsgáljunk meg egy rövidzárási állapotot. A belső elektromotoros feszültség legyen 1,2 Volt, a belső ellenállást tételezzük fel 1 ohmra. Az Ohm-törvény segítségével máris kiszámíthatjuk a rövidzárási áram értékét: az $I=U/R$ képlet alapján ez 1,2 Amper értékre adódik. Az elemben keletkező hő villamos teljesítményforrása a $P=U \cdot I$ képlet alapján 1,44 Watt lesz, ami az elem melegedését okozza. Rövid időn belül a rövidzár véglegesen tönkreteszi az elemet, az elektromotoros erő, ezzel a rövidzárlati áram rohamos csökken, s némi idő múlva eléri a nullát.

Általánosítva megállapíthatjuk, hogy minden áramforrás rendelkezik belső ellenállással, s annak nagysága meghatározza az áramforrás terhelhetőségi és rövidzárási tulajdonságait. A különböző elektrokémiai áramforrásokból a kívánt fogyasztói jellemzőknek legmegfelelebbet kell választani.

A következő részben szemügyre vesszük az akkumulátorokat, fajtáikat és elektromos tulajdonságaikat.

– *** –

Az akkumulátorokról (A rádióamatőr – 28. rész)

Az előző részben megtárgyaltuk a szárazelemmel kapcsolatos alapvető ismereteket, továbbá általánosítható formában az áramforrások belső ellenállását. Szóba kerültek az akkumulátorok abból a szempontból, hogy a bennük zajló elektrokémiai folyamat kétirányú, tehát fogyasztó rácsatlakoztatása esetén a keletkezett szabadelektronokat hasznosítjuk – a lemerült akkumulátorba elektromos áramot vezetve pedig az elektrokémiai folyamat megfordul és a bevezetett elektronokat az akkumulátor mintegy „elraktározza”, azaz feltöltődik.

Míg a szárazelemeknél az elektromos áram leadási képességet különböző okok miatt elég nehéz meghatározni, az akkumulátorokra vonatkozóan elég jó mérőszámmal rendelkezünk; ez pedig az amperóra (Ah). Amennyiben egy akkumulátor névleges kapacitását 50 amperórának adja meg a gyártó, ebből arra következtethetünk, hogy az akkumulátort 5 Amper árammal folyamatosan terhelhetjük 10 órán keresztül a lemerülési állapot eléréséig. Ennél az akkumulátornál 10 A terhelés esetén 5 óra alatt érjük el a lemerülést.

A töltés is többféleképpen történhet. Normál módban a példának vett kapacitásnál 5 A árammal 12–14 óra alatt érjük el a feltöltöttségi állapotot. Úgynevezett gyors töltéssel – ha az akkumulátor arra szerkezetileg alkalmas – 1 óra alatt kb. 60–65 Amper befolyatás-

sal fel tudjuk tölteni az 50 amperórát. Az akkumulátorok kapacitása (amperóra tárolóképessége) a töltési-lemerítési ciklusok folyamán fokozatosan csökken, majd kivitelől függően néhány száz ciklus után az akkumulátor már használhatatlanná válik és cserére szorul. A tönkrement akkumulátor – hasonlóan a szárazelemhez – veszélyes hulladék.

A feltöltött akkumulátor önkisülés miatt terhelés rákapcsolása nélkül is veszít töltöttségi állapotából. Amennyiben egy akkumulátort állandóan feltöltött állapotban, úgynevezett készenléti üzemmódban szeretnénk tartani, csepptöltést kell alkalmazni. A csepptöltés folyamatosan újratölti az önkisülés által merülő akkumulátort. Erre speciális töltőberendezések alkalmasak, amelyek érzékelik a feltöltött állapot elérését, majd a töltőáramot csak az önkisülés pótlásának megfelelő értékre csökkentik. Ez az áram a töltőáram töredéke, s mindaddig csepptöltünk, amíg az akkumulátort használatba nem vesszük. Az ilyen intelligens töltőberendezés arra is alkalmas, hogy használat közben is töltse az akkumulátort. Ezt a módszert a hálózati táplálástól függetlenített biztonsági rádiórendszereknél alkalmazzák.

A rádióamatőr a szárazelemek mellett gyakran a néhány Watt adóteljesítményű, kézi hordozható készülékekhez használ akkumulátort. Viszont az akkumulátor különösen akkor hasznos és már pótolhatatlan, ha kirándulások alkalmával 5–10 W adóteljesítményű, rövid- vagy ultrarövidhullámú berendezést telepítünk, s azzal forgalmazunk a természet lágy ölén. Vegyünk egy példát; 10 W-os rövidhullámú berendezést szeretnénk üzemeltetni egy hegycsúcs gyalogos meghódítása során. A berendezés 12 Voltról üzemel és adásra kapcsolva nagyjából 2 Amper, vétel során nagyjából 0,25–0,3 Amper áramot vesz fel. Amennyiben a kiránduláson magunkkal cipelünk egy 7 amperórás kapacitású, 12 V-os akkumulátort, csak adásra használva a készülékünket nagyjából kettő és fél óra üzemidő állna rendelkezésünkre. Mivel az adási és a vételi periódusok váltják egymást, a terhelés ennek megfelelően váltakozik és ezzel az akkumulátorral több órán keresztül képesek vagyunk rádióforgalmat lebonyolítani. Végül is ez az időtartam attól függ, hogy milyen hosszúak a nagy áramfelvételű adási periódusaink.

Van egy harmadik eset is, amikor rászorulhatunk az akkumulátor használatára; ez pedig a vészhelyzeti kommunikáció. A mai korszerű, 100–150 wattos teljesítményű asztali rádió adóvevők teljesen félvezetőkkel készülnek, ezért közvetlenül üzemeltethetők 12 Voltról. Áramfelvételük 20 és 30 Amper között van. A személygépjárművek akkumulátorai 12 voltosak és kapacitásuk 45–80 amperóra közé esik. Amikor már nincs más lehetőség, vészhelyzetben egy gépkocsi-akkumulátor minimum 1,5–2 óra folyamatos adás-hosszat biztosít, de ha takarékosan forgalmazunk, ennél sokkal hosszabb idő áll rendelkezésre az akkumulátor lemerüléséig.

A következő részben megismerkedünk az akkumulátorok alaptípusaival.

– *** –

Akkumulátor alaptípusok (A rádióamatőr – 29. rész)

Miután áttekintettük az akkumulátorokkal kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat, szánjunk néhány percet az akkumulátorok alaptípusainak és ezen típusok alapvető tulajdonságainak megismerésére.

A mindennapi gyakorlatban legelterjedtebb akkumulátor a gépjárművekbe épített indítóakkumulátor, amelyet ólomakkumulátornak is nevezünk. Ez a típus savas akkumulátorként is ismert. Neveit onnan kapta, hogy ólom elektródák merülnek hígított savas elektrolitba, általában hígított kénsavba. Ipar célra alkalmazzák a nyitott változatát, a gépjárműben természetesen igyekszünk minél inkább zártabb kivitelben alkalmazni.

Az ólomakkumulátor egy cellájának névleges feszültsége 2 Volt, ezért egy 12 V-os, műanyagháza épített változata 6 darab cellából épül fel. Ezeket az akkukat különböző kivitelben és amperóra kapacitással gyártják, amely néhány amperórától 100-as nagyságrendig terjed. Egy személygépkocsi akkumulátora tipikusan 45 amperórától kezdődik.

Kivitele szerint az ólomakkumulátor lehet karbantartást igénylő, illetve légmentesen zárt – azaz karbantartást nem igénylő típus. Ez utóbbi sokkal kényelmesebben használható, ugyanis az elektrolit savas, azaz maró hatású folyadék. Kijutása a környezetbe egészségkárosodást és a környezetében lévő műszaki berendezés meghibásodását okozhatja.

E pontnál kell megemlíteni, hogy mind a savas, mind a lúgos elektrolit az emberi testre jutva maró hatást fejt ki, ami a bőrön kezdetben szinte nem is érzékelhető, később azonban súlyos égési sérülésként jelentkezik. Ebből rögtön levonható az a tanulság, hogy az akkumulátort szigorúan tilos szétszedni, továbbá – ha szükséges – a karbantartásnál kellő óvatossággal kell eljárni – gumi védőeszközök, védőszemüveg alkalmazása erősen ajánlott!

Egy feltöltött 12 V-os akkumulátor üresjáratú feszültsége 13,8 Volt és lemerültnek tekinthető akkor, ha terheletlen állapotban 11 Voltot mérünk. Egy cellazárlatos (tehát hibás) akkumulátor feltöltött állapotban sem éri el a 11 Voltot.

A gépjárművekben alkalmazott akkumulátorok elviselik a rövid ideig tartó nagy terhelést (ami úgy 300–600 Amper körül alakul), azaz az indítóakkumulátorok családjába tartoznak.

Kivitelétől függően az ólomakkumulátor mélykisütés szempontjából lehet regenerálható, illetve tönkremenő típus. Emiatt célszerű állandóan feltöltött állapotban tartani (csepp-töltéssel), a túlzott energiakivételt (mélykisütést) mindenképpen kerülnünk el. Tehát az üresjáratú kapocsfeszültség minimumának (azaz 11 Volt) elérése esetén az újratöltés indokolt.

A savas akkumulátorok speciális típusa a zselés akkumulátor, amely teljesen zárt és a folyékony elektrolitot zselé helyettesíti. Ez a típus a rádióamatőrök kedvence, mert kirándulásokra ideális mind méretben, súlyban és kapacitásban a kis teljesítményű rádió adóvevők üzemeltetésére.

Egy akkumulátor elektrolitja ugyanúgy lehet lúgos is. E típusokat lúgos akkumulátoroknak nevezzük.

A nikkel-kadmium (NiCd) akkumulátor lúgos elektrolittal működik, feltöltött állapotban tipikusan 1,25 Volt az üresjáratú cellafeszültsége. Manapság már ritkán találkozunk vele, a technika továbblépett e megoldáson.

Az elmúlt években a legtöbb kisebb kapacitású, azaz 1–4 amperórás áramforrást igénylő területen a nikkel metál-hidrid (jele: NiMH) elnevezésű megoldás vette át a NiCd akkumulátorok helyét. Ezekben az akkukban a pozitív oldalon ugyanúgy nikkelt találunk, a negatív oldalon viszont egy speciális hidrogén-megkötő fémötvözetet alkalmaznak a kadmium helyett. Feltöltött üresjáratú feszültsége szintén 1,25 Volt. A NiMH akku töltése viszont sokkal bonyolultabb, mint a NiCd-é. A megfelelő töltésszint eléréséhez az akkumulátor hőmérsékletét is figyelembe vevő, bonyolult töltési eljárás szükséges, s ez lényegesen megbonyolítja a töltőáramköröket.

A lúgos akkumulátorok kedvelik a teljes „lemerülés-feltöltési” ciklust, a mélykisütés viszont ezeknél is kerülendő. A lemerült cella üresjáratú feszültsége 1 Volt alá nem kerülhet.

Kivitelük szerint készülnek a szárazelemeknek megfelelő szabványos méretben, illetve a kézi hordozható rádió adóvevők speciális tartozékaként, amelyet akkupakknak nevezünk, és amelyek típusonként, termékcsaládonként változó kialakításúak, tehát nem szabványosak, nem csereszabatosak. A kézi hordozható rádióknál ajánlott külön elemtartót vásárolni, ugyanis az akkupakkok idővel tönkremennek, cseréjük drága vagy megszűnő típus miatt beszerezhetetlenné válnak. Az elemtartóba viszont akár szárazelemet, akár akkukat el lehet helyezni.

Említést érdemelnek még az úgynevezett lítiumion akkumulátorok, ezek akkupakkokban is megtalálhatóak – főleg a mobiltelefonokban. Cellafeszültségük 4 Volt, teljesítményük kétszerese a NiCd (nikkel-kadmium)akkumulátoroknak, s mindezt fele súlyban produkálják. E típusok jól terhelhetők és jelenleg a legkorszerűbb megoldásnak tekinthetők.

Végül ejtsük szót az üzemanyagcelláról – bár nem elem és nem akkumulátor, továbbá a rádióamatőr gyakorlatban nem, viszont az űrhajózás területén alkalmazzák. Működése bonyolult elektrokémiai folyamatokon alapul, amelyet most nem részletezünk. Az üzemanyag elfogyása esetén, azt pótolva működik újra a cella.

A következő részben az elektromos hálózati áramforrásokat vesszük szemügyre.

– *** –

Az időben változó áram (A rádióamatőr – 30. rész)

Az előző részekben áttekintettük az egyenáramú áramforrásokat, azaz a rádióamatőr számára fontos szárazelemeket és akkumulátorokat. Nem említettük viszont a tápegységet. A tápegység a hálózati feszültséget alakítja át egyenfeszültséggé a készülékek általában kisfeszültségű (5–13,8 V) áramforrásigényének kiszolgálására. A rádiócsöves teljesítményerősítők üzemeltetéséhez viszont többféle feszültségre van szükség, ahol a legnagyobb feszültség több száz volttól több ezer voltig terjedhet. A tápegységekkel majd külön foglalkozunk.

Ez alkalommal megvizsgáljuk, az időben változó áramok és feszültségek esetét. Bizonyára visszaemlékezünk arra, hogy az egyenáramú áramforrásoknak (és minden más áramforrásnak is) van belső ellenállása. Változó terhelés esetén a körben folyó terhelőáram minden esetben átfolyik a belső ellenálláson is. Ennek az lesz az eredménye, hogy az áramforrás kapocsfeszültsége a terhelés függvényében ingadozik.

Megjegyezzük, hogy felváltva használjuk a változó áram és a változó feszültség elnevezéseket. Ugyanis az Ohm-törvény értelmében egy ellenálláson az áram változása feszültségváltozással, illetve a feszültség változása mindig áramváltozással jár együtt.

Vegyünk egy példát: Egy 12 Voltos akkumulátor belsőellenállása 0.05 ohm. A rádió adóvevő billentyűjének lenyomásakor az áramfelvétele 20 Amperre ugrik. A belső ellenálláson a jó öreg Ohm-törvény szerint $U=I \cdot R$ feszültségesés keletkezik, kiszámolva $20 \cdot 0,05$ azaz 1 Volt feszültségesés csökkenti az elektromotoros feszültséget. Tehát a tápforrás feszültsége ennyivel lesz kevesebb, azaz 11 Voltot mérhetünk terhelt állapotban.

Bonyolultabb a helyzet akkor, ha úgynevezett SSB távbeszélő üzemben dolgozunk. Ennek az üzemmódnak az a jellemzője, hogy a beszéd hangerejével arányos teljesítményt ad át a rádió adóvevő az antennának. Amikor nem beszélünk a mikrofonra, az adó áramfelvétele nagyon kicsi, mert kimenő jel sincs. Viszont amikor normál hangerővel beszélünk a mikrofonra, a hangerőcsúcsok elérésekor 20 Amper lesz az adóvevő pillanatnyi áramfelvétele. A dolog szépsége az, hogy a beszédünk igen gyors változásokat produkál,

emiatt a tápforrás kapocsfeszültsége 12 Volt és 11 Volt között ingadozik, nagyjából a beszéd hangerejével arányosan. Ezt a feszültséget nevezzük változó feszültségnek.

Nézzünk egy másik példát: Megépítendő detektoros vevőnkhez egy egytranzisztoros erősítőt is építünk. A tranzisztor munkapontját úgy állítjuk be, hogy a kollektorkörben lévő nagy ellenállású fejhallgatón nyugalmi esetben 3 Volt egyenfeszültség mérhető, az áramkör tápfeszültség legyen 6 Volt. A tranzisztoron (így a fejhallgatón is) átfolyó nyugalmi áram legyen 0,001 A, azaz 1 milliampere. A detektoros vevőből a bázisra érkező hangfrekvenciás vezérlés hatására a tranzisztoron átfolyó változó áram a fejhallgató kapcsain 0,5 V változást fog a csúcsokban okozni. Ez a feszültségváltozás a fejhallgató ellenállásán esetünkben 0,000166 A, azaz 166 mikroampere áramváltozást eredményez. Ez a változást okozza a fejhallgatóban a hang megszólalását. Azt is megállapíthatjuk, hogy a tranzisztorunkon az 1 mA nyugalmi áram a csúcsokban 1,166 mA-re nő

Ez utóbbi példánkban az áram olyan picike, hogy a tápforrásra gyakorolt hatás szinte elhanyagolható. A terhelésen (ez esetben a fejhallgató ellenállása) a feszültség mégis 0,5 Voltot változik a hangerő változásaival arányosan. Tehát van egy a tranzisztoron előre beállított egyenáramú komponensünk (1 mA munkaponti áram), amelynek nagysága a vett hangerő ütemében változik, a csúcsban e változás nagysága a 166 μ A-t éri el.

A példákat az egyszerű szemléltetés céljából választottuk.

A változó áramról (feszültségről) általánosítva elmondhatjuk, nagysága az idő elteltével valamilyen szaporasággal változik, de polaritást soha nem vált. Határértékei 0 Volt és az egyenfeszültségű tápforrás feszültsége között lehet.

– *** –

A változó áram jellemzői (A rádióamatőr – 31. rész)

Az előző részben megismertettük a változó árammal (avagy mondhatjuk úgy is, hogy a változó feszültséggel). A változó áramról (feszültségről) jellemzésként és általánosítva elmondottuk, hogy nagysága az idő elteltével valamilyen szaporasággal változik, de polaritást soha nem vált. A feszültség határértéke 0 Volt és az egyenfeszültségű tápforrás feszültsége között lehet.

A változást jellemezhetjük iránya szerint. Amennyiben egy adott rövid időtartamot vizsgálunk, az áram lehet csökkenő, de lehet növekvő is. Iránya azonban változatlan, csak a nagysága változik. A változó feszültség, vele az áram változásának folyamata és szaporasága is fontos jellemző. A változás lehet teljesen véletlenszerű vagy annak látszó, továbbá lehet valamilyen szabályosságnak vagy több szabályosságnak is egyszerre eleget tévő folyamat.

Nézzünk példákat;

A legegyszerűbb eset az, amikor egy egyenáramú feszültséget ki- és bekapcsolunk, mondjuk olyan gyakorisággal, hogy a kapcsolót követő áramkör fél másodpercig bekapcsolt állapotban van, a következő fél másodpercre kikapcsoljuk. Ezt a kapcsolási folyamatot hosszú ideig ismételtetjük. Ekkor a változó feszültséget az jellemzi, hogy fél másodpercig a teljes tápfeszültség van jelen, majd fél másodpercig nulla lesz a mérhető feszültség. A változás teljesen szabályos, tehát periodikusan, sokszor ismétlődően következik be.

Amennyiben a kapcsoló után egy ellenállást és egy szép színes világítódiodát (LED-et) kötünk, a változást látványossá is tehetjük, mert a LED fél másodpercig világítani fog, fél

másodpercig sötét marad. Ezt az elrendezést villogónak nevezzük. Kezünk egy idő után a sok kapcsolgatástól elfárad, ezért a találékony amatőr a kapcsoló helyére elhelyez egy olyan egy, két tranzisztorból álló áramkört, amely az időzítés és a kapcsolgatás feladatát mindaddig ellátja, amíg a megfelelő nagyságú tápfeszültség jelen van az áramkörben.

Az ellenállás a világító dióda áramkorlátozása szempontjából szükséges. Legyen a világítódiodánk 3 Voltos és 10 mA (azaz tízezred A) maximálisan megengedhető áramerősségű. Legyen a tápforrásunk 6 Volt egyenfeszültség. Az ellenállást az Ohm-törvény szerint úgy méretezzük, hogy a LED feszültségét kivonjuk a tápforrás feszültségéből, majd ezt a feszültséget kell az ellenálláson leejteni, úgy hogy a LED-en 3 Volt maradjon, továbbá a LED-en és a vele sorosan kapcsolt ellenálláson 10 mA áram folyjon. A számítást elvégezve kiderül, hogy az ellenálláson 3 Volt feszültséget kell ejteni 10 mA átfolyó áram beállításához. Az Ohm-törvény segít, azaz az $R=U/I$ képlet alapján 3 Volt osztva 10 ezred Amperrel 300 ohmos ellenállásértéket kapunk eredményül. A LED-en átfolyó áram a típusára megadott névleges feszültségnél nagyobb feszültség esetén rohamosan nőni fog és a LED tönkremegy. Ezért kell az áramkorlátozó, vagyis a feszültségejtő ellenállás.

Amennyiben megvizsgáljuk, hogy az előbbi példában leírt áramkör esetén a LED-en hogyan alakul a változó feszültség, azt fogjuk tapasztalni, hogy fél másodpercig 3 V, majd fél másodpercig nulla lesz a mérhető feszültség.

Amikor az emberi beszédet elektromos jellé alakítjuk abból a célból, hogy erősítsük, a mikrofon által szolgáltatott picike feszültség a beszéd ütemében biztosan változik, de sok más szempontból látszólag teljesen szabálytalan változású. Annyi bizonyos, hogy ha nem beszélünk a mikrofonra, nincs jel, és azt is megállapíthatjuk, hogy a beszéd hangerejétől függ a jel nagysága.

Az emberi beszéd, továbbá minden hang komplex összetevőkből áll. Amennyiben kiadunk egy bizonyos magasságú hangot, ennek az alaphangnak a többszörösei (felharmonikusok) is megjelennek. E komplex jellemező határozza meg az egyéni hangszínt, nem csak az emberi beszéd, de a hangszerek esetében is. Tehát az emberi beszéd esetén a mikrofonból nyert jelet nem csak annak nagysága, hanem annak változó hangmagassága, valamint a hangszínt adó összetevő komponensek (felharmonikusok) jelenléte és állandó változása is jellemzi.

E pici, igen összetett jelekből álló feszültséget egy tranzisztor előre beállított munkaponti feszültségéhez adjuk, s ez a parányi feszültségváltozás ugráltatja a munkaponti feszültséget. Ezáltal a tranzisztoron átfolyó áram a vezérlés ütemében fog változni, méghozzá az előbbieken leírt komplex módon, mind nagyságában, mind a beszéd összetevőinek szaporaságával. A munkaponti feszültségre ültetett jel tehát egy rendkívül összetett változó feszültség, illetve áram lesz. A felerősített jelet a vezérlőjel összetettsége ugyanúgy jellemzi.

A következő részben folytatjuk a változó áram vizsgálatát.

– *** –

Periódusidő és frekvencia (A rádióamatőr – 32. rész)

Amennyiben visszaemlékezünk az előző részre, leírásra került egy világítódiodás (LED-es) áramkör, amelyben kézzel kapcsolgatva, vagy a kézi kapcsolót időzítő tranzisztoros kapcsolással helyettesítve a színes LED fél másodpercig világít, fél másodpercig sötét marad. Ezt a folyamatot tetszőleges hosszú ideig ismételhetjük. Tehát az első periódust, ami fél másodpercig fénykibocsátást, fél másodpercig sötétséget jelent, folytathatjuk további, tetszőleges számú periódussal.

A változó feszültség szempontjából vizsgáljuk meg ismét, hogy egy periódus alatt hogyan alakulnak a feszültségviszonyok:

Mint abban a bizonyos LED-es példában már megállapítottuk, a világítódiodán 3 V feszültség jelenik meg fél másodpercig, majd a következő fél másodpercben nulla V feszültséget mérhetünk. A következő periódusban ugyanez játszódik le, s így halad tovább a folyamat. Egy periódus ideje példánkban tehát egy másodperc. Ezt a periódusidőt nagy „T”-vel jelölve kiszámíthatjuk azt, hogy egy másodperc alatt hány periódus fut le. A kapott értéket gyakoriságnak, a továbbiakban frekvenciának nevezzük. Jele kis „f” betű. A frekvencia mérőszám tehát azt mutatja, hogy egy másodperc alatt mennyi a lefutott periódusok száma. Mértékegysége Hertz (rövidítése Hz). A frekvencia kiszámításakor a töredékperiódust (a nem teljesen befejeződött periódust) is figyelembe kell venni

Nézzük először a példánkat. A T periódusidőnk 1 másodperc. Az $f=1/T$ képletbe behelyettesítve a „T”-t, $f=1/1$ -et kapunk. Tehát a frekvencia éppen 1 Hertz-re (Hz) adódik. Ha a periódusidőt felezzük, azaz a LED csak negyed másodpercig világít, és a következő negyed másodpercben sötét marad, 1 másodperc alatt két teljes periódus lefutása történik meg. Ekkor a periódusidő fél másodperc lesz. Az $f=1/T$ alapján az $f=1/0,5=2$ Hz eredmény adódik. A rádióamatőr olyan frekvenciákat használ, amelyek a százezer, a millió, a százmillió és a milliárd Hz-es frekvenciatartományokban kijelölt szegmensekben vannak. Tehát rendkívül rövid periódusidejű jelekkel dolgozunk, de ezekről majd később részletesen beszélünk.

Vizsgáljuk meg, hogy a különféle alkatrészek hogyan viselkednek változó feszültségű áramkörökbe helyezve.

Az ellenállással nincs gond, hiszen az Ohm-törvény az ellenállásra kapcsolt feszültség és a kialakult áram szempontjából bármely pillanatban igaz. Tehát sem az áram, sem a feszültség nem késik vagy siet egymáshoz képest.

Ugyanakkor a kondenzátor esetében sokkal izgalmasabb események zajlanak le. Ugyanis a kondenzátor – mint emlékszünk – két, egymástól elszigetelt fegyverzetből áll, tehát az egyenáram szempontjából szakadásnak számít. Azonban mégsem teljesen az, hiszen a rákapcsolt feszültség feltölti a kondenzátort, mint töltéstárolót. A rákapcsolás első pillanatában a töltések hevesen áramlanak be a kondenzátorba, majd ahogy a tárolt töltésmennyiség nő, az áram csökken, a feszültség viszont nő. Végül a kondenzátor feszültsége felveszi a rákapcsolt feszültség értékét, ekkor már több áram nem folyik be a kondenzátorba. Megállapíthatjuk tehát, hogy a kondenzátoron az áram siet a feszültséghez képest.

Változó áram esetén további feszültségnövelés hatására hasonló folyamat játszódik le. Ismét megindul a töltések beáramlása, azaz a kondenzátorba ismét áram folyik és ennek következtében nőni kezd a kondenzátoron a feszültség. Amennyiben a feszültség csökkenni kezd, a kondenzátorból áram folyik ki és ennek hatására a feszültség is csökkenni kezd. A kondenzátoron a töltések áramlását követi a feszültségváltozás, azaz a kondenzátoron az áramváltozás előbb alakul ki a feszültségváltozáshoz viszonyítva.

A kondenzátor a változó áram esetén tehát valamiféle vezetőnek mutatkozik, mert a töltések be- és kiáramlásának hatására feszültségváltozás következik be, s a kondenzátor töltéstároló kapacitásától függően valamiféle ellenállást mutat. Ez az ellenállás az úgynevezett látszólagos ellenállás, más néven a kapacitív reaktancia, amely nem írható le az Ohm-törvénnyel. Ugyanis a kapacitív reaktancia függ a változó feszültség tulajdonságaitól és a kondenzátor töltéstároló képességétől, azaz a kapacitásától.

A következő részben tovább vizsgáljuk az alkatrészek viselkedését a változó feszültségek és áramok szempontjából. Mindezen tudományok ismerete azért is szükséges, hogy többek között jobban megértsük a néhány alkatrészből megépítendő detektoros vevőnk működését.

A kondenzátor és a változó áram (A rádióamatőr – 33. rész)

Az előző részben megkezdjük annak vizsgálatát, hogy a különféle alkatrészek hogyan viselkednek a változó feszültségű (áramú) áramkörökben. Az ellenállásról megállapítottuk, hogy a változás minden pillanatában eleget tesz az Ohm-törvénynek, tehát az áramváltozás és a feszültségváltozás egyszerre következik be, azaz az Ohm-törvénnyel a változás minden pillanatában leírhatók az aktuális áram és feszültségviszonyok.

A kondenzátor különös alkatrész, mert az egyenáram szempontjából szakadást jelent, hiszen a két fegyverzet között szigetelőanyag van. Most egy kicsit más szempontból is körülnézünk a kondenzátor háza táján.

Megállapítottuk, hogy a kondenzátor a statikus, azaz nem változó feszültségű áramkörben egyszer feltöltődik, vagyis a rákapcsolt feszültség hatására igen nagy áram folyik be a kondenzátorba, majd az áram csökkenni kezd és a kondenzátor feszültsége nőni fog. Egy idő után felveszi a rákapcsolt feszültség értékét és az áram nullává válik mindaddig, amíg a rákapcsolt feszültség értéke meg nem változik.

Ha csökken a feszültség, a kondenzátorban tárolt töltésmennyiség csökkenni kezd, azaz áram folyik ki, ezzel próbál ellene dolgozni a feszültségcsökkenésnek. Vagyis a kondenzátor igyekszik csökkenteni a feszültségcsökkenés mértékét. Ellentétes folyamat játszódik le, amennyiben a feszültség nőni kezd; a kondenzátorba áram folyik be, azaz további töltéseket tárol el, s ez egyben azt is jelenti, hogy a kondenzátor igyekszik a feszültség-növekedést akadályozni. Természetesen ez a folyamat sem jár sikerrel, így végül kénytelen felvenni a megnövekedett feszültség értékét.

Általánosítva tehát elmondhatjuk, hogy a kondenzátoron a feszültségváltozás a töltések ki- és beáramlását eredményezi mindaddig, amíg a kondenzátor fel nem veszi a megváltozott feszültség értékét.

A kondenzátor az egyenáramú, nem változó feszültségű áramkörben szakadást jelent. Ha a feszültség megváltozik a töltés be- és kiáramlás miatt áram folyik, azaz a kondenzátor egyfajta látszólagos vezetővé válik, amelyet látszólagos ellenállásként, azaz kapacitív reaktanciaként értelmezünk. Értéke függ a változó feszültség jellegétől és a kondenzátor kapacitásától. A változás jellemzői nem írhatók le az Ohm-törvénnyel.

Vajon mire tudjuk használni a kondenzátort?

Amennyiben van egy tápáramforrásunk, s arra gyorsan változó terhelést kapcsolunk, a kondenzátor igyekszik segíteni a tápforrásnak azzal, hogy simítja a terhelésváltozás okozta gyors áram- és feszültség-ingadozást. Ezt úgy teszi, hogy alacsony terhelésnél töltést vesz fel, nagy értékű terhelésnél töltéskiáramlással igyekszik kisegíteni a tápforrást. Ezt az alkalmazást pufferkondenzátornak nevezzük. A pufferkondenzátor csökkenti a tápforrás belső ellenállását, a terhelés gyors változásait bizonyos mértékig kompenzálja.

Amikor egy változó feszültségű jelet a jelforrásból vagy az előző erősítőfokozatról a következő erősítőre akarjuk átvezetni úgy, hogy különböző egyenfeszültségű szintek vannak a két eszközön és ezeket egymástól el akarjuk szigetelni, e feladatra a kondenzátor tökéletesen alkalmas alkatrész. Ugyanis egyenáram szempontjából szigetelést jelent a két eszköz között, viszont a változó komponenst átvezeti az egyik eszközről a másikra. Ezt az alkalmazást csatoló-kondenzátornak nevezzük.

Az erősítőkben vannak olyan áramköri elemek, amelyeken nem kívánatos a változó feszültség jelenléte. Ilyenek például a tápvezetékek, bizonyos munkapont beállító alkatrészek, stb. Ez esetben a kritikus áramköri részre és a földpontra kötött kondenzátor a

változó jelet levezeti a földpontra. Azaz rövidre zárja, vagyis megszünteti a nem kívánatosan jelen lévő változó jelet anélkül, hogy egyenáramú szempontból megváltoztatná a kritikus áramkörü rész jellemzőit. Ezt az alkalmazást hidegítő kondenzátornak nevezzük.

A kondenzátor induktivitással párhuzamosan kötve rezgőkört képez. A rezgőkörrel később külön és részletesen foglalkozunk, most csak annyit, hogy a rezgőkör a detektoros vevőnk fontos eleme, mert a rezgőkör teszi lehetővé azt, hogy az antennáról érkező számtalan rádióállomás jelei közül kiválasszuk – másként mondva kiszelektáljuk annak a rádióknak a jelét, amit hallgatni akarunk. A kondenzátort az elektronikában még számos más célra is alkalmazzák, mi most csak rádió építőelemeként vettük figyelembe.

A következő részben tovább vizsgáljuk a változó áram és az alkatrészek jellemzőit.

– *** –

Az induktivitás és a változó áram (A rádióamatőr – 34. rész)

Az előző részekben azt vizsgáltuk meg, hogy a változó áramú, feszültségű áramkörökben hogyan viselkednek az egyes áramkörü elemek. Sorra vettük az ellenállást és a kondenzátort, most az induktivitás, azaz a tekercs viselkedésének vizsgálatára kerül sor.

Mint már korábban szó volt róla, s talán még emlékezünk rá, a tekercs a rajta átfolyó áram hatására mágneses teret épít – mondjuk úgy, hogy maga köré. E mágneses tér úgy alakul ki, hogy a feszültségnek a tekercsre való rákapcsolása első pillanatában nem engedi meg az áram átfolyását a tekercsen, azaz pillanatnyi szakadásként viselkedik, majd az áram folyamatosan növekedve kialakítja a tekercs körüli mágneses teret. A tér kialakulásakor végül az áram állandóvá válik, s ideális esetben csak éppen annyi lesz az áram értéke, amennyi a mágneses tér fenntartásához szükséges.

Általánosságban tehát megállapítottuk, hogy az induktivitásra kapcsolt feszültség esetében az áram késve alakul ki, azaz a feszültség siet az áramhoz képest. Azt is megállapítottuk, hogy a tekercs mágneses energiát tárol, amelynek a kikapcsoláskor valamilyen módon meg kell semmisülnie. Ez ellentétes a kondenzátorral, ahol a lekapcsoláskor a kondenzátorban tárolt energia tovább őrződik, azaz a kondenzátor feltöltve marad. Abban is ellentétes a kondenzátorral, hogy a feszültség rákapcsolásakor nem pillanatnyi rövidzárát, hanem pillanatnyi szakadást tapasztalunk az áram szempontjából.

Itt kell megemlíteni, hogy a tekercs általában vékony huzalból készül, amelyből meghatározott számú menetet tekerünk fel a tekercstestre. Minden tekercsnek van egy, a feltekert huzal hosszától függő valós ohmos ellenállása is. A tekercsen átfolyó áram ezen az ellenálláson is átfolyik. Ez a veszteségi ellenállás, mert a rajta átfolyó áram által keltett energia hővé válik, és nem hasznosul a mágneses tér fenntartásában. A tekercsen átfolyó áram tehát két komponensen kelt energiát; a mágneses tér fenntartásához szükséges látszólagos ellenálláson és a veszteségi ellenálláson.

Amennyiben a tekercsre kötött feszültség megváltozik, mondjuk csökken, a mágneses tér csökkenésének kell bekövetkeznie. Ez úgy történik, hogy a mágneses tér megpróbál a feszültségcsökkenésnek ellenállni. Természetesen sikertelenül, mert végül beáll egy, az új feszültségnek megfelelő alacsonyabb energiasintű mágneses tér. A rákapcsolt feszültség növelése esetén a tekercsnél a bekapcsoláshoz hasonló folyamat játszódik le, az új, nagyobb energiasintű mágneses teret a feszültségváltozást lekéső, fokozatosan növekvő áramfelvétellel alakítja ki a tekercs.

Az elmondottakat figyelembe véve a tekercs esetében sem alkalmazható az Ohm-törvény, mert a tekercset is, csakúgy mint a kondenzátort látszólagos ellenállásként kell

szemlélni, amelynek a neve: induktív reaktancia. Az induktív reaktancia függ a változó áram jellemzőitől, a tekercs induktivitásától, azaz a mágneses jellemzőitől. A mágneses jellemzők közé tartozik a tekercs menetszáma, alakja, légmagos vagy vasmagos kialakítása, stb.

Ha egy tekercset egy áramkörben kapcsolunk, a tekercs igyekszik a változó feszültség változásait akadályozni, azaz fojtani. Ezt az alkalmazást fojtótekercsnek nevezzük. Meg kell jegyezni, hogy egyenáramú szempontból a tekercs a veszteségi ellenállással fémjelzett vezető, tehát a különféle egyenáramú szintek között csatolásra nem alkalmas.

A rádiótechnikában a tekercs egyik legfontosabb alkalmazása – párhuzamosan kapcsolva a kondenzátorral – a rezgőkör, amely az építendő detektoros vevőnk lelke, s amelyről külön fogunk értekezni.

A tekercs – mint az elektromágneses tér létrehozója – működteti még az elektromotorokat, transzformátorokat, reléket, elektromágneseket, stb. Mi csak a rádiótechnikai alkalmazásokkal fogunk foglalkozni, amelyek lényegesen több réteűbbek, mint az eddig felsoroltak.

A következő részben belevágunk a váltakozó áramok izgalmas világába.

– *** –

A váltakozó áram (A rádióamatőr – 35. rész)

Az előző részekben az időben változó árammal foglalkoztunk, meglehetősen behatóan. Megállapítottuk, hogy a változó áramú áramkörökben a feszültség és az áram nagysága az időben változik, de polaritása, illetve az iránya állandó marad. Megvizsgáltuk továbbá azt is, hogy a rádiótechnikában alkalmazott passzív elemek (ellenállás, kondenzátor, induktivitás) miként viselkednek a változó áramú áramkörökben.

Megállapítottuk, azt is, hogy az ellenálláson a változás minden időpillanatában teljesül az Ohm-törvény. Ugyanez már nem igaz a kondenzátorra és az induktivitásra. Ez az utóbbi két alkatrész látszólagos ellenállással rendelkezik, amelyet reaktanciának nevezünk és a feszültség-áram viszonyok nem írhatók le az Ohm-törvénnyel.

A váltakozó áram olyan változó áram, amelynél a változás olyan kiterjedt, hogy a feszültség polaritása megfordul, ami azt eredményezi, hogy az áram iránya is megfordul. Képzeljünk el egy olyan áramforrást, amelynél az egyik pillanatról a másikra a pozitív elektróda negatívvá válik, majd ismét pozitívvá, és ez így megy tovább. Ebből következik, hogy van olyan átmeneti pillanat, amikor az áramforrás feszültsége is nulla, ezt nevezzük nullátmenetnek.

Persze a csúcsfeszültség nullára való csökkenése, majd az ellentétes polaritású csúcsfeszültség elérése időt vesz igénybe, ami függ a változás jellegétől és szaporaságától. Hasonló témával már foglalkoztunk, amikor egy LED, azaz egy világítódioda szabályos időközönkénti ki- és bekapcsolásáról esett szó. Annál az estnél megvizsgáltuk a változás jellemzőit, vagyis a periódusidőt és a frekvenciát, azaz a változás gyakoriságát. Mindkét jellemző, de főleg a frekvencia majd jó barátunkká fog válni idővel.

Nézzünk a váltakozó árammal kapcsolatban egy kézre eső példát. Otthonunkban kellő számú dugaszolóaljzat található, ezekbe csatlakoztatjuk a háztartásban használatos elektromos eszközöket, ezek látják el azokat energiával. A dugaszolóaljzatok szolgálják ki – a fixen telepített világítást kivéve – a háztartás villamos energiaigényét. Ide csatlakoztathatunk mindenféle gépet, hálózati táplálású híradástechnika eszközt és a helyi világítás lámpáit is. A fix világítás is ugyanebből az energiaforrásból nyeri az energiát, csak nem a dugaljából.

Vajon milyen feszültséget nyerhetünk a dugaszolóaljzatokból? Nos, a dugaszolóaljzat a magyar és az európai háztartásokba 230 Voltos effektív értékű, 50 Hz-es frekvenciájú, szinusz görbe alakú váltakozó feszültséget szolgáltat.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a 230 V csak egy átlagos érték, valójában a dugaszolóaljzatban a csúcsfeszültség 324 V. De már a 230 V is olyan nagy feszültség és olyan frekvenciájú, hogy elég egy véletlen érintés ahhoz, hogy azonnali szívmegállást okozzon. Ezért a dugaszolóaljzat és a lakás elektromos hálózata nem játék, mi maradjunk a jól bevált 1,5–12 Voltos egyenáramú telepeknél és akkumulátoroknál, illetve tápegységeknél, amelyek az alacsony feszültségük miatt nem veszélyesek az emberi életre.

A dugaszolóaljzatba két vezeték csatlakozik az egyik a nulla a másik a fázisvezeték. A nulla vezeték egy kinevezett vezeték, amely az egész kontinensen ugyanazt a potenciált képviseli és összeköttetésben áll a földdel. Ehhez a vezetékhez viszonyítjuk a másik vezeték feszültségét, amely egy ideig pozitív, majd egy pillanatra nullává válik és a következő félperiódusra a polaritás megfordul és a feszültség negatív lesz. Mivel a változás a szinusz görbe szerint zajlik le, ezt úgy kell elképzelni, hogy a feszültség egyik pillanatban sem állandó; nulláról megnövekszik a csúcsfeszültségig, onnan ismét csökken, majd áthalad a nullaponton. Ekkor polaritást váltva ismét a csúcsfeszültségig növekszik, és onnan ismét visszatér a nullára és az ellenkező polaritással nőni kezd. A folyamat így halad tovább.

Mivel a szinuszgörbe alakját hanganyag lévén bemutatni nem tudjuk, ezért javasolt, hogy szakkönyvekben vagy az interneten keressünk rá a szinuszgörbére, annak érdekében, hogy el tudjuk képzelni a folyamatot.

A következő részben tovább elemezzük e változás jellemzőit és állandónak vehető számértékeket rendelünk a szinuszos váltakozó áram jobb megérthetőségéhez.

– *** –

A szinuszos váltakozó áram (A rádióamatőr – 36. rész)

Az előző részben szemügyre vettük a váltakozó áram alapismérvait. Általános szabályként rögzítettük, hogy akkor beszélünk váltakozó áramról, ha a változó feszültség polaritása megfordul – azaz ellenkezőjére vált, s ennek eredményeként az elektromos töltések áramlása is ellenkezőjére változik – azaz az áram iránya megfordul. Beszéltünk arról is, hogy lakásunk villamos energia ellátása váltakozó árammal kerül megvalósításra, amelynek csúcsfeszültsége 324 Volt, effektív értéke 230 V és amelynek nagysága periodikusan, a szinuszgörbe szerint folyamatos időbeni változásban van.

Az energiaellátásban generált szinusz görbe alakú feszültségváltozás – a váltakozás – úgy jön létre, hogy a távoli erőműben hatalmas gőzturbinák működtetnek hatalmas elektromos generátorokat. A generátor forgórészében mágneses mezőt állítanak elő, amely az állórészben elhelyezett tekercsekben feszültséget indukál. Ahogy a mágneses mező forogva végighalad a generátor belső palástja által alkotott kör mentjén, 360 foknyi utat tesz meg, azaz 2 pi radiánt. Vegyük úgy, hogy 0 és 180 fok (azaz 1 pi radián) között pozitív feszültség indukálódik az állórész tekercseiben, majd a következő 1 pi radiánban a polaritása ellentétes lesz, azaz a feszültség negatívra vált. Az indukált feszültség nagysága a forgás miatt a szinuszgörbe szerint változik.

Tehát egy fordulat eredménye 2 félperiódus. Az első félben pozitív a feszültség, a másodikban negatív. Az európai szabvány szerint e generátort 1 másodperc alatt 50 teljes fordulattal kell megforgatni, azaz egy másodperc alatt 50 teljes periódus fut le, vagyis 100 félperiódusnyi polaritásváltás történik meg.

Visszaemlékezve a LED-et kapcsolgató példánkra, bátran kijelenthetjük, hogy a generátor frekvenciája 50 Hertz, mert az indukált feszültség 50 teljes periódus 1 másodperc alatt.

Ha egy kicsit számolgatunk, a mágnesesen (észak-dél) kétpólusú (azaz 1 póluspárú) generátor fordulatszáma 50 Hertz esetén 3000-re adódik percenként. Ilyen gyorsan nagyméretű forgógépek nem forgathatók, mert a forgórészekből kiobbannak a tekercsek, ezért több mágneses pólust kell alkalmazni, hogy a generátor fordulatszáma jelentősen csökkenthető legyen. Például 12 pólus (azaz 6 póluspár) esetén 500 teljes fordulatot kell megtennie a forgórésznek egy perc alatt ahhoz, hogy az 50 Hz-es szinuszos váltakozó feszültséget elő tudjuk állítani. A csúcsheszültség nagyságát forgórész gerjesztő mágneses terének erősségével, a frekvenciát pedig a fordulatszám szabályozásával tudjuk beállítani.

Mivel a generátornak teljesen pontosan együtt kell forognia sok más erőművi generátorral, ezeket a gépeket szinkrongenerátoroknak nevezzük. A kontinens és kontinenshez csatlakozó villamos energiarendszer minden erőművi generátora pontosan együtt jár.

Nézzük meg, hogy az 50 Hz-es váltakozó áram, (amely sok feszültségátalakítás után, bonyolult villamosenergia hálózaton jut el a lakásunkba) hogy is néz ki pontosan. Alakját ismerjük – lefolyása az időben szinuszos görbe szerinti. Periódusideje a másodperc ötvened része, frekvenciája tehát 50 Hz. Egy másodperc alatti félperiódusok száma 100, ebből 50 pozitív polaritású, 50 negatív. Effektív feszültsége 230 V, csúcsheszültsége 1,41-szer (azaz négyzetgyök kettőször) nagyobb, vagyis 324 V.

A váltakozó áram effektív feszültsége azt az egyenfeszültség értéket jelenti, amely egy ellenállásra kapcsolva azonos teljesítmény hoz létre a váltakozó árammal. A szinuszos lefolyású váltakozó áram esetén a csúcsheszültség 70,7 %-a lesz az effektív feszültség, így az Ohm-törvényt alkalmazva és 324 V csúcsheszültséggel számolva egy 230 ohmos ellenálláson összesen 1 amperenyi töltésmennyiség folyik át, ez megegyezik egy 230 voltos telepre kapcsolt 230 ohmos ellenálláson átfolyó árammal. Tehát 324 V csúcsheszültségű szinuszos váltakozó áram effektív feszültsége 230 V, azaz 324 V szorozva 0,707 tízezzel.

A szinuszos váltakozó áramot nem csak a villamosenergia rendszerben, de a rádiótechnikában is alkalmazzák, csak sokkal nagyobb frekvenciákon. A történet a későbbiekben erről fog szólni.

– *** –

Körfrekvencia (A rádióamatőr – 37. rész)

A szinuszos váltakozó áramot az erősáramú energiaiparban forgógépek (pontos megnevezésük szerint generátorok) állítják elő. A rádiótechnikában a szabványos, 50 Hz-nél sokkal nagyobb frekvenciájú szinuszos váltakozó áram előállítása egészen más módon történik, hiszen a hasznosítható rádióhullámok tartománya 10.000 Hz-től, azaz 10 kHz-től sok milliárd Hz-ig, azaz sok GHz-ig terjed.

Alacsony frekvenciájú rádióhullámok előállítására, nagyjából 50 kHz-ig, azaz 50.000 Hz-ig még alkalmazhatóak lennének sokpólusú, nagy fordulatszámú generátorok. Ezek azonban bonyolult gépészeti berendezések, bonyolult üzemeltetési feltételeket kívánnak meg. A rádiózástechika hajnalán (a XX. század első harmadában) sok nagy teljesítményű rádió adóállomás épült meg ilyen módon, és szolgált évtizedekig. A megmaradtak mára műszaki műemlékek, némelyiket rövid időre néha be is üzemelik – mint műszaki

érdekességet. Az utolsó üzemszerű forgógépes rádióadó állomás az 1990-es években fejezte be működését.

A korszerű rádiótechnikában a szinuszos nagyfrekvenciás jeleket néhány alkatrészből álló áramkörökkel, az úgynevezett oszcillátorokkal hozzák létre. Ezek jelei általában néhány ezred vagy néhány V tartományba esnek, ezért továbberősítik őket és így épül fel egy nagy teljesítményű rádióadó. Az erősítéstől függően néhány watt és néhány millió watt teljesítményű tartományba eső teljesítményeket lehet elérni. A rádióamatőrök a néhány ezredwatt és az 1500 Watt közé eső teljesítményű rádióadókkal kísérletezhetnek.

De térjünk vissza a szinuszos váltakozó áramra. Ismerkedjünk meg a körfrekvencia fogalmával, amelyet a rádiótechnikában nem tudunk nélkülözni, ha számolgatni akarunk, s erre előbb, utóbb minden rádióamatőr rákényszerül.

Az 50 Hz-es kétpólusú villamos generátornál már kiszámoltuk, hogy a gép forgórészének másodpercenként 50 teljes fordulatot kell megtennie. Az állórész, amely körbeveszi a forgórészt, egy teljes kört alkot. A kör kerületét úgy számoljuk ki, hogy a sugarát megszorozzuk 2-ször 3,14-gyel, azaz 2 pi-vel. Ha az egy másodperc alatt megtett utat akarjuk kiszámolni a kör kerületét meg kell szoroznunk a frekvenciával; azaz ennek az általánosított számítási módja 2-ször pi-szer frekvencia szorozva az eltelt idővel és a kör sugarával.

A 2-ször pi-szer frekvencia szorzatát körfrekvenciának nevezzük, amely egy adott frekvenciára vonatkozó jellemző érték, és igen nagy hasznát vesszük a rádiótechnikában is. Jele a görög omega betű, képlete pedig így hangzik: omega egyenlő 2-ször pi-szer „ef” ahol az „f” betűvel a frekvencia értékét jelöljük, vagyis

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$. Mértékegysége egy per másodperc.

Végezetül számítsuk ki egy 50 Hz-es és egy 1 millió Hz-es szinuszos váltakozó áram körfrekvenciáját.

Az 50 Hz-es váltakozó áram körfrekvenciája egyenlő 2-ször pi-szer 50, az eredmény pedig 314 egy per másodperc. Hasonló módon számolva az 1.000.000 Hz-el, eredményül 6 millió kettőszáznyolcvanezer 1 per másodpercet kapunk. Pedig az 1 millió Hz, azaz az 1 Megahertz nem is a szaporább rádiófrekvenciák tartományába esik. Jól jegyezzük meg tehát, hogy a körfrekvencia egyenlő, azaz az omega egyenlő 2 pi-szer „ef”-el, vagyis $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$. Sokat fogjuk használni e képletet.

– *** –

Passzív alkatrészek és a váltakozó áram (A rádióamatőr – 38. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a körfrekvencia fogalmával, amelyet az omega egyenlő 2-ször pi szorozva „ef”-fel, azaz a frekvenciával számolhatunk ki ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$). Ezt a képletet minden rádióamatőrnek illik ismernie.

A szinuszos váltakozó áram pillanatnyi értéke a kör kerületén körbeforgó mágneses mező pillanatnyi szögértékétől függ. Az első félkör alatt 180 fokot fut a mágneses mező, ez megfelel 1 pi radiánnak. Nulla foknál nulla az indukált feszültség, 30 foknál fele a maximumnak, 45 foknál 70,7 százaléka, 60 foknál 86,6 százaléka, 75 foknál 96,6 százaléka, majd a maximális indukált feszültség 90 foknál következik be. 90 fok és 180 fok között beáll a csökkenés, amely megfelel a növekedés fordított értékének és egészen nulláig tart. Ez egy félperiódus. 180 fok és 360 fok között ugyanez a folyamat játszódik le, de az

indukált feszültség polaritása ellenkezője az első félperiódusnak. Megjegyezzük, hogy a 360 fok valójában nulla fokot jelent.

Ha a körfrekvenciát bevonjuk a játékba, bármely időpillanatra ki tudjuk számítani a szinuszos váltakozó feszültség pillanatnyi értékét és polaritását. Az adott pillanatban a váltakozó feszültség nagysága egyenlő a maximális feszültség szorozva a körfrekvencia és az idő szorzatának szinuszával. A képlet pedig így hangzik $u = u_{\max}$ -szor szinusz omega-szor t.

A következőkben megvizsgáljuk, hogy az elektronikai passzív alkatrészek (ellenállás, induktivitás, kondenzátor) hogyan viselkednek szinuszos váltakozó áramú áramkörökben.

Az ellenállással kapcsolatban már a változó áramok vizsgálatánál kimondtuk, hogy a változás minden pillanatában a feszültség és áram alakulása követi az Ohm-törvényt. Ugyanezen megállapítás érvényes a váltakozó áramok esetében is. Az ellenálláson a váltakozó feszültség pillanatnyi értékének megfelelően alakul a pillanatnyilag átfolyó áram, amelyet az $i = u/R$ képlettel számolhatunk ki.

Mivel az induktivitásról már tudjuk, hogy az áram késik a feszültséghez képest, változó illetve váltakozó áramú áramkörökben látszólagos ellenállást mutat. Szinuszos váltakozó feszültség esetén a látszólagos ellenállás, más néven az induktív reaktancia (jele X_L) nagyon egyszerűen számolható: $X_L = 2$ -ször pi-szer frekvenciaszor az induktivitás nagysága (jele L), vagyis $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$, másképpen felírva $X_L = \omega \cdot L$. Az L (induktivitás) értékét henryben kell megadni.

A kondenzátorról már tudjuk, hogy a változó áramkörökben a feszültség késik az áramhoz képest. Ugyanezen megállapítás érvényes a váltakozó áramok esetén is. A kondenzátor tehát szintén látszólagos ellenállást mutat, amelyet kapacitív reaktanciának nevezünk. Nagysága szinuszos váltakozóáram esetén egy osztva a körfrekvencia és a kondenzátor kapacitásának szorzatával, azaz $X_C = 1$ osztva omegaszor C, vagyis $X_C = 1/\omega \cdot C$. A C (kapacitás) értékét faradban kell megadni.

A következő részekben tovább további elemzésnek vetjük alá az elektronikai passzív alkatrészek viselkedését a szinuszos váltakozó áramú áramkörökben.

– *** –

Reaktanciák frekvenciafüggése (A rádióamatőr – 39. rész)

Az előző részben megismerkedtünk az ellenállás, az induktivitás és a kondenzátor viselkedésével a szinuszos váltakozó áramú áramkörökben. Megállapítottuk, hogy az ellenálláson átfolyó áram az Ohm-törvény szerint késlekedés vagy sietés nélkül követi a feszültségváltozás nagyságát és annak polaritását. Ez a szabály nem csak a szinuszos lefolyású váltakozó feszültségek esetén érvényes, ezért tetszőleges lefolyású feszültségváltozásra és váltakozásra is kiterjeszhető.

Más a helyzet az induktivitás és a kondenzátor esetén. Ezért a továbbiakban csak a rádiótechnikában fontos, szinuszgörbe szerinti változásokra korlátozzuk vizsgálatainkat az alapalkatrészek esetében.

Itt jegyezzük meg, hogy a korszerű rádiótechnika az antennával vett vagy kisugározandó szinuszos jelek feldolgozásánál egyre gyakrabban fordul a digitális technika felé (azaz négyesjellekkel és logikai műveletekkel dolgozzák fel a beérkező vagy a kisugározandó jelet). Azonban a feldolgozás végén a vevőben hallhatóvá tett, vagy az adóból érkező és az antennán kisugározandó jelnek illik a lehető legtökéletesebb szinuszosnak lenni.

Ennek racionális oka, hogy a négyszögjelek végtelenül sok szinuszos jelből tevődnek össze és az egy diszkrét frekvencia használata helyett beterítenék a rádiósávot, azaz komoly zavarokat okoznának. Erről a témáról később részletesebben fogunk beszélni.

De térjünk vissza a klasszikus rádiótechnika klasszikus szinuszos jelfeldolgozásához. Megállapítottuk, hogy az induktivitás látszólagos ellenállása az induktív reaktancia, a kondenzátoré pedig a kapacitív reaktancia. Ezek mértékegysége az ohm, tehát a továbbiakban számolhatunk az Ohm-törvénnyel.

Az Ohm-törvény szerint $R=U/I$, ebből következik, hogy X_L vagy X_C is egyenlő a feszültség osztva az árammal, azaz az áram egyenlő a feszültség osztva az induktív reaktanciával (X_L) vagy a kapacitív reaktanciával (X_C).

Vagyis $I=U/X_L$ vagy $I=U/X_C$ képletek jól használhatóak olyan esetben, amikor a látszólagos ellenállással kívánunk általános esetben számolni. Ha nem vesszük, vagy ha nem kell figyelembe venni a feszültség és áram pillanatnyi nagyságát és fázisviszonyait (késés, sietés), akkor az effektív feszültséggel számolva eljutunk az egyszerű áramkör adatainak effektív értékű kiszámíthatóságához.

Mivel a reaktancia frekvenciafüggő, nézzük meg, hogyan változik az azonos értékű induktivitásnál a reaktancia értéke a frekvencia függvényében.

Minél nagyobb a frekvencia, az induktív reaktancia annál nagyobb értéket vesz fel. Emlékezzünk $X_L = \omega \cdot L$. Az omega, azaz a körfrekvencia értéke a frekvenciával nő, tehát az induktív reaktancia is nő. Ezen az elven működnek például a fojtótekercek, amikor a nagyfrekvencia útjába egy megfelelő induktivitással gátat építünk annak érdekében, hogy gáton keresztül a nagyfrekvencia ne tudjon továbbhaladni. Ugyanakkor a tápellátó vagy a munkapontbeállító egyenáram az induktív reaktancián keresztül akadálytalanul eljut az áramkörbe.

Kondenzátornál fordított a helyzet. Minél nagyobb a frekvencia – az $X_C = 1/\omega \cdot C$ képletből kiderül, hogy annál kisebb lesz a kapacitív reaktancia. Példaként említsünk meg egy ilyen alkalmazást: a csatoló kondenzátor, amely egyenáramú szempontból szigetelő, ugyanakkor a nagyfrekvenciás jel akadálytalanul áthalad a következő áramköri fokozatra, nem rontva el annak egyenáramú munkaponti beállítását.

A következő részben tovább vizsgáljuk az alkatrészek szinuszos váltakozóáramú viselkedését és a különféle alkatrészek kombinációjából eredő viselkedési jellemzőket.

– *** –

Passzív alkatrészek veszteségei (A rádióamatőr – 40. rész)

Mielőtt továbbhaladnánk a rádiótechnika passzív alkatrészeinek (ellenállás, kondenzátor, induktivitás) szinuszos váltakozóáram esetén mutatott viselkedésének elemzésében, vizsgálat tárgyává tesszük azt, hogy ezek az alkatrészek ideálisnak nevezhetők-e a gyakorlatban. Ez alatt azt értjük, hogy egy ellenállás valóban csak ellenállásként viselkedik-e, egy kondenzátort vagy induktivitást valóban ideálisnak tekinthetünk-e.

Nos, a helyzet az, hogy mindhárom alkatrész önmagában sem tekinthető ideális alkatrésznek, ugyanis megtestesül benne az ellenállás, az induktivitás és a kondenzátor is. Ennek a jelenségnek az alacsonyabb frekvenciákon különösebb jelentősége ugyan nincs, de a nagy és az igen nagy frekvenciatartományokban már komoly gond jelentkezik.

Kezdjük az induktivitással; ha veszünk egy darab drótot és áramot folytatunk rajta keresztül, a drót körül az áram hatására mágneses tér keletkezik, a drótnak – anyagától függően – valós ellenállása is van. Hogy az élet bonyolultabb legyen, a drót két vége között kondenzátorhatás is fellép, azaz a drót bizonyos nagyon kicsi töltésmennyiséget is tárol. Tehát a drótot olyan kondenzátornak is tekinthetjük, amely a saját valós ellenállásán keresztül van lezárva, azaz kisütve. Fokozottan fellépnek e jelenségek, ha a hosszú drótból tekercset készítünk.

Kijelenthetjük tehát, hogy akár a darab drót vagy a tekercs megtestesíti az ellenállást, az induktivitás és a kondenzátort is önmagában. Domináns az induktivitás. A kisebb frekvenciákon ennek jelentősége nincs, azonban a frekvencia nagymértékű növelésével azt tapasztaljuk, hogy az induktív reaktancia egyre nagyobb értéket vesz fel az $X_L = \omega * L$, illetve a kapacitív reaktancia egyre kisebbet az $X_C = 1 / \omega * C$ képlet szerint.

Sőt a valós ellenállás sem marad állandó az úgynevezett szkinhatás, magyarul a bőrhatás következtében. Ugyanis minél nagyobb a frekvencia, az áram már nem a drót teljes keresztmetszetében folyik, hanem kiszorul a középpontból és egyre inkább a drót felületén kezd el sűrűsödni. Azaz a drót nem tudja a teljes keresztmetszetét az áram átfolytatására kihasználni, ez pedig jelentősen megnöveli a valós ellenállást. A szkinhatás miatt a jó nagyfrekvenciás vezetőket a felületükön ezüstözik, mivel az ezüst a legjobb vezetőképeségű fém, amely a felületre kiszorult árammal szemben a legkisebb ellenállást mutatja.

A tekercsek esetében rosszabb a helyzet, mint egy egyenes drót esetén. A tekercs huzalának ellenállása mellett a tekercsnek számottevő önkapacitása is van, azaz a kondenzátorhatás is sokszorozódik. A tekercs két végén tehát az induktivitása mellett mérhető az ellenállás és az önkapacitás is. A szkinhatás pedig számíthatóan ront az ellenálláson.

Bizonyos igen nagy frekvenciák felett például a drót már nem is használható áramvezetésre. A mikrohullámok tartományában a nagyfrekvenciát már nem áram, hanem hullám formájában vezetik, amelyre különféle geometriai alakú üreges hullámvezetőket alkalmaznak.

Amennyiben veszünk egy ellenállást, mint alkatrészt, a fentiek értelmében számolnunk kell azzal, hogy ez az alkatrész megtestesít egy valós ellenállást, egy induktivitást és egy kondenzátort. Az ellenállás a domináns. Már a rövidhullámok tartományában lehet ennek jelentősége, hiszen amikor egy valós ellenállást megvalósító terheléssel akarunk lezárni egy áramkört (például egy teljesítményméréshez szükséges műterhelés esetén), igen fontos, hogy a műterhelést indukciószegény, a lehető legrövidebb kivezetésű ellenállásokból építsük meg. Erre a célra speciális ellenállásokat kell beszerezni, nevük indukciószegény ellenállás. Egy normál ellenállásnál számít a kivezetések hossza és az ellenállás gyártástechnológiai kialakítása. Például egy spirálozott felületű ellenállás egyben tekercsnek is tekinthető és igen csak megjelenik az induktív komponens a frekvencia növekedésével.

A kondenzátor hasonló viselkedést mutat. A kapacitás mellett mérhető egy igen nagy ellenállás és picike induktivitás is. Mivel nincs tökéletes szigetelőanyag, a kondenzátor fegyverzetei között elektronok képesek átszivárogni a szigetelésen. Ez okozza a valós ellenállás megjelenését. A szigetelőanyag dielektromosan gyenge minősége további veszteséget okozhat.

Bátran kijelenthetjük, hogy a rádiótechnika alapalkatrészei nem ideálisak, hanem veszteségesek, hiszen minden passzív alkatrész nem kívánt hatásokat is mutat. Ennek a jelenségnek a későbbiekben vizsgált rezgőkörök esetében fontos jelentősége lesz.

– *** –

Az impedancia (A rádióamatőr – 41. rész)

Az előző részben vizsgálat tárgyává tettük az ellenállás, az induktivitás és a kapacitás, azaz a kondenzátor váltakozó áram átfolyása során mutatott nem kívánatos tulajdonságait. Megállapítottuk, hogy az elektronikai alapkatrészek egyáltalán nem tekinthetők ideálisnak. Sőt a frekvencia növelésével romlik a nem kívánatos mellékjelenségek hatása, azaz egyre messzebb kerülünk az ideálisnak feltételezett alkatrész tulajdonságoktól.

Jelen előadásban most más szempontból vizsgálódunk. Vessünk egy pillantás arra az esetre, amikor e különböző alkatrészeket különféle kombinációkban sorosan kötjük (pl. induktivitás, kondenzátor és ellenállás). E három alkatrészből álló soros kapcsolású áramkör két végét szinuszos feszültségre kötjük, s minket az érdekel, hogy vajon hogy alakulnak az áram és feszültségviszonyok.

Emlékeztetőül megemlítjük, hogy az ellenálláson az áram a feszültséghez képest sem siet, sem nem késik, azaz nincs fáziseltolódás. A kondenzátoron a feszültség késik az áramhoz képest, e késés -90 fokban fejezhető ki a 360 fokot képviselő kör kerületén. Az induktivitásnál éppen ellenkező a helyzet, ugyanis a feszültség éppen $+90$ fokot siet az áramhoz képest. Amennyiben az alkatrészeken kialakuló áram és feszültségviszonyokat alapos elemzésnek tesszük ki, úgy találjuk, hogy a soros áramkör által képviselt időzöjeles „eredő ellenállás” nem lesz egyenlő az ellenállás, a kapacitív és az induktív reaktanciák egyszerűen összeadott értékével. Ezért a soros kör „eredő ellenállására” új fogalmat kell bevezetni, amelyet impedanciának nevezünk és mértékegysége az ohm.

A például vett esetben az induktív reaktanciából ki kell vonni a kapacitív reaktanciát, mert a két reaktancia egymásnak ellene dolgozik a pontosan ellenkező fázisviszonyok miatt. A kapacitív reaktancia azért negatív érték, mert a feszültség késik, és pont ellene dolgozik az induktív reaktancián azonnal kialakuló feszültségnek. Ezt az eredő reaktanciát négyzetre kell emelni (azaz önmagával kell megszorozni) és hozzá kell adni az ellenállás négyzetéhez. A kapott érték négyzetgyökét kell kiszámítani, ahhoz hogy megkapjuk a három sorbakapcsolt alkatrész által képviselt impedanciát ohmban. A négyzetgyök művelet eredménye az a szám, amely önmagával szorozva a négyzetgyökvonás előtti számot adja eredményül, azaz azt, amelyből a négyzetgyököt vontuk.

Lássunk erre egy példát: hat négyzete 36 , 36 négyzetgyöke pedig hat, mert $6 \cdot 6 = 36$ -tal. Megjegyezzük, hogy a négyzetgyökvonás műveletét ma már a legegyszerűbb elektronikus zsebszámológéppel is elvégezhetjük.

Az eredményül kapott impedancia értékkel már számolhatunk az Ohm-törvény szerint (áram, feszültség, a kör teljesítménye), noha az áram- és feszültségviszonyokra, azaz az impedancia feszültségének vagy áramának késésére vagy a sietésére, más néven a fázisviszonyokra az egyszerű impedanciaszámítás nem ad iránymutatást. Más módon számíthatjuk a fázisviszonyokat, amellyel most nem foglalkozunk.

A párhuzamosan kapcsolt ellenállás és a különféle reaktanciák esetén az impedancia számítása a vezetőképességen alapul, amelyet úgy számíthatunk ki, hogy az 1-et elosztjuk az ellenállás illetve a kapacitív és az induktív reaktancia értékével. Igen kis számokat (tizedestörtet) várhatunk eredményül. A reaktív értékek eredője az induktív vezetőképességből kivont kapacitív vezetőképesség lesz. Az ellenállásból számolt vezetőképesség négyzetéhez hozzáadjuk a reaktív érték eredő vezetőképesség négyzetét és az eredményből négyzetgyököt vonunk. Az impedanciát úgy kapjuk meg, hogy az 1-et elosztjuk a kapott számmal, s az eredmény lesz a párhuzamos kialakítású áramkör im-

pedanciája. Fontos megjegyezni, hogy az impedancia frekvenciafüggő, azaz értéke azonos értékű alkatrészek esetén más és más értéket eredményez más és más frekvencián

Azért fontos megismerkednünk az impedanciaszámítás metodikájával, mert a következő részben e módszer segítségével különleges eseteket fogunk vizsgálni, azaz megkezdjük a rezgőkörökkel való ismerkedést.

– *** –

Soros rezgőkör (A rádióamatőr – 42. rész)

Az előző részben vizsgálat tárgyává tettük a passzív rádióalkatrészekből (ellenállás, induktivitás, kondenzátor) kialakított áramkörök viselkedését a szinuszos váltakozó áramok esetében. Megállapítottuk, hogy a reaktanciát képviselő alkatrészek (induktivitás és kondenzátor) miatt minden frekvencián más és más ohmban mért, impedanciának nevezett ellenállást mutat az áramkör. Az impedancia tehát a frekvencia függvényében változik.

Vegyük ismét elő a sorosan kapcsolt ellenállásból, induktivitásból és a kondenzátorból álló áramkört. Vizsgáljuk meg, hogyan alakul az impedanciaviszony a frekvencia változtatásával, azaz a frekvencia függvényében.

Emlékeztetőül elevenítsük fel a reaktanciák számítási metodikáját; az induktív reaktancia

$X_L = \omega * L$, a kapacitív reaktancia $X_C = 1 / \omega * C$ képlettel számítható. A körfrekvencia képlete $\omega = 2 * \pi * f$. A reaktancia értéket ohmban kapjuk meg, amely minden frekvencián más és más eredményt ad.

Az előző részben kifejtettük, hogy az ellenállást, induktivitás és kondenzátort tartalmazó soros kör (a továbbiakban soros RLC kör) impedanciája úgy számítható ki, hogy az induktív reaktanciából ki kell vonni a kapacitív reaktanciát, majd az eredményül kapott reaktanciát négyzetre kell emelni (azaz önmagával kell megszorozni) és hozzá kell adni az ellenállás négyzetéhez. A kapott értékből négyzetgyököt kell vonni ahhoz, hogy megkapjuk a három sorbakapcsolt alkatrész által képviselt impedanciát ohmban.

Vizsgáljunk meg, hogy egy adott kis frekvencián hogyan alakul az impedancia. Az ellenállás értéke adott, az induktív reaktancia kicsi, a kapacitív viszont nagy, emiatt a soros kör impedanciája nagy lesz, és kapacitív jelleget mutat. Növelve a frekvenciát az induktív reaktancia nő, a kapacitív viszont csökken. Ennek eredményeképpen az impedancia az egyre nagyobb frekvencián egyre kisebb lesz, tehát csökken.

Egy bizonyos frekvencián elérjük azt az állapotot, amikor az induktív reaktancia megegyezik a kapacitívval, azaz az induktív reaktanciából kivonva a kapacitív nullát kapunk eredményül. Ez azt jelenti, hogy azon a bizonyos frekvencián a soros RLC körből eltűnnek a reaktáns elemek és az impedancia megegyezik az ellenállás értékével. Ezt a bizonyos frekvenciát rezonanciafrekvenciának nevezzük.

Ha tovább növeljük a frekvenciát, az induktív reaktancia egyre nő, a kapacitív viszont egyre csökken, emiatt a kör impedanciája ismét növekedni kezd, és induktív jelleget mutat.

Amennyiben megvizsgáljuk a soros RLC kör impedancia és frekvencia viszonyait, azaz az impedancia alakulását a frekvencia függvényében, következő megállapításokat tehetjük: Végtelen kis frekvencián, azaz egyenáramon a kör végtelen nagy ellenállást mutat,

vagyis szakadásnak tekinthető. Rezonanciafrekvencián a kör impedanciája megegyezik az ellenállással, azaz az átfolyó áramot csak az ellenállás korlátozza. Ha kivesszük az ellenállást és csak soros LC körként vizsgáljuk a helyzetet, az impedancia nulla, azaz a soros LC kör beiktatása rezonanciafrekvencián rövidzárat, más értelmezésben teljes átvezetést jelent. Végtelen nagy frekvencián az impedancia is végtelen nagy lesz ismét. A soros LC kört soros rezgőkörnek nevezzük.

– *** –

Párhuzamos rezgőkör (A rádióamatőr – 43. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a soros rezgőkörrel és a soros rezonanciával. Emlékeztetőül idézzük fel, hogy soros kapcsolású induktív, kapacitív és ellenállást tartalmazó áramkörnél akkor beszélünk rezonanciáról, ha egy adott frekvencián az áramkör kapacitív és induktív reaktanciája azonos értékű lesz, és kioltják egymást, a körben folyó áramot pedig csak az ellenállás korlátozza. Amennyiben a körből kivesszük az ellenállást, ideális soros rezgőkörrel beszélünk, mert az áram átfolyásának útját többé semmi sem korlátozza, azaz az ideális soros rezgőkör a rezonanciafrekvencián rövidzárat testesít meg.

Vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor egymással párhuzamosan kötjük az ellenállást, a kondenzátort és az induktivitást. Ez az áramkör egyenáramú szempontból átvezet, mert az ellenálláson és az induktivitás tekercshuzalának ellenállásán valamekkora áram fog átfolyani – pontosan a két ellenállás párhuzamos eredőjének és a rákapcsolt feszültségnek megfelelő értékű.

Amennyiben szinuszos váltakozó áramot kapcsolunk e párhuzamos áramkörre, azt tapasztaljuk, hogy a frekvencia növelésével lassan nőni kezd az impedancia, majd egy adott frekvenciasávban meredeken nő, elér egy csúcspontot, majd ismét meredeken csökkenni kezd. A sávot elhagyva a frekvencia további növelésével az impedancia lassan, de folyamatosan csökken tovább.

A tapasztalt jelenség pontosan fordítottja a soros rezgőkörnél tapasztaltaknak, azaz a soros rezonancia estének. Ezt a jelenséget párhuzamos rezonanciának nevezzük. Az impedancia csúcs akkor keletkezik, amikor a kapacitív és az induktív reaktancia az adott frekvencián (elnevezése rezonanciafrekvencia) pontosan megegyezik egymással. Ilyenkor az ellentétes reaktanciák kioltják az egymáson átfolyó áramot, tehát sem a kondenzátoron, sem az induktivitáson nem folyik át áram, a kapcsolás impedanciája pedig megegyezik az ellenállással, mert az frekvenciafüggetlen alkatrész.

Amennyiben kivesszük az áramkörből az ellenállást, a rezonanciajelenség miatt a rezonanciafrekvencián az impedancia végtelen nagy lesz, azaz elektromos szempontból szakadással állunk szembe. Ezt az ellenállás nélküli elrendezést nevezzük ideális párhuzamos rezgőkörnek.

Immáron elérkezett az idő, hogy megjegyezzük: sem ideális soros, sem ideális párhuzamos rezgőkör nem létezik. Amennyiben visszaemlékszünk egy korábbi előadásra, ott arról volt szó, hogy az elektronikai alapalkatrészek egyike sem tökéletesen ideális. Az induktív tekercsnek ellenállása van, a kondenzátor fegyverzetei közötti szigetelésen mégis csak szivárog egy igen kicsi áram, és így tovább. Tehát egy megépített soros vagy párhuzamos rezgőkörben mindig ott van egy ellenállás, amely ráadásul függ a frekvenciától is, s amelyet veszteségi ellenállásnak nevezünk.

A párhuzamos rezgőkör kiváló szelekciós képességgel rendelkezik a rezonanciafrekvencia körüli tartományban, azaz az attól kisebb és nagyobb frekvenciákat sokkal kevésbé enged át (rövidzárszerűen levezeti), ellentétben a rezonanciafrekvencia környékével.

Emiatt kiválóan alkalmas rádióállomások kiszelektálására a rádióhullámok tartományában. Alkalmas továbbá frekvenciaszűrők építésére, amely tartomány akár a hangfrekvenciás tartományba is eshet. Ezeket sávszűrőknek nevezzük. Egyenáramú szempontból azonban vezetőnek kell tekintenünk, s ezt a helyzetet bizonyos áramköri megoldásoknál figyelembe kell venni.

A párhuzamos rezgőkör teszi lehetővé detektoros rádióink megépítését olyan tulajdonsággal, hogy a vett rádióállomások közül a hallgatni kívántat kiszelektálhatjuk a többi közül.

– *** –

Rezonanciagörbe (A rádióamatőr – 44. rész)

Az előző részekben megismerkedtünk a soros és párhuzamos rezgőkörökkel. Arra azonban még nem kaptunk magyarázatot, hogy miért nevezzük rezgőkörnek a kondenzátortekercs-ellenállás alkatrész-kombinációt. Emlékeztetőül idézzük fel, hogy egy rezgőkör akkor van rezonanciafrekvencián, amikor egy adott frekvencián a rezgőkörbe épített kondenzátor és tekercs reaktanciája pontosan megegyezik egymással. A körben lévő ellenállásnak szerepe nincs a rezonanciafrekvencia befolyásolásában, s mint később látni fogjuk, a kör aktuális ellenállása csak a rezgőkör tulajdonságain ront. Ez az ellenállás akkor is jelen van, ha a körbe egyáltalán nem teszünk valódi ellenállást – ezért ezt az ellenállást a rezgőkör veszteségi ellenállásának nevezzük.

Vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor egy párhuzamos rezgőkörre egy pillanatig egyenfeszültséget kapcsolunk. Az egyenfeszültség ne legyen túl nagy, mert a tekercset leégeti, ha nagy az átfolyó áram.

A rákapcsoláskor a kondenzátor elkezd feltöltődni (emlékezzünk: induló állapotban a kondenzátor rövidzár, az induktivitás szakadás), s ahogy a kondenzátoron nő a feszültség, azaz egyre több elektromos töltést tárol, az induktivitás kezdi felépíteni a maga körüli mágneses teret. Gyorsan kapcsoljuk le az egyenfeszültséget a rezgőkörrel, s ezt követően úgy találjuk, hogy elektromos energia maradt a rezgőkörben, mind a kondenzátorban megmaradt töltések, mind az induktivitás által felépített mágneses tér által. Ekkor kialakul egy olyan állapot, amikor a kondenzátor és a tekercs között a töltések elkezdenek ide-oda áramlani. Ez az áramlás a rezgőkör kapcsain szinuszos feszültségváltozás formájában észlelhető és frekvenciája pontosan megfelel annak a frekvenciának, ahol az induktív és kapacitív reaktancia megegyezik egymással.

Ez az állapot mindaddig fennmarad, amíg a körben található veszteségi ellenállás fel nem emésztja a körben rekedt energiát. Tehát ha egy rezgőkörre pillanatnyi egyenfeszültséget kapcsolunk, a rezgőkörön az egyenfeszültség lekapcsolását követően szinuszos váltakozó feszültséget mérhetünk, amelynek frekvenciája megegyezik a rezgőkör rezonanciafrekvenciájával, nagysága pedig folyamatosan csökken a veszteségi ellenállás miatt. Ezt a rezgést csillapított rezgésnek nevezzük.

Amennyiben az elveszett energiát valamilyen módon pótoljuk, a rezgés folyamatosan fennmarad. Ezen az elven működnek a rezgékeltők, más néven az oszcillátorok, amelyekkel később foglalkozunk.

Korábban már megvizsgáltuk, hogy ha egy párhuzamos rezgőkörre változó frekvenciájú feszültséget kapcsolunk, a rezonanciafrekvenciánál sokkal kisebb és nagyobb frekvencián a rezgőkör a feszültséget nagymértékben csökkenti, azaz közelítőleg rövidzárnak tekinthetjük a rezgőkört. A rezonanciafrekvencia közelében meredeken nő a feszültség, rezonanciafrekvencián eléri a csúcát, majd ismét meredek csökkenésbe kezd a frekvencia további kismértékű növelésének eredményeként. A feszültség és a frekvencia válto-

zás összefüggéseit ábrázoló adatokat görbeként felrajzolva kapjuk meg a rezonancia-görbét. Párhuzamos rezgőkörök esetében a görbe olyan benyomást kelt, mintha egy harang lenne, csak a csúcsa sokkal megnyújtottabb, mint egy normális kinézetű harangnak. Soros rezgőkör esetén ez a görbe pontosan fordítottja az előzőnek, s kinézete olyan, mint egy csúcsára fordított harang.

A következő részben körbejárjuk azt, hogy a rezonanciagörbe kinézetét milyen módon befolyásolja a rezgőkör veszteségi ellenállása. Az építendő detektoros rádiónk szempontjából egyáltalán nem mindegy, hogy milyen jószágú (kiemelkedő csúcsú) rezgőkört alkalmazunk. A rádióamatőr ugyanis mindig a tökéletességre törekszik, amely állapot ügyes megoldásokkal sokszor jól megközelíthető.

– *** –

Veszteséges rezgőkör (A rádióamatőr – 45. rész)

Az előző részben szemügyre vettük a soros és a párhuzamos rezgőkörök tulajdonságait és elemeztük rezonanciagörbéik jellegzetes alakulását. A párhuzamos rezgőkör rezonanciagörbéje harang alakú, csúcsa a rezonanciafrekvencia, ez egyben a rezgőkör feszültségmaximuma. A soros rezgőkör rezonanciagörbéje pontosan fordítottja a párhuzamosnak, vagyis csúcsára állított harangra emlékeztet. Ez esetben a soros rezgőkör rezonancia-csúcsa a feszültségminimumon alakul ki. Megjegyzendő, hogy ugyanazon értékekkel a párhuzamos rezgőkör átalakítható sorossá – a rezonanciafrekvencia ugyanaz marad.

Amennyiben visszaemlékezünk, a 40. részben szó volt arról, hogy az elektronikai alkatrészek messze nem ideálisak. Vagyis veszteséggel rendelkeznek, amelyek részben frekvenciafüggők is. Rezgőkör esetén a tekercs önkapacitása, továbbá a kondenzátor induktivitása, továbbá a beépítési környezet és a hőmérsékletváltozás módosítja a rezonanciafrekvenciát. Ezt a hatást egy kívánt rezonanciafrekvencia esetén kompenzálni tudjuk (hangolásnak nevezett művelettel, amikor a kondenzátor vagy az induktivitás értékét módosítjuk a megfelelő mértékben).

A veszteségek úgy jelentkeznek, hogy a tekercs huzalja ellenállással rendelkezik, amely egy mérhető ohmikus ellenállásból és egy frekvenciafüggő ellenállásból tevődik össze – emlékezzünk: ez utóbbi a szkinhatás. További veszteségként jelentkezik az, hogy a tekercs mágneses tere sem zavartalan, a tekercset alkatrészek veszik körbe. Például az esetleges tekercsárnyékolás is mágneses veszteségként jelentkezik. A kondenzátornál a fegyverzetek közötti szigetelőanyag szintén veszteséget okoz, amit dielektromos veszteségnek nevezünk.

Mindezen veszteségek a rezgőkörbe beiktatódott veszteségi ellenállások eredőjeként értelmezhetők, amelynek jelölése legyen nagy „R” betű. Pontos kiszámítása igen bonyolult eljárás, de nem lehetetlen. A veszteségi ellenállás megakadályozza az ideális rezgőkör megépítését. Tehát egy rezgőkör valójában RLC körként tekintendő.

A megvalósított rezgőkör veszteségi ellenállása akkor kicsi, ha a haranggörbeként elképzelt rezonanciagörbe csúcsa jelentősen kiemelkedik a harangtestből, azaz a felső részénél igen meredeken, szinte majdnem párhuzamosan fut fel. Ez azt jelenti, hogy a jó párhuzamos rezgőkör igen szűk frekvenciaáteresztő sávval rendelkezik, s pontosan ilyen kell nekünk ahhoz, hogy egy rádióállomásokkal zsúfolt hullámsávban más adások zavarását kiküszöbölve kiemeljük azt a rádióállomást, amelyet venni, hallgatni szeretnénk.

A nagy veszteségi ellenállással rendelkező rezgőkör rezonanciagörbéje lapos, noha a púp itt is megvan. A csúcsig való felfutás és lefutás csupán kellemes lejtőnek tűnik. A csúcs is

sokkal alacsonyabb feszültségen alakul ki a nagy veszteségi ellenállás miatt. Ez a fajta rezgőkör széles sávot enged át, nem igazán alkalmas a kívánt rádióadás jó és kellően hatékony kiemelésére. Viszont más feladatra alkalmas lehet.

Az általunk építendő detektoros vevőkészülék esetében tehát fontos követelmény a jó szelekciós képesség, egyben a kellő vételi hangerő elérése. Már látszik, hogy a lehető legjobb eredményt minél nagyobb jóságú rezgőkör megépítésével lehet elérni. Tehát a detektoros vevő egyik legkritikusabb eleme maga a rezgőkör, ezért a következő részben folytatjuk a rezgőköröket ismertető eszmefuttatásunkat.

– *** –

Rezgőkör jósága és sáv szélessége (A rádióamatőr – 46. rész)

Az előző részben tovább elemeztük a rezgőkörök tulajdonságait. A rezonanciagörbe vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy vannak nagy jóságú és kis jóságú rezgőkörök. A nagy jóságú rezgőkörök keskeny sáváteresztő képességgel, míg a kis jóságúak széles sáváteresztő képességgel rendelkeznek. Másképpen megfogalmazva a kis veszteségi ellenállású rezgőkört nagy jóságú, míg a nagy veszteségi ellenállású rezgőkört kis jóságú rezgőkörnek nevezzük. A jóságot „Q” betűvel jelöljük, a terheletlen rezgőkör Q-ja néhány száz körül lehet.

A gyakorlatban azonban más a helyzet. A rezgőkört áramkörbe építjük be, jelet csatolunk rá és kicsatolással viszünk tovább. Feladata a jelből egy szűk frekvenciaspektrum kiemelése vagy kivágása. A be- és kicsatolás által a rezgőkört további veszteségi ellenállásokkal terheljük, amit a be- és kicsatolás által képviselt ellenállás okoz. Ezért az áramkörbe épített rezgőkör jósága valahol 1 és 100 között lehet, ami lényeges romlást jelent a terheletlen rezgőkörhöz képest mind az átvitt jel nagysága, mind a sáv szélesség szempontjából.

A rezgőkör Q-ját, vagyis a jósági tényezőjét mérésrel lehet megállapítani a legkönnyebben, de közelítő értéke bonyolult számítással is meghatározható.

A párhuzamos rezgőkör rezonanciagörbe talpa (ezt vegyük elvileg nulla volt feszültségűnek) és a csúcs között számított 71%-nyi magasságában megmérve a kisebb és nagyobb frekvencia értékeit, kiszámíthatjuk a rezgőkört jellemző áteresztő sáv szélességet. Ez a rezgőkör sáv szélessége, amely egy nagy jóságú rezgőkörnél sokkal keskenyebb, mint egy kis jóságúnál. A kis jóságú párhuzamos rezgőkört a sokkal nagyobb sáv szélesség jellemzi. Azaz a rezonanciacsúcs is sokkal kisebb feszültségen alakul ki, tehát a rezonanciagörbe felfutó és lefutó meredeksége jóval lanyhább, mint a nagy jóságú társánál.

E jelenség azt mutatja, hogy a rezgőkörnek is van valamiféle ellenállása, amelyet rezonanciaellenállásnak nevezünk. A rezonanciaellenállás a rezonanciafrekvenciára vonatkozik, nagy jóság esetén nagy, míg ellenkező esetben kicsi. A rezonanciaellenállás párhuzamos rezgőkör esetén úgy számolható ki, hogy a rezgőkör egyik elemének (a kondenzátornak vagy az induktitásnak) reaktanciáját megszorozzuk a „Q” jósági értékkel. A soros rezgőkör esetén ugyanakkor a reaktanciát oszjuk a „Q” értékével.

Nézzünk egy példát: párhuzamos, terhelt rezgőkör induktív elemének reaktanciája a rezonanciafrekvencián legyen 50 ohm. A rezgőkör Q-ját 100-ra mérjük vagy becsüljük. A rezonanciaellenállás 50-szer 100, azaz 50.000 ohm lesz. Viszont a rezgőkör rezonanciaellenállása soros elrendezésben: 50 osztva 100-al, azaz 0,5 ohm lesz.

A sáv szélesség számításához is a „Q” értéket kell alkalmaznunk; a rezgőkör sáv szélessége egyenlő a rezonanciafrekvencia osztva a „Q” értékkel, azaz a jósági tényezővel. E módszer mind a soros, mind a párhuzamos rezgőkörök esetén alkalmazható.

Nézzünk egy példát: Építendő detektoros vevőnkkel az MR1 műsorát 540 kHz-en kívánjuk hallgatni. Az adás sávszélessége 9 kHz, a sáv zsúfoltság miatt egy következő erős adó 550 kHz-en ad. Rezgőkörünk Q-ját vegyük 80-nak. Ekkor a rezgőkör sávszélessége 540 osztva 80-nal, azaz 6,75 kHz lesz. Ez azt jelenti, hogy rezonanciagörbe 71%-os magasságában kevesebb a sávszélességünk mint a kívánt 9 kHz. De ez nem gond, mert az alsó tartományban a görbe nagyon széles, aminek következtében az egy rezgőkörös detektoros vevővel még sok más, távolabbi frekvencián dolgozó erős adóállomást is fogunk hallani egyszerre a kívánttal. S ez viszont probléma a szelektív vétel szempontjából.

– *** –

A legegyszerűbb rádióvevő (A rádióamatőr – 47. rész)

A legegyszerűbb rádióvevő megépítéséhez kevés dologra van szükség; először is kell egy jó hosszú drót, lehetőleg a levegőben kifeszítve – amit antennának nevezünk. Szükség van továbbá egy földelésre, ez sanyarú körülmények között lehet a vízcsap vagy akár a központi fűtés fémcsőve. Még két dolog szükséges; egy pár forintért megvásárolható germániumdióda, s egy ma szinte beszerezhetetlen nagy ohmos fülhallgató, 2000 vagy 4000 ohmos lenne a megfelelő. (A rádiótechnika azonban ma már van annyira fejlett, hogy e probléma impedanciaillesztéssel áthidalható).

Amennyiben a diódát rákötjük a fülhallgató csatlakozóira (mindegy milyen polaritással) s az egyik ponton a földelést, a másik ponton az antennát csatlakoztatjuk ugyanide, megszólal a rádió és örömmel konstatálhatjuk, hogy beléptünk a rádióépítő rádióamatőrök széles táborába. S mindezt nem azért tesszük, mert a lakásunkban található 10–15 rádió közül nem tudnánk kiválasztani, hogy éppen melyiket hallgassuk, hanem azért, mert ezt a rádiót mi magunk építettük, s borzasztóan kíváncsivá tesz, hogy vajon mit is fogunk vele hallani. Nos, az eredmény egészen furcsa lesz: egyszerre halljuk az erősebb középhullámú műsorszóró adókat, s ha szerencsénk van, némi rövidhullámú géptávíró, esetleg egy morze adás kopogását is.

Igen, ez az első saját építésű rádió. Nem tökéletes, nem élvezhető – de már szól. Vajon mit tehetünk annak érdekében, hogy ezt a hangzavart megszüntessük és kiválaszthassunk egy nekünk tetsző adót, amit zavartalanul és élvezhető hangerővel hallgathatunk? Az előző részekben alaposan kiveséztük a rezgőköröket – talán kissé hosszan és unalmasan, de most hasznát vesszük a tudásunknak. Rezgőkört kell építeni, s valahogy ezt az egydiódás, egy fülhallgatós rádiót ki kell egészítenünk a rezgőkörrel, hogy kiszelektálhassuk a venni kívánt állomást a többi közül.

Először is meg kell határoznunk, hogy milyen hullámsávot kívánunk venni. Kezdetnek legyen ez a középhullámú műsorszóró rádiósáv, amelynek terjedelme úgy nagyjából 500 kHz-től 1600 kHz-ig terjed, azaz 500.000 Hz-től 1.600.000 Hz-ig, s tele van nagy teljesítményű műsoradókkal.

Bizonyosan visszaemlékezünk arra, hogy egy párhuzamos rezgőkör akkor van rezonanciában, ha a kapacitív és az induktív reaktanciája egyenlő egymással – azaz $X_L = \omega * L$ egyenlő $X_C = 1 / \omega * C$ -vel, ahol $\omega = 2 * \pi * f$ és $n = 3, 14$. Ezen egyenletekből kifejezhetjük a frekvenciát, az induktivitást és a kapacitást – azaz a rezgőkör minden elemét ki tudjuk számítani. Ezt most nem tesszük meg, mert vannak segédképletek, amelyek jó számítási eredményt adnak: az induktivitást mikrohenryben, a kapacitást pikofaradban és a frekvenciát MHz-ben adják eredményül, illetve ilyen mértékegységekben írandók be az ismert adatok.

A tekercs lehet légmagos, illetve vasmagos kivitelű. Tudni kell, hogy ha egy légmagos tekercsbe vasmagot helyezünk, jelentősen, mondjuk inkább úgy, hogy többszörösére nő meg az önindukciója.

Ahhoz, hogy a középhullámú sávot végig tudjuk hangolni, a tekercs vagy a kondenzátor értékét folyamatosan változtatni kell. A tekercs nem praktikus megoldás, marad a kondenzátor, amelyből gyártanak olyan változatot is, amelynek egyik fegyverzetét tengelyre szerelik és ki-, illetve beforgatható az állórész fegyverzetébe. Ezt forgókondenzátornak nevezzük, beszerzése ma a kezdő rádióamatőrnek nehézkes és anyagilag megterhelő lehet, ezért más megoldást fogunk keresni.

Kezdetnek megteszi az, hogy vékony szigetelt huzalból (tekercshuzal) feltekerünk 60 vagy 80 menetet egy háztartásban található csőre – mondjuk legyen az egy elfogyott alufólia vagy műanyagfólia tartóhengere. Kondenzátorként fix értékű, olcsó kerámia-kondenzátorokat vásárolunk. Értékük legyen 470 pF-tól 33 pF-ig csökkenő értékű sor. Ezeket a kondenzátorokat külön, külön vagy kombinálva kapcsoljuk párhuzamosan a tekercsel, s máris készen van a detektoros vevőhöz alkalmas hangolható rezgőkörünk.

– *** –

A detektoros rádió (A rádióamatőr – 48. rész)

Az előző részben megépítettük a világ legegyszerűbb rádiókészülékét, amelyhez nem szükséges más, mint egy megfelelő dióda és egy nagyohmos fülhallgató – továbbá az antenna és a földelés. Vajon hogy működik ez a rádiókészülék? A rádióhullámokat, mint elektromágneses hullámokat az antenna „érezkeli”, mégpedig azért, hogy ezek a hullámok az antenna fémvezetékében az elektronokat rezgésre, mozgásra kényszerítik – azaz az elektronok egymást taszigálják. Ennek eredménye az, hogy a földhöz képest az antennában elektromos feszültség keletkezik, amely a műsorszóró rádióadók esetében szinuszos váltakozó feszültség. Amennyiben a diódát az antenna és a föld közé kötjük, a dióda e váltakozó feszültséget egyenirányítja, a polaritásának megfelelő egyik félperiódust engedi csak átfolyni áram formájában a föld felé, a másik félperiódus változó feszültség formájában a dióda kapcsain marad. A dióda kapcsain ezáltal feszültségkülönbség alakul ki.

Tudni kell, hogy egy műsorszóró adó középhullámon beszéddel vagy zenével modulált jeleket sugároz ki az éterbe. Ezek a rádióhullámok ma még nagy többségében úgynevezett amplitúdómodulált adások, amelyek egy állandó értékű vivőhullámot sugároznak ki, az információt (azaz a beszédet vagy a zenét) az oldalsávok tartalmazzák, amelyek terjedelme megfelel a beszéd vagy a zene frekvenciaterjedelmének, nagyságuk pedig arányos a hangerővel. Az oldalsávok egymás tükörképei, viszonylag kis értékűek, viszonyítva az állandó nagyságú, állandó kisugárzású vivőhullámhoz. Ha nincs beszéd vagy zene – azaz moduláció, az oldalsávok nem alakulnak ki.

Ezt az adásmódot a legkönnyebb visszafordítani (demodulálni) az emberi fül számára hallható hanggá. Ugyanis ehhez egy dióda elegendő. Ha az egydiódás rádió esetében a diódával párhuzamosan egy nagyohmos fülhallgatót kötünk, megszólal a rádió. Ez pedig azért történhet meg, mert a diódán kialakult feszültségkülönbség a fülhallgatón keresztül áramot hajt át. A fülhallgató nagy induktivitása a nagyfrekvenciás komponenst nem engedi át – azaz fojtja, míg a modulációból eredő, a hangfrekvenciával arányos feszültségváltozás megmozgatja a fülhallgató membránját, azaz füllel hallhatóvá válik a rádióadás által kisugárzott műsor.

Ilyen egyszerű a rádió. Persze igényeink sokkal nagyobbak annál, hogy egyszerre, egymást zavarva hallgassuk az antennánk által befogott rádióadásokat. Ez így élvezhetetlen.

Az „egy dióda egy fülhallgató” típusú rádiókat mindenféleképpen szeretnénk továbbfejleszteni; az elérendő cél az, hogy az adásokat válasszuk szét, hogy az adók kavalkádjából lehetőleg csak azt vegye a rádió, amelyet hallgatni szeretnénk.

Tudjuk, hogy a szelektálás céljára kiválóan megfelel a rezgőkör. Az előző részben már elő is készültünk az alkalmazására. Lássunk is neki a dolognak; az antennát a párhuzamos rezgőkör egyik végpontjára, a földelést a másikra kötjük. Ez utóbbi lesz a közös pont az áramkörben, röviden csak földnek nevezzük. A diódát a rezgőkör antennaponti csatlakozójára kötjük (most a polaritás nem fontos). A dióda szabad vége és a föld közé kötjük a nagyohmos fülhallgatót, s máris elkészültünk az első, viszonylag szelektívnek mondható rádiókkal. Az erősebb állomások meglehetősen zavartalanul szólnak, ráadásul jóval hangosabban is. A venni kívánt rádióállomást a rezgőkörben lévő kondenzátor változtatásával tudjuk beállítani. Ezt a műveletet hangolásnak nevezzük. Összehasonlíthatatlanul jobb lett a rádió, mint az egy diódás egy fülhallgató megoldású vevő volt. De messze nem tökéletes, csak az erősebb adások élvezhetőek, azok sem teljesen zavarmentesen hallhatók.

Az előadássorozat 48-ik részében érkeztünk el oda, hogy az első saját építésű rádió működését megértsük és kísérletezni kezdjünk vele. Igazolva látjuk azt, hogy mégsem volt hiába eltöltött idő az eddig feleslegesnek tűnő sok ismeret megszerzése, mert bár már a rádióépítő rádióamatőrök táborának oszlopos tagjai lettünk, ismereteinket a továbbiakban is hasznosítani fogjuk. A detektoros rádió tökéletlenségei fognak inspirálni arra, hogy mindig jobb és jobb megoldásokon törjük a fejünket. Azt szeretnénk, hogy a rádióhullámok egyre kiterjedtebb spektrumára alkalmas, egyre jobb berendezésünk legyen, s végül magunk is résztvevőivé váljunk az éterben való forgalmazásnak – azaz eljussunk a rádióamatőr adóengedélyig.

Viszont a mai korszerű rádiótechnika – beleértve a rádióamatőr technikát – kezd nagyon hasonlóvá válni a számítástechnikához; azaz bonyolult, még a szakemberek számára is nehezen megérthető és javítható konstrukciójú rádiók veszik át az uralmat a rádiózásban – beleértve az amatőr rádiózást is. Ez azonban ne keserítsen el senkit, hiszen az egyszerű, hagyományos felépítésű saját építésű rádiókkal is lehet eredményes étermunkát folytatni. Ugyanis nem a készülék minősége, hanem az azt kezelő operátor ügyessége, ötletessége hozza meg a sikert az amatőr rádiózásban. Noha manapság többségében gyári készülékeket használnak a rádióamatőrök, azért fontos, hogy legalább a rádió leg-
alapvetőbb működését ismerjék. Az sem elhanyagolható tényező, hogy rádióamatőrt a kíváncsiság jellemzi és mindig tökéletesebb megoldások felé kacsingat mind a műszaki, mind az étermunka területén.

A következőkben a szükségesnél nem több műszaki ismerettel a rádióamatőr különleges világának megismerése felé orientálódunk, amelyhez kívánok a továbbiakban sok sikert és szívósságot.

– *** –

A detektoros rádió tulajdonságai (A rádióamatőr – 49. rész)

Megépített középhullámú detektoros rádiókkal kószálva az éterben megállapíthatjuk azt, hogy a legközelebbi helyi műsorszóró adót tudjuk viszonylag zavarmentesen és valamennyire elfogadható hangerővel hallgatni. Ahogy megy le a nap és közeledik az este egyre több, távolabbi rádióadást hallhatunk, ugyanakkor növekszik a zavar szintje és a vett adások hangereje sem kielégítő.

Ez a jelenség azt bizonyítja, hogy az egy rezgőkörös szelekció messze nem biztosít elegendő elválasztást a szomszédos adóállomások tekintetében, az antennáról érkező jelek

pedig nagyon kicsik ahhoz, hogy a távolabbi adókat kellő hangerővel tudjuk venni. Továbbá azt is megfigyeltük, hogy a középhullámú műsorszóró sávban az esti-éjjeli órákban vehetőek a távolabbi állomások, nappal csak a közeli. Ez utóbbi ellen sokat nem tudunk tenni, mert ez a középhullámú sáv terjedési sajátossága – természetes tulajdonsága.

A kis hangerő az antennajel és/vagy a hangfrekvencia erősítésével alaposan megnövelhető, míg a zavaró állomások kiküszöbölése több rezgőkört vagy speciális szűrőalkatrészeket igényel. De ezek a rádiók már nem a detektoros rádió kategóriájába esnek, mert aktív alkatrészeket tartalmaznak és energiaellátást igényelnek. Aktív alkatrész az elektroncső, a tranzistor, az integrált áramkör, s ezek működéséhez szükség van elektromos energiára, míg a detektoros vevő nem igényel elektromos tápellátást – csak az antenna és a földelés segítségével felfogott, a rádióadó által kisugárzott energiát alakítja át hallható hanggá.

Meg kell jegyezni, hogy a műsorszóró adók nagyon nagy teljesítménnyel sugároznak. Ennek az az oka, hogy a lehető legegyszerűbb rádióvevőkkel is jól vehető legyen az adásuk. A középhullámú műsorvevő rádióknak néhány méter drót elegendő, de ma már inkább a beépített belső antenna (a ferritantenna) alkalmazása jellemző.

A detektoros rádió minden esetre érdekes rádiózási tapasztalatok megszerzésére nyújt lehetőséget. Részben megismerhetjük a legegyszerűbb, némileg azért szelektív rádióvevő működését és kísérletezhetünk különféle megoldásokkal a vételi képesség javítása érdekében, másrészt megismerhetjük a középhullámok alapvető terjedési tulajdonságait.

Apropó hullámterjedés; a különféle hullámhosszúságú rádióhullámok elég sajátos terjedési tulajdonságokkal rendelkeznek. Itt van mindjárt a középhullámú műsorszóró rádiósáv. Felismertük, hogy nappal csak a közeli adókat halljuk, éjjel a sávban megjelennek a távoli 1500-2000 km-es távolságban lévő rádióadók is. Erre azt mondjuk, hogy a középhullámú sáv éjjeli sáv, mert a terjedés akkor alakul távolságivá, amikor lement nap.

A rövidhullámú sávoknál érdekes helyzet alakul ki; vannak éjjeli sávok és vannak nappali sávok. Ráadásul rövidhullámon igen kis adóteljesítményekkel kontinensek közötti távolságokat lehet áthidalni, noha a rövidhullámok viselkedése igen szeszélyes.

Az ultrarövidhullámú és a mikrohullámú sávok úgy terjednek, mint a fény, azaz ökol-szabályként elmondhatjuk, hogy az adó és a vevőantennának „látnia” kell egymást ahhoz, hogy üzembiztos rádiókapcsolatot hozhassunk létre.

Mindezekről később majd részleteiben értekezünk, most térjünk vissza a középhullámhoz. Már a detektoros vevővel is megfigyelhető, hogy a távoli állomások hangereje néha nagyon lecsökken, majd felerősödik. Ezt a jelenséget a hullámterjedésben bekövetkezett változás okozza és fédingnek (fading) nevezzük – rádióamatőr nyelven pedig QSB-nek mondjuk.

Azt is megfigyelhetjük – bár detektoros rádióval nehezebb, de egy zsebrádióval igen könnyen –, hogy egy távolabbi amplitúdómodulált műsorszóró adás egy rövidebb vagy hosszabb ideig torzan szól. Ez is hullámterjedési jelenség, neve szelektív féding. Ennek az az oka, hogy a terjedés során szelektíven kioltódik a távoli adó vivőhulláma és csak a két oldalsáv érkezik a vevőantennára. A vivőhullám hiányában pedig az amplitúdómodulált adás teljesen elveszíti érthetőségét.

A detektoros vevő tehát arra alkalmas, hogy a nagy teljesítményű, helyi műsorszóró adót hallgassuk vele. A rádiózás kezdetén erre a célra igen elterjedten alkalmazták műsorvevő rádióként, még ott is, ahol már volt villamosenergia ellátás.

Manapság is vannak a detektoros rádióknak rajongói. Igen nagy antennákat, nagy jóságú tekercseket építve, válogatott diódákat alkalmazva azon versengenek, hogy ki tudja a legtávolabbi műsorszóró adót meghallani és azonosítani. E társaság tagjai középhullámú megfigyelő amatőrök, többnyire le is ragadnak e körben – míg mi a rövidhullámú amatőrsávokban hallható dolgok iránt érdeklődünk – hiszen sokkal izgalmasabb a távoli kontinensek amatőr rádióseit hallgatni, mint az európai középhullámú műsorszóró adókat figyelni.

A következő részekben nagy léptekkel törünk be a rövidhullámok tartományába.

– *** –

A detektoros rádió és a rövidhullámok (A rádióamatőr – 50. rész)

Miután megépítettük és használatba vettük a középhullámú sávban működő detektoros rádiókat, érdekes hullámterjedési és műszaki tapasztalatokra tehetünk szert. A detektoros rádió nem igényel tápellátást, az antennával felfogott rádióhullámok energiáját alakítja át hallható hanggá. Ez a fajta rádióvevő nem kellően érzékeny és szelektív, a legközelebbi erős helyi rádióadó vételére még úgy, ahogy használható, hangereje meglehetősen kicsi, és az este közeledtével még a helyi adót vétele sem lesz mindig zavarmentes.

A detektoros vevő hangerejét 1–3 tranzistoros vagy egy integrált áramkörös hangfrekvenciás erősítővel akár hangszóróvételi lehetőségig megnövelhetjük, ekkor azonban már tápellátást kell biztosítani a készüléknek. Ezzel a megoldással ugyan megnöveltük a készülék érzékenységét és hangerejét, de nem oldottuk meg a gyenge szelekciós képességből adódó problémákat, sőt a zavaró adók felerősített megjelenése még kellemetlenebbé teszi a vételt. A szelekciós képességet javíthatjuk egy rezgőkörös erősítőfokozat beillesztésével a készülék elé, ekkor azonban már gondoskodni kell a két rezgőkör együttfutásáról a hangolás során. Azaz minkét rezgőkörnek azonos rezonanciafrekvencián kell lennie, bármely adóállomásra hangolunk is.

Mivel nem akarunk leragadni a középhullámú sávban hallható műsorszóró adóállomásoknál, arra törekszünk, hogy behallgassunk a rövidhullámú tartományban folyó rádiózásba, mert ott sokkal izgalmasabb élet folyik, mint középhullámon.

A rövidhullámú detektoros vevő erre a célra már szinte használhatatlannak bizonyul. Ennek oka részben abban keresendő, hogy a rövidhullámú sávot már nem csak az amplitúdómodulált műsorszóró adók használják, hanem itt található nagy számban a különleges modulációkkal dolgozó hivatalos és rádióamatőr állomások, amelyek vételére a detektoros vevő már egyáltalán nem alkalmas. Ezek közül a főbb modulációs módok a távíró, a géptávíró, az SSB távbeszélő, a PSK adatátvivő, a képtávíró, az amatőr lassú letapogatású televízió (SSTV) és még sok másféle hivatalos és amatőr moduláció. A továbbiakban minket csak az amatőrök vételének lehetősége izgat, hiszen az amatőrsávokban zajlik igazán aktív és érdekes rádióforgalmazás.

A rövidhullámra megépített detektoros vevő könnyen csalódást okoz, mert néhány erős műsorszóró adón kívül a távíró- és a géptávíró adók kopogását, torz és érthetetlen beszédet hallhatunk időlegesen és esetlegesen – az antennánk méretétől, a vett hullám-sávától és az aktuális hullámterjedéstől függően.

Noha a sikerélmény igen korlátozott és főleg a műsorszóró adók esetleges vételére számíthatunk, érdemes megépíteni a rövidhullámú detektoros vevőt, mert egy egyszerű trükkkel könnyen használhatóvá tudjuk varázsolni. Noha korlátozott érzékenységgel és szelektivitással a detektoros vevőt viszonylag könnyen képessé tudjuk tenni arra, hogy a rövidhullámú, kis teljesítményű, különleges modulációjú rádióadók egy részét hallhatóvá, érthetővé tegyük – függetlenül attól, hogy a vett rádióhullámok éppen a szomszédból vagy más kontinensekről származnak.

Ahhoz, hogy megértsük a hogyanokat és a miérteket, át kell tekintenünk a modulációs sajátosságokat és a rövidhullámú sáv felosztását, valamint a terjedési sajátosságait. Ehhez sajnos ismét el kell merülnünk bizonyos elméleti kérdésekbe, illetve tanácsként felhasználjuk a rövidhullámú sávokban szerzett megfigyelési és rádióforgalmi tapasztalatokat.

A rövidhullámú detektoros vevő csak abban különbözik a középhullámú megoldástól, hogy megfelelő rezgőkört kell méreteznünk és elkészítenünk, s ezzel a rezgőkörrel kell lecserélnünk a középhullámú rezgőkört. Célkitűzésünk az, hogy a 3,5 és a 7 MHz-es rádióamatőr sávokat tudjuk venni és behallgathassunk a rádióamatőr forgalmazásba.

A következő részben belevágunk e nemes feladat megoldásába.

– *** –

Detektoros rádió Q-sorozóval (A rádióamatőr – 51. rész)

Miután megépítettük az első és egyben a legegyszerűbb rádióvevőnkét, a detektoros rádiót, elméletileg vizsgáljuk meg, hogy képesek vagyunk-e egyszerűségében hasonló módon rádióadót építeni. A válasz annyiban igen, hogy néhány alkatrészből építhetünk rádióadót, de ahhoz már aktív elem (tranzisztor, elektroncső) és tápellátás is szükséges. Ugyanis a rádióadó a tápellátásból nyert energiát alakítja át nagyfrekvenciás energiává, amit azután az antenna elektromágneses hullám formájában kisugároz az éterbe.

Itt hívjuk fel a figyelmet, hogy rádióadó készüléket használni csak hivatalos engedély birtokában és az abban foglalt feltételekkel szabad!

Ahhoz, hogy egy adókészülék létrejöjjön, rezgékeltőt, más néven oszcillátort kell építeni. A legegyszerűbb oszcillátorhoz is szükség van legalább egy darab aktív elemre, ez manapság lehet egy tranzisztor vagy integrált áramkör, régebben – más nem lévén – elektroncsövet használtak erre a célra. Már az egyszerű rezgékeltő áramkör is lehet adókészülék, ha antennát illesztenek hozzá, amit engedély hiányában szigorúan tilos megtenni.

A rezgékeltő már a nevében is hordozza, hogy valami köze lehet a rezgőkörhöz. Kezdünk is el vizsgálni, hogy vajon hogy is néz ki ez a megoldás.

Korábban már szó volt róla, hogy ha egy rezgőkörre egy pillanatig sima egyenfeszültséget kapcsolunk, a lekapcsolást követően a rezgőkörben maradt energia csillapított rezgésként ide-oda áramlik a kondenzátor és a tekercs között mindaddig, amíg a rezgőkör vesztesége fel nem emészti. Amennyiben azt szeretnénk, hogy csillapítatlan rezgés jöjjön létre, a rezgőkör veszteségéből eredő csillapítást energia hozzáadásával kell pótolni, amit egy aktív elem és egy tápellátás segítségével meg is tudunk oldani. Legegyszerűbb esetben egy oszcillátor megépítéséhez elegendő egy tranzisztor, egy néhány voltos elem, valamint pár alkatrész a visszacsatolás és a munkapont beállításához. Ennek a rezgékeltőnek néhány mikrowatt esetleg néhány milliwattnyi energiáját további erősítőkkel növelve jutunk el a wattos, kilowattos és megawattos adóteljesítmények tartományába. Persze manapság az élet nem ilyen egyszerű a rádióadók tekintetében.

A rezgékeltőt a rádióvevőkben is használják, sőt a rezgékeltőhöz hasonló áramkörökkel és néhány további aktív elemmel már egészen érzékeny rádióvevőket is lehet építeni.

Vegyünk egy rezgőkört, amelynek rezonanciafrekvenciája 3500 kHz-en van és a jósági tényezőjét vegyük 100-nak. Ekkor a rezgőkör sáv szélessége 35 kHz-re adódik, ami messze sok, ha 2,7 kHz-nyi sáv szélességű távbeszélőadást adást akarunk zavartalanul venni a rádióval, nem is beszélve a néhány tízhertznyi sáv szélességű táviró adókról.

Ráadásul ez a rezgőkör a rezonanciagörbe sajátos ellapulása miatt még 1 MHz távolságban sem eredményez kellő csillapítást a frekvenciában távolabbi adók szempontjából.

E rezgőkör tulajdonságait azzal tudnánk javítani, ha növelnénk a jóságát. Mondjuk, ha 500-ra tudnánk növelni, akkor a sáv szélesség 7 kHz-re adódna, ami már sokkal jobb, mint a 35 kHz, de még mindig nem elegendő a megkívánthoz képest. A rezgőkört technikailag nem tudjuk ilyen nagy jóságú körként kivitelezni, már a 100-as jóság is különleges konstrukcióval érhető el.

Van azonban egy mód, hogy a rezgőkör jóságát megnöveljük, azaz csökkentjük a veszteségi ellenállását. Ehhez kell egy olyan áramkörti elrendezés, amely úgynevezett negatív ellenállást visz be a rezgőkörbe a rezonanciafrekvencián. A veszteségi ellenálláshoz hozzáadva a bevitt negatív ellenállást (azaz kivonást végzünk a negatív ellenállás előjele miatt), folyamatosan tudjuk a rezgőkör jóságát növelni. Ezt egy pozitívan visszacsatolt aktív erősítő áramkörrel képesek vagyunk megvalósítani, ahol a rezgőkör veszteségi energiájának kompenzálását a visszacsatolás mértékével tudjuk szabályozni. Ezt a megoldást Q-sokszorozónak nevezzük és segítségével az egyszerű vevőkészülékek érzékenységét és szelektivitását nagymértékben javítani tudjuk.

Mi van akkor, ha a rezgőkör veszteségi ellenállását teljes mértékben kompenzáljuk? Nos, ez esetben a rezgőkörben csillapítatlan rezgések jönnek létre és a visszacsatolás további növelésével a rezgések energiája növekszik.

Az ilyen áramkört már rezgéskeltőnek, azaz oszcillátornak nevezzük. Az oszcillátort tehát úgy alakítjuk ki, hogy a rezgőkör veszteségi ellenállásának kompenzálásán túlmenően meg nagyobb negatív ellenállást viszünk be a rezgőkörbe az állandó és stabil rezgés fenntartása céljából.

A következő részben a Q-sokszorozók és az oszcillátorok felhasználási módjait fogjuk vizsgálni.

– *** –

Detektoros rádió segédoszcillátorral (A rádióamatőr – 52. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a rezgőkör jóságát növelő, vagyis a veszteségi ellenállását csökkentő megoldással – azaz a Q-sokszorozóval. Amennyiben a rezgőkör veszteségi ellenállását teljes mértékben kompenzáljuk, illetve túlkompenzáljuk, a rezgőkörben csillapítatlan rezgés jön létre, amelynek frekvenciája megegyezik a rezgőkör rezonanciafrekvenciájával. Ezt a kapcsolástechnikai elrendezést oszcillátornak – rezgéskeltőnek nevezzük.

Ahhoz, hogy a rezgőkör veszteségi ellenállását kompenzálni tudjuk, egy aktív erősítőelemre és egy külső energiaforrásra van szükségünk. Amennyiben a veszteségi ellenállást kompenzáló áramkört negatív ellenállásnak fogjuk fel, az áramkör szabályozásával szabályozhatjuk a rezgőkör veszteségi ellenállását. Ha eltüntetjük a veszteségi ellenállást és annál nagyobb negatív ellenállást iktatunk be a rezgőkörbe, a csillapítatlan rezgés energiáját vagyunk képesek szabályozni. A szükséges energiát mindkét esetben külső energiaforrás biztosítja.

A Q-sokszorozó segítségével szelektív és nagy érzékenységű, egyszerű vevőkészüléket építhetünk. Ez főleg a középhullámú műsorszóró sávban hatékony megoldás. E készülékeket úgy nevezzük, hogy visszacsatolt vevőkészülék, ahol a visszacsatolás szabályozható módon változtatja meg a rezgőkör jóságát – azaz a sáv szélességét és azzal megegyően a kiemelendő jel nagyságát.

Már az egyszerű detektoros vevőkészülék esetében is jelentős vételképesség növelést és szelektivitás javulást érhetünk el, ha az egyetlen rezgőköréhez Q-sokszorozót kapcsolunk. Amennyiben a Q-sokszorozót túlcsatoljuk, a rezgőkörben létrejönnek a csillapítatlan rezgések – amely állapotot a rádióamatőr szlengben úgy nevezünk, hogy begerjedt a vevő. A helyi rezgés összekeveredik a bejövő antennajellel és képesek leszünk venni a távíró, a géptávíró és az úgynevezett SSB modulációs adásokat, azaz a rádióamatőr adásokra jellemző üzemmódokat. Ezt a fajta vevőkészüléket szinkrodin vevőnek nevezzük, és eleve úgy tervezzük, hogy folyamatosan hangolható; lehetőleg stabil oszcillátort alkalmazunk a keverés érdekében. Ugyanezen vevő nem alkalmas az amplitúdó modulált műsorszóró adások vételére, mert az adók állandó vivőhullámú kisugárzása miatt, nem pontos ráhangolásnál füttyként hallhatók.

A Q-sokszorozó alkalmazásával viszonylag jó minőségű szűrést is meg lehet valósítani alacsonyabb frekvenciákon. Manapság azonban a jó minőségű kvarc és piezoelektromos szűrők kiszorították az instabil és más bajokkal is küzdő Q-sokszorozó megoldásokat a gyakorlatból.

Az oszcillátor, vagyis a rezgéskeltő képezi egy rádióadó készülék alapelemét. A folyamatos rezgést lehet valamilyen módon modulálni, például egy távíróbillentyűvel indítani és leállítani (távíróadó), vagy hangot hozzákeverni (fóniadó) továbbberősíteni és az antenna segítségével elektromágneses hullámmá, azaz rádióhullámmá alakítani és kisugározni az éterbe.

A legegyszerűbb rádióadó lehet maga az oszcillátor, amelyet antennához illesztünk és távíróbillentyűvel indítjuk, illetve állítjuk le az oszcillátort. Ez persze egy évszázaddal ezelőtti technikai megoldás, mert ennek a megoldásnak ezer baja van, közöttük az egyik legfontosabb a frekvencia instabilitás, ha LC rezgőkört alkalmazunk.

Ha két elektromos jelet összekeverünk, a keverés eredmény a két jel összege és különbsége lesz. A nem kívánt jelet kiszűrjük és a kívánt jelet továbbberősítjük vagy feldolgozzuk, vagy demoduláljuk. Ezen az elven működnek a szupervevők, amelyeknél a venni kívánt jelet egy alacsonyabb, úgynevezett középfrekvenciára keverjük le, ahol hatékonyan tudjuk szűrni, erősíteni és feldolgozni, azaz demodulálni – vagyis füllel hallható hangfrekvenciás jellé alakítani.

A következő részben áttekintjük a keverés és a szupervevők működési elvét.

– *** –

A rezgéskeltő – azaz az oszcillátor (A rádióamatőr – 53. rész)

Az előző részben áttekintettük az oszcillátor működési elvét, amelyet lényegében úgy foglalhatunk össze, hogy egy negatív ellenállást megvalósító áramkörrel kompenzáljuk a rezgőkör veszteségi ellenállását. A csillapítatlan rezgés stabil fenntartása érdekében a negatív ellenállásnak túl kell kompenzálnia a veszteségi ellenállást. A negatív ellenállás tehát nem energiafogyasztót, hanem energiabecsatoló eljárást takar egy áramkörben, az energiát külső forrásból, a tápellátásból illeszti be a rezonáns körbe.

Az oszcillátoroknak több fajtáját ismerjük. Mi most – eltekintve a nagyon sokoldalú kapcsolástechnikai megoldásoktól – a rezgéskeltőket három alaptípusra osztjuk fel.

A tekerccsel és kondenzátorral megépített oszcillátorokat LC oszcillátoroknak nevezzük. Ezek az oszcillátorok igen széles frekvenciatartományban hangolhatók, például egy forgókondenzátor alkalmazásával több, mint háromszoros frekvenciaátfogást is elérhetünk anélkül, hogy a rezgőkör bármely elemét cserélni kellene. Például egy 500 kHz frekvenci-

újú oszcillátort a forgókondenzátor segítségével 1600 kHz körüli frekvenciára is képesek vagyunk áthangolni. Egy ilyen változtatható frekvenciájú LC oszcillátor tipikusan közép-hullámú műsorvevőknél, az amatőr gyakorlatban néhány MHz-es frekvenciáig kerül alkalmazásra.

A rádióamatőr sávok sokkal kisebb frekvenciaterjedelmük miatt sokkal kisebb frekvenciaátfogással jól hangolhatók. Például a 80 m-es rövidhullámú sáv 3,5 MHz-től 3,8 MHz-ig terjed, az ide szükséges átfogás kevesebb, mint 1,1 értékű.

Az LC oszcillátorok igen kényesek, mert frekvenciastabilitásuk nem felel meg a mai rádióamatőr gyakorlatban szükséges igen nagy stabilitási követelménynek.

A gyenge stabilitás oka, hogy az elektronikai alkatrészek aktuális értéke függ a hőmérséklettől, az alkatrész minőségétől. Az aktív erősítőelemek aktuális paraméterei a munkapont bolyongásával változnak, és az sem mindegy, hogy milyen környezetben kerül felépítésre egy oszcillátor. Ezen tényezők szerencsétlen esetben összeadódnak és az oszcillátor használhatatlanul instabil lehet.

Például egy szabad környezetben felépített rezgőkör már akkor is megváltoztatja a rezonancia frekvenciáját, ha megfújja a huzat vagy kézzel közelítünk hozzá, mert a kezünk által okozott minimális kapacitásváltozás is megváltoztatja a rezonanciafrekvenciát.

Az LC oszcillátorok mai szemmel szemlélve megzabolázhatatlanul instabilak, ezért az ilyen megoldások az amatőr gyakorlatban ma már kompromisszumos megoldások és alkalmazásuk igen gondos kivitelezést követel meg. Az instabilitás a frekvencia növelésével egyre nagyobb mértékben jelentkezik, s nem mindegy az sem, hogy az oszcillátorban alkalmazott erősítőelem munkapontja mennyire hajlamos a külső hatások miatti bolyongásra. Az amatőr gyakorlatban az LC oszcillátor korábban elterjedt volt, a különféle stabilitást javító kapcsolástechnikai és mechanikai megoldások valamennyire javították a helyzetet. Mára azonban kimentek a divatból, noha segítségükkel az egyszerűbb adók és vevők még ma is megépíthetők.

A stabilitási problémán segít, ha az úgynevezett kvarcoszcillátorokat alkalmazunk. Ezek piezoelektromos kristályok, amelyek zárt tokba vannak építve. A piezoelektromos kristály mechanikai mérete szabja meg a rezonanciafrekvenciát, stabilitása igen nagy. Hátránya viszont az, hogy csak egyetlen frekvencián képes rezegni, így a folyamatos hangolás nem valósítható meg vele. Léteznek olyan kapcsolástechnikai megoldások, amelyeknél néhány kHz-es tartományon belül folyamatosan hangolható a kvarcoszcillátor. E megoldásokat főleg kis teljesítményű, úgynevezett QRP adóknál szokták alkalmazni.

A korszerű, nagy stabilitású, folyamatosan hangolható oszcillátorok komplex áramkörök, amelyek integrált formában kerülnek kivitelezésre és digitális jelfeldolgozást végeznek. Ezeket az oszcillátorokat impulzussal, vagy számjegyvezérléssel lehet hangolni, átfogásuk igen nagy és frekvenciafelbontásuk akár 1 Hz is lehet, amit LC oszcillátorral megvalósítani nem lehet. Ezen oszcillátorok a korszerű gyári adóvevőkben és az amatőr építésű készülékekben találhatóak meg.

A következő részben a jelkeverés és az oszcillátorok alkalmazásában mélyedünk el.

– *** –

A visszacsatolt egyenesvevő (A rádióamatőr – 54. rész)

Az oszcillátorokat, azaz a rezgéskeltőket széles körben alkalmazzák a rádiótechnikában. Megtaláljuk őket a vevőkészülékekben, az adókészülékekben és számos mérés technikai eszközben.

Az előző részben nem említettük, hogy az oszcillátor képes előállítani alapfrekvenciájának egész számmal szorzott többszörös frekvenciájú jeleket is – bár egyre kisebb jelszinten – azaz amplitúdóval. E jeleket felharmonikusoknak nevezzük. Főleg a piezoelektromos, azaz a kvarc rezgéskeltők esetében tudjuk hasznosítani az oszcillátor ezen tulajdonságát, ugyanis a szabadonfutó oszcillátor esetében az alapfrekvencián sem kellő stabilitás miatt a többszörözött frekvencia is többszörözötten instabil lesz. A felharmonikusok megjelenése az adókészülékek kimenetén viszont káros zavarásokat okoz az adási frekvenciánk többszörösén. Ez ellen mindenképpen szűrőkkel kell védekeznünk.

A nagyfrekvenciás jelek feldolgozása annál egyszerűbb, minél alacsonyabb frekvencián történik. Alacsony frekvencián könnyű rezgőkörökből keskenysávú szűrőket építeni, amelyek biztosítják az üzemmódnak megfelelő szükséges sáv szélességet. Például egy műsorvevőnél 9 kHz, egy amatőr SSB vevőnél 2,7 kHz, egy táviróvevőnél 150–500 Hz sáv szélesség felel meg a szelektív, azaz a legkevesebb zavarral történő vételnek. A valóban nagy frekvencián is üzemelő rádióvevők által vett jeleket nem lehet egymástól elválasztani és feldolgozni – azaz nagyon sok, az antenna által felfogott és a bemenő rezgőkör által nem kellően kiszűrt jelek sokaságát hallhatnánk egyszerre. Ezt a jelenséget már középhullámon, a detektoros vevőnél is kissé keserűen megtapasztalhattuk.

Ahhoz, hogy hatékonyan szelektálni tudjuk a vett állomásokat egymástól, egy állandó alacsony frekvencián kell a vett jelekből kiszűrni a kívántat és tovább erősíteni. Ezt a frekvenciát középfrekvenciának nevezzük és a vett nagyfrekvenciás jeleket jelkeveréssel juttatjuk a középfrekvenciás tartományba.

A jelkeverés lényege, hogy két szinuszos jelet összekeverve eredményül két eltérő jelet kapunk. Az egyik új jel frekvenciája a nagyobbik jelből a kisebbet kivonva, a másik új jel frekvenciája a nagyobbik jelhez a kisebbet hozzáadva számítható ki. Ebből a két kikevert új jelből az egyiket hasznosítjuk, a másikat kiszűrjük, mert rá nincs szükség és zavarokat okozhat. A keverést (frekvencia)transzponálásnak is nevezzük.

Vegyük szemügyre a vevőkészülékek fajtáit – kivéve a detektoros vevőt, amelyet már korábban alaposan kivesztünk:

A legegyszerűbb vevőkészülék az egyenesvevő. Az egyenes vevő a rezgőköre vagy a rezgőkörei által meghatározott rezonanciafrekvencián dolgozik, egy vagy több – manapság jellemzően tranzistoros – aktív erősítőelemet tartalmaz. Az erősítők száma határozza meg az érzékenységet – beleértve a demoduláció utáni hangfrekvenciás erősítést is. Viszont az egyenesvevő szelektivitása már a középhullámú műsorszóró sávban sem kielégítő.

Az egyenes vevő szelektivitásán és érzékenységén úgy lehet javítani, hogy általában a bemenő rezgőkör sáv szélességét Q-szorzóval szűkítjük le. Az ilyen egyenesvevő készüléket visszacsatolt egyenesvevőnek nevezzük.

Amennyiben a visszacsatolást begerjedésig szabályozzuk, a visszacsatolt bemenő fokozat oszcillálni kezd, így az antennáról érkező jelek összekeverednek az oszcillátor jelével. Ennek az lesz a következménye, hogy minden adóállomás füttyel válik hallhatóvá, ami a műsoradók esetében élvezhetetlen vételt eredményez, viszont hallhatóvá válnak a táviróadók és érthetővé válnak az SSB üzemi távbeszélő adók.

A visszacsatolt egyenes vevőnél ilyen esetben az eredeti, a Q-sokszorozás nélküli vételi sáv szélesség lép ismét fel, emiatt a készülék a zsúfolt sávokban adók tucatjait veheti egyszerre, azaz különböző fűttypel és hangmagassággal való hallhatóságukat eredményezi. Az egyenesvevő ezért ma már nem felel meg a rádióamatőr sávokban dolgozó adóállomások jó és szelektív vételére.

A következő részben folytatjuk a vevőmegoldások ismertetését.

– *** –

A szinkrodin vevő (A rádióamatőr – 55. rész)

Az előző részben megkezdjük a rádióvevők típusainak ismertetését. Szóba került az egyenesvevő és annak továbbfejlesztett változata, a Q-sokszorozós bemenőfokozattal ellátott egyenesvevő, népszerű nevén a visszacsatolt egyenesvevő.

Ez utóbbiról megállapítottuk, hogy érzékenységben, szelektivitásban sokkal jobban teljesít, mint a klasszikus egyenesvevő. Ez a megállapítás csak bizonyos frekvenciahatárig igaz, ám a rövidhullámú amatőr adások minőségi vétele szempontjából már nem, ugyanis nagyobb frekvenciákon számos problémával kell szembenézni. Erről a későbbiekben még beszélni fogunk.

Speciális változat – a közvetlen keverésű vevőkészülék – ismert nevén a szinkrodin vevő. Igazából ez a típusú készülék inkább a szupervevők közé sorolható, ugyanis a vett nagyfrekvenciás jelet közvetlenül a hangfrekvenciás tartományba keverjük. A vétel, a bemenőjel erősítése az üzemi, azaz a venni kívánt frekvencián történik, azonban a további erősítés már egy különálló – a venni kívánt frekvenciával azonos frekvenciájú – oszcillátor segítségével a hangfrekvenciás tartományba lekevert jellel történik.

Nézzünk egy példát: Egy 3550 kHz-es frekvenciájú táviró adót kívánunk venni. A vevő oszcillátorát 3550 kHz-re hangolva jelet nem hallunk, mert a két frekvencia különbsége éppen nulla. Ezt az állapotot fűttypélypontnak nevezzük. Ha a helyi oszcillátorunkat plusz vagy mínusz 1 kHz-el elhangoljuk, a táviróadót pontosan 1 kHz-es hangmagassággal tettük hallhatóvá a fülhallgatónkban vagy a vevő hangszórójában. Jel pedig akkor keletkezik, ha táviróadó jele megjelenik a vevő bemenetén, mert a bejövő jel és a helyi oszcillátor jelének összekeveredése eredményezi a hallható hangot.

Amennyiben SSB jelet akarunk hallhatóvá tenni, akkor a helyi oszcillátor jele pontos frekvencia ráállással pótolni fogja az SSB adás elnyomott vivőhullámát, így téve érthetővé, demoduláltá az SSB távbeszélő adást.

Példa: 3615 kHz-en forgalmaz egy amatőr SSB adó. A helyi oszcillátorral pontosan 3615 kHz-re hangolva torzításmentesen és jól érthetően hallani fogjuk az amatőrtárs által elmondottakat.

A szinkrodin vevő alapvető problémája ugyanaz, mint az egyenesvevőé: minél nagyobb a vételi frekvencia, annál rosszabb a szelektivitása. Mivel a vevő a szomszédos adókat magasabb hangfrekvenciával demodulálja, a fülünk által hallható hangfrekvenciás tartományban nem csak a venni kívánt jel, hanem a szomszédos, kicsivel eltérő frekvenciájú jelek is zavaró jelként hallhatóvá válnak.

Ez a jelenség jelentősen leronthatja, sőt lehetetlenné is teheti a venni kívánt jel vételét. További probléma az is, hogy a keverés miatt úgynevezett kétoldalas táviróvételt kapunk, ez a fűttypélypontról plusz/mínusz irányba való kismértékű elhangolás követ-

keztében előálló keverés eredménye. A korszerű amatőr berendezések egyoldalas táviró-vételt biztosítanak, ezáltal csökken a zavarás és az ellenállomásra is könnyebb ráhangolni.

A kis teljesítményű berendezéseket kedvelő amatőrök körében a szinkrodin vevő hátrányai ellenére bizonyos népszerűségnek örvend. Ugyanis a vevő helyi oszcillátora az adás és a vétel üzemi frekvenciáján üzemel, a szinkrodin vevőből igen könnyen lehet kis teljesítményű rádió adóvevőt építeni. Adáskor a helyi oszcillátor jelét kell billentyűzni majd továbbberősíteni és az antennára juttatni. Viszont ügyelni kell arra is, hogy vételkor a helyi oszcillátorunk ne az ellenállomás frekvenciáján, fűttymélypontján álljon, hanem 600–1000 Hz-el alatta vagy felette. Viszont ahhoz, hogy adáskor az ellenállomás jól tudjon minket venni, ezt az eltérést kompenzálni kell, azaz az ellenállomás fűttymélypontján kell az adást biztosítani. Mivel a szinkrodin vevő, adóvevő hangolása a helyi oszcillátorral történik, az adási frekvencia pontos beállítására gondot kell fordítani. Erre különféle műszaki megoldások léteznek.

A helyi oszcillátor stabilitása is igen fontos szempont a szinkrodin rendszereknél, továbbá a helyi oszcillátor adási frekvenciára való alkalmazása limitálja az adóteljesítményt, mivel a felerősített jel óhatatlanul visszahat az azonos frekvenciájú helyi oszcillátorra. Néhány watt adóteljesítmény jó jelszeparációval azonban nem okozhat gondot.

A következő részben belevágunk a szupervevő ismertetésébe, amelynél számos szelektivitást és érzékenységet befolyásoló tényezőt is fontolóra kell vennünk.

– *** –

Gondolatok a szelektivitásról (A rádióamatőr – 56. rész)

Az előző előadásokban megismertedtünk az alapvető rádióvevő típusokkal – az egyenesvevővel, a visszacsatolt egyenesvevővel és a szinkrodin vevővel.

E rádióvevő megoldások korlátozottan, a kisebb frekvenciákon nyújtanak elfogadott vételi érzékenységet és erősen korlátozott szelektivitást – köszönhetően a rezgőkör jóságából és a frekvencia függvényében változó rezonanciagörbe alakulásából adódó problémáknak.

Nézzük meg e problémák gyökerét:

Egy rezgőkör szelektivitása (azaz a rezonanciagörbe alakulása) függ a rezgőkör jóságától és a frekvenciától. Az áteresztett sáv szélessége a rezonanciagörbe 71%-os magasságában úgy számolható ki, hogy a rezonanciafrekvenciát osztjuk a rezgőkör jóságával. Ebből adódóan a jósági tényezőt 100-nak feltételezve, egy rezgőkör 500 kHz-en 5 kHz, 1600 kHz-en 16 kHz sáv szélességet produkál. Ezek az értékek nagyjából megfelelnek egy középhullámú műsorvevő által elvárható szelektivitásnak, ahol 9 kHz sáv szélesség szükséges a műsorszórási adó jó vételéhez. De már itt is látszik a probléma, amely kettős.

Az első az, hogy már 500 kHz-en sem kellő a szelektivitás, mert a rezonanciagörbe 71%-os magasságában ugyan a sáv szélesség kisebb, mint a szükséges 9 kHz, de a rezonanciagörbe alsó részének szétterülése miatt a középhullámú sávban lévő nagy teljesítményű, frekvenciában jóval távolabb eső adók a venni kívánt adó vételét megzavarják azzal, hogy nagy jelük miatt párhuzamosan hallhatók lesznek – és zavarják a vételt. A másik probléma az, hogy az 1600 kHz-es frekvencián már a kívántnak majdnem két-

szerese az áteresztősáv, azaz 16 kHz, a rezonanciagörbe alsó szétterültsége is jóval nagyobb.

E problémák részleges kompenzálására találták ki a Q-sokszorozót, azaz a visszacsatolást. A visszacsatolás hatására a rezonanciagörbe 71%-os magasságú áteresztősávja a visszacsatolás függvényében csökken, a rezonanciagörbe oldalmeredeksége megnő, és a rezonanciagörbe magassága is megnő. Ez sokkal érzékenyebbé teszi a rádióvevőt. A visszacsatolást ezért a venni kívánt frekvencia függvényében állandóan állítgatni kell, ami a rádióvevő kezelését bonyolulttá teszi, nem is beszélve a visszacsatolás instabilitásáról, amely különböző hatások eredménye és gyakori korrekciót követel meg – még az azonos frekvencia tartós vételénél is. További gond, hogy a visszacsatolás nem oldja meg teljesen az előzőekben vázolt, kiküszöbölni kívánt problémákat.

Nézzük meg, hogy egy 100-as jóságú rezgőkör mit produkál rövidhullámon. Ha a 3550 kHz-es sávot vesszük a számítás alapjául (ez a 80 méteres távírósáv része, ahol egy jó minőségű távíróvételhez legalább 0,5–1 kHz-es sáv szélesség szükséges), a rezgőkörünk sáv szélessége a rezonanciagörbe 71%-os magasságában 35,5 kHz-re adódik, a göbe alsó szétterülésének eredményeként a néhány MHz-el távolabbi erős adók is megjelennek a venni kívánt állomást zavaró jelként. Ez az állapot a minőségi rövidhullámú vételt nem teszi lehetővé. Visszacsatolással javíthatunk a helyzeten. Tétélezzük fel, hogy 500-as jóságra fel tudjuk javítani a rezgőkört. Ekkor a 71%-os sáv szélesség 7,1 kHz-re csökken, ami ugyan jobb, mint 35,5 kHz, de igen csak távol esik a megkívánt 0,5–1 kHz-es sáv szélességtől. Ezen kalkulációt elvégezhetjük a magasabb frekvenciájú amatőrsávokra is (7, 10, 14, 18, 21, 24, 28 MHz-re), az eredmények egyre elkeserítőbbek lesznek.

Az egyenes vevők e problémáinak kiküszöbölésére találták ki a szupervevőt, amelynek az a lényege, hogy a venni kívánt sávot egy úgynevezett középfrekvenciára keverik át, ahol stabilan kialakítható a kívánt szelektivitásnak megfelelő szűrés, azaz a kívánt szelektivitás beállítása, majd a jelerősítés követően a középfrekvenciájú jel demodulációja, azaz hangfrekvenciává való alakítása és a hangfrekvenciás jel szűrése és kellő szintre történő erősítése.

A rádióamatőr, sávokon belüli tevékenységének legfontosabb eleme a nagyon jó minőségű vevőkészülék. Ugyanis a kis teljesítményű, kis térerejű adók kiemelésé és vétele a sávokban uralkodó kavalkádból nagy erősítést, jó szelektivitást, nagy stabilitást, és nagyon egyszerű kezelhetőséget követel meg.

E feltételeknek a szupervevő kiválóan eleget tesz, ezért a továbbiakban folytatjuk az elmélyedést a szupervevők változatos világában.

– *** –

Sáv szélesség követelmények (A rádióamatőr – 57. rész)

Ahhoz, hogy egy jó minőségű rövidhullámú rádióvevő készüléket alkothassunk, meg kell határoznunk, hogy az egyes üzemmódokban mekkora sáv szélességet kell biztosítani a lehető legoptimálisabb vétel érdekében. Optimális vétel alatt azt értjük, hogy a vételi sáv szélesség ne legyen nagyobb, mint a venni kívánt adás sáv szélessége. Ugyanis így tudjuk elkerülni a szomszédos adóállomások által okozott zavarást, illetve amennyiben a szomszédos frekvenciák üresek, a felesleges sávzaj és egyéb zajok bejutását a hasznos jel mellé.

Vizsgáljuk meg, hogy néhány alapvető rádióamatőr üzemmódhoz milyen sávzélesség tartozik.

A rádióamatőrök egyik kedvence és régen alapvető üzemmódja a távirózás, más néven a morzetávíró. Jele CW – angolul „continuous wave” – azaz folyamatos hullám. Ez az elnevezés onnan ered, hogy a rádiózás hajnalán a morzetávírót szikraadókkal (szikratávíróval) művelték, amely néhányszor tíz, rosszabb esetben akár néhányszor száz kHz sávzélességben berregő, kerregő, recsegő hangként volt hallható a korabeli vevőkészülékekben. Ennek vételére megfelelt a detektoros vagy az egyenesvevő.

Az elektroncső feltalálása magával hozta az elektronikus rezgékeltők feltalálását, amelyek egy konkrét frekvencián gerjesztenek folyamatos rezgést – ez a folyamatos hullám. E rezgés sávzélessége nulla Hz. Azaz nincs sávzélessége – ellentétben a szikrázással előállított rezgés 10, 100 kHz-es sávzélességével szemben.

A folyamatos hullám sávzélességével kapcsolatban azonnal megváltozik a helyzet, ha amplitúdóban moduláljuk, azaz a hullám nagyságát befolyásoló módon kívánunk információt átvenni e hullám segítségével.

A legegyszerűbb modulációs eset a morzetávíró információ átvitel. A táviróbillentyű lenyomásával, rövid és hosszú jelek kombinálásával viszünk át betűket, számokat, értelmes szöveget a táviró üzemmódban. Ez látszólag ellentmond a folyamatos hullámnak, mert hol van jel, hol nincs – de ne felejtsük el, hogy nem egy széles spektrumú, szikra által generált jellel, hanem egy adott frekvenciájú diszkrét jellel dolgozunk. Történelmi okokból innen ered a táviró folyamatos hullámnak, azaz CW-nek való elnevezése. Ugyanis a folyamatos jellel megvalósuló távirózás technikai forradalmat jelentett a szikratávíróhoz képest.

Amikor a van jel, nincs jel viszonyt vizsgáljuk a folyamatos hullámnál, azt találjuk, hogy a folyamatos hullámot szélsőséges módon amplitúdóban, azaz jel nagyságban befolyásoltuk (van/nincs módon), azaz moduláltuk. Már említettük, hogy a nem modulált folyamatos hullámnak nincs sávzélessége, de ha ezt a hullámot megszaggatjuk – vagyis moduláljuk, kialakul egy alsó és egy felső oldalsáv, amelynek terjedelme függ a szaggtás – morze esetében az adási sebességtől.

300 betű/perces átvitel esetén a sávzélesség 50 Hz körül alakul. A rádióamatőrök – néhány kivételtől eltekintve – ennél sokkal lassabban táviróznak. Ha tehát azt mondjuk, hogy a rádióvevőnk sávzélessége, morze vétel esetén 100 Hz körül legyen, akkor nem tévedünk nagyot. Mivel a folyamatos hullámú morze adást azonos hangmagasságú, szép sipolásnak (füttynek) halljuk, a gyakorlatban egy, a vevőbe épített 270 Hz-es sávzélességű szűrőt még egy, a hangfokozatba épített szűrővel is megsegíthetjük.

A beszéd jól érthető, de nem minőségi átviteléhez 3000 Hz, azaz 3 kHz-es sávzélesség szükséges. Ha a folyamatos hullámot beszéddel moduláljuk, két oldalsáv alakul ki az állandó értékű vivőhullám két oldalán. Ez 6 kHz-es sávzélességet eredményez és ezt az üzemmódot amplitúdómodulált vivőhullámú távbeszélő üzemnek nevezzük. Az amatőrök, ritka kivételtől eltekintve ma már ezt az üzemmódot nem használják – noha évtizedekig ez volt az egyetlen használatos amatőr távbeszélő üzemmód.

Ha a vivőhullámot kioltjuk és a felesleges, az azonos információt tartalmazó oldalsávok közül az egyiket kiszűrjük, eredményül az SSB, azaz az egyoldalsávos elnyomott vivőhullámú távbeszélő üzemmódhoz jutunk. Az SSB sávzélességét kis kompromisszummal 2700 Hz-re korlátozhatjuk. Ez a sávzélesség még nem rontja a beszéd érthetőségét. Továbbá a beszéd (bár jelentős kompromisszummal) még érthető marad 2000 Hz-es sávzélességnél is.

A rádióvevők számára tehát az lenne az ideális megoldás, ha vételi sáv szélességét 100 és 2700 Hz között folyamatosan tudnánk szabályozni.

Azonban van még egy üzemmód rövidhullámon, amelyet a következő részben teszünk vizsgálat tárgyává.

– *** –

A jelkeverési elvről (A rádióamatőr – 58. rész)

Az előzők során részben áttekintettük az amatőrök által jónak tartott rövidhullámú vevővel szemben támasztott vételi sáv szélességi igényeket. Megvizsgáltuk azt, hogy milyen üzemmódhoz milyen vételi sáv szélesség az ideális. Megállapítottuk, hogy a morze üzemmódhoz akár 100 Hz sáv szélesség is elegendő lenne – ez ügyben technikai okokból 270 Hz-es szűrővel kell megelégednünk. Tovább szűkíthetjük a sáv szélességet a hangerősítő fokozatba épített szelektív szűrővel – azaz a hangfrekvenciás szűrővel – akár 10 Hz-re is csökkentve a sáv szélességet.

SSB üzemmódban maximum 2,7 kHz, amplitúdómodulált távbeszélő üzemben – amit ma már nem használunk – 6 kHz-es vételi sáv szélesség a követelmény.

Van azonban még egy üzemmód rövidhullámon, amit ugyan ritkábban használunk, ez pedig a keskenysávú frekvenciamoduláció (rövidítve FM). A keskenysávú frekvenciamoduláció egy sávon engedélyezett üzemmód, amelyet a 10 méteres sáv frekvenciája felső szegmensében alkalmazhatunk. Megjegyezzük, hogy a 10 méternél alacsonyabb hullámhosszúságú sávokban, azaz az URH spektrumban és az attól nagyobb frekvenciákon a keskenysávú frekvenciamoduláció az SSB mellett a legnépszerűbb távbeszélő üzemmód. A kézi hordozható rádiók kimondottan ezt az üzemmódot használják.

A frekvenciamoduláció azt jelenti, hogy van egy állandó nagyságú vivőhullámunk, amelynek frekvenciája a beszéd ütemében változik. A keskenysávú frekvenciamoduláció sáv szélessége – más néven lökete – kisebb vagy a 12,5 kHz-et nem haladhatja meg. A 10 m felső sáv szegmensében néhány keskenysávú FM csatorna áll rendelkezésre (amelyek nagy részét egyébként a világ különböző helyein elhelyezett átjátszók foglalnak le).

Amennyiben rövidhullámú vevőnket összüzemmodosra tervezzük, a keskenysávú FM vételi lehetőséget is biztosítani szükséges.

Megjegyezzük, hogy az URH FM műsorszórás is frekvenciamodulációt alkalmaz. A sztereó, nagyon jó hangminőségű rádióműsor sugárzásához 180 kHz sáv szélességet alkalmaznak, így a műsorszóró sávban 200 kHz-es a szabványos csatornakiosztás, míg az URH és a hullámhosszban rövidebb amatőrsávokon 25 kHz a csatornakiosztás (vagy annak a fele).

Ha visszagondolunk az egyenesvevő elképesztően rossz szelektivitására, a felvázolt keskeny sáv szélességi igényeket egyenesvevővel kielégíteni nem lehet – azaz a jó minőségű vételhez más műszaki megoldást kell találnunk.

Az LC, azaz a rezgőkörös sáv szűrők alkalmazásával szelektív erősítőket lehet építeni, úgy 100 kHz-es tartományig. Egy jó SSB szűrő 30 kHz körül építhető meg rezgőkörökkel, egy jó távirószűrő pedig jóval alacsonyabb frekvencián valósítható meg.

Szerencsére már jó ideje rendelkezésünkre állnak a piezoelektromos szűrők, kvarcszűrők, amelyek nagyjából 10 MHz-ig alkalmazhatók távíró és SSB jelek szelektív szűrésére, utána erősítésére. A baj ezekkel a szűrőkkel az, hogy fix, azaz nem változtatható frekvenciáértékűek. Ami azt jelenti, hogy a venni kívánt sávot – ami eltér a szűrő fix frekvenciájától – át kéne valahogy varázsolni, másképp mondva transzponálni a szűrő frekvenciájára.

A szinkrodin vevőnél már találkoztunk hasonlóval, a vett jelhez egy picit eltérő, a vevőben előállított lokális jelet kevertünk, hogy néhány száz hertzes frekvenciájú hallható jelet (fütyöt) kapjunk egy távíróállomás vételének érdekében. Ezt a keverési elvet alkalmazhatjuk itt is.

A szupervevő elve a következő: a vételi frekvencia úgy transzponálható a középfrekvenciás sávra, hogy a venni kívánt jelhez a középfrekvencia értékével megnövelt vagy csökkentett értékű helyi oszcillátorjelet keverünk.

Általánosan megfogalmazva $f_o = f_v + / - f_{kf}$, ahol f_o a szükséges helyi oszcillátor frekvencia, f_v a venni kívánt frekvencia, f_{kf} a középfrekvencia, ami állandó érték.

Nézzünk egy példát:

9 MHz-es szűrőnk van, ezzel építjük meg a kf erősítőt. A venni kívánt frekvencia 14 MHz, azaz a 20 méteres amatőrsáv legeleje. A szükséges oszcillátorfrekvencia $14 + / - 9$ MHz, az eredménynek 23 vagy 5 MHz adódik. Praktikus okokból az 5 MHz-es helyi oszcillátort választjuk. A 20 m-es sáv vége 14,350 MHz, végezzük el erre is a számítást, azaz $14,35 + / - 9$ az 23,35 vagy 5,35 MHz. Ebből adódik, hogy a 20 m-es sáv vételéhez a helyi oszcillátorunknak 5 és 5,35 MHz között kell folyamatosan hangolhatónak lennie.

A következő részben folytatjuk a szupervevővel kapcsolatos fejtegetésünket.

– *** –

Kétsávós szupervevő (A rádióamatőr – 59. rész)

Az előző részben konkrét számítást végeztünk arra vonatkozóan, hogy egy 9 MHz-es kvarcszűrővel megépített középfrekvenciás fokozathoz milyen frekvenciájú oszcillátort kell építeni annak érdekében, hogy a 20 méteres amatőrsávot (14–14,35 MHz) átkeverjük a 9 MHz-es kf tartományba.

Megállapítottuk, hogy az oszcillátornak változtatható frekvenciájúnak kell lennie és frekvenciátfogásának az 5–5,35 MHz-es tartományba kell esnie.

Vizsgáljuk meg azt, hogy a másik keverési termék (azaz a másik kikeverhető vételi frekvenciatartomány) hová esik. Ezt úgy tehetjük meg, hogy a 9 MHz-es kf frekvenciából most nem összeadással, hanem kivonással kalkulálunk; azaz $9 \text{ MHz} - 5 \text{ MHz}$ művelet elvégzése után 4 MHz-et kapunk eredményül. Ha az oszcillátor legmagasabb frekvenciáját az 5,35 MHz-et vonjuk ki a 9 MHz-ből, 3,65 MHz-et kapunk eredményül. Meglepő, hogy ez a frekvencia pont a 80 méteres amatőrsáv közepébe esik, amelynek terjedelme 3,5 – 3,8 MHz-ig tart.

Hogy két legyet üssünk egy csapásra, a helyi oszcillátor felső frekvenciáját 5,5 MHz-re választjuk meg, akkor egy keverőfokozattal és egy oszcillátorral két amatőrsáv vételét tudjuk megoldani, ugyanis 9–5,5 MHz egyenlő 3,5 MHz-el.

Tehát amikor a helyi oszcillátor 5 MHz-es kezdő értéken van, a vételi frekvencia 9 MHz-es k_f esetén 14 MHz lesz és a frekvenciát folyamatosan növelve (azaz az oszcillátort hangolva) jutunk el a 20 méteres sáv végéig – azaz 14,35 MHz-ig.

Amikor a 80 méteres sávot akarjuk áthangolni, akkor az oszcillátor frekvencia 5,5 MHz és a frekvenciát folyamatosan csökkentve jutunk el a sáv végéig, azaz a 3,8 MHz-ig.

Ahhoz, hogy a venni kívánt bejövő rádiófrekvenciás sávot át tudjuk transzponálni a középfrekvenciára, keverő áramkört kell építenünk. A keverő áramkör kimenetén a bejövő rádiófrekvencia és a helyi oszcillátor frekvenciájának összege és különbsége jelenik meg fix, azaz állandó frekvenciaként – mint azt az előző számításokból láttuk – estünkben 9 MHz-es értékben.

Ha ennek a keverőnek a rádiófrekvenciás bemenetére közvetlenül antennát kapcsolnánk, azt tapasztalnánk, hogy a 9 MHz-es k_f jelben egyszerre lenne jelen a 80 m-es és a 20 m-es sávban dolgozó rádióállomások jele – természetesen egymást nagymértékben zavarva. Igazoljuk ezt a jelenséget számítással is: ha a helyi oszcillátorunkat 5,25 MHz-re, azaz 5.250 kHz-re állítjuk be, $f_{kf}+f_o$ azaz 9+5,25 MHz eredménye 14,25 MHz – az egyik vett frekvencia, a $f_{kf}-f_o$, azaz 9-5,25 MHz eredménye alapján 3,75 MHz lesz a másik vételi frekvencia. A két vételi frekvencián egyszerre dolgozó adóállomások jelét egymást zavarva kapjuk meg a 9 MHz-es középfrekvencián, ez pedig nem teszi lehetővé semelyik adó zavartalan vételét.

A fentiekből következik, hogy mielőtt a venni kívánt sáv nagyfrekvenciás jelei rákerülnek a keverőre, a nem kívánt másik sáv jeleit tökéletesen el kell nyomnunk.

Ennek érdekében egy, de inkább kétfokozatú, jó szelektivitású rezonáns előerősítő, más néven preszelektor, megint más néven modulátorfokozat alkalmazása célszerű. Ha a húszméteres sávot, azaz a 14 MHz-et akarjuk venni, akkor 14 MHz-re méretezett, hangolható rezgőköröket alkalmazunk az előerősítőben. Ha e rezgőkörök jóságát 80-nak feltételezzük, akkor a sáv szélesség 175 kHz-re adódik, s mivel több rezgőkört alkalmazunk, a valós sáv szélesség ennél kisebb lesz. Ez pedig azt jelenti, hogy a vételi sávon belül, ami 350 kHz terjedelmű, az előerősítő rezgőköreit pontosan a vételi frekvenciára kell hangolni. A 80 méteres sávot ekkor a szelektív előerősítő közel tökéletesen kiszűri.

Ugyanezen előerősítő alkalmazható a 80 méteres sáv vételére is, csak annyit kell tenni, hogy a 20 m-es sáv rezgőköreit fel kell cserélni a 80 m-es sáv rezgőköreire. Ebben az elrendezésben tehát a sáv váltás az előerősítő tekercseinek váltásával oldható meg. Ez egy régi, klasszikus megoldás egy kétsávós rádióvevőnek, illetve ebből továbbfejleszhető amatőr rádió adóvevőnek kialakítására.

Az előerősítő alkalmazása biztosítja azt, hogy előszelekciót végez a venni kívánt sáv tartományban, erősítésével pedig biztosítja azt, hogy a venni kívánt gyenge adóállomás jelei kellően felerősítve érkezzenek a keverőfokozatra. Az ismertetett megoldás specialitása pedig az, hogy az előerősítő rezgőköreinek frekvenciája határozza meg a venni kívánt amatőrsávot (a 80 vagy a 20 méteres sávot).

A következő részben általánosítjuk a szupervevő itt ismertetett elvét, és megvizsgáljuk azt, hogy milyen további fokozatok szükségesek ahhoz, hogy a venni kívánt rádióadó az emberi fül számára érthető hangként jelenjen meg a fülhallgatóban vagy a hangszóróban.

– *** –

A szupervevő felépítése (A rádióamatőr – 60. rész)

Az előző részben áttekintettük a szupervevő szelektív bemenőerősítőjét, más néven a preszelektor fokozatát, a keverőfokozatot, amelynek egyik bemenetére az előszelektált és erősített vételi frekvenciát, a másik bemenetére az oszcillátorjelet vezetjük. A két jel összekeveredésének eredménye lesz a középfrekvencia, amelyet koncentrált szűrővel a kívánt sávzélességre szűkítünk, hogy a kívánt üzemmódnak megfelelő legoptimálisabb vételi sávzélességet biztosítani tudjuk.

A középfrekvenciás jelet tovább kell erősíteni annak érdekében, hogy a vevő megfelelő érzékenységgű legyen, és a vett gyenge jelet kellően felerősítsük.

A kf. erősítő két vagy három, esetleg többfokozatú, és a kimenetén a kf. frekvenciájának megfelelő erősített jelet kapjuk. Ez a jel nagyfrekvenciás, tehát a fülünk számára nem hallható, ezért azt át kell transzponálnunk a hallható hangok tartományába.

Ennek érdekében egy újabb keverőfokozatot kell alkalmazni, amelynek oszcillátor frekvenciája igen közel áll a kf. frekvenciához. Ezt a módszert már megismertük a szinkrodin vevőnél, ezért ennek részletes tárgyalásától most eltekintünk. A lényeg az, hogy a keverőfokozat egyik bemenetére a kf. jel kerül, a másikra az oszcillátorjelet, a kimeneten pedig megjelenik a füllel hallható hangfrekvencia. Ezt a fokozatot produktdetektornak is nevezzük, az itt alkalmazott oszcillátornak pedig beatoszcillátor a neve.

Annak érdekében, hogy a kellő hangerőt elérjük, hangfrekvenciás erősítőt alkalmazunk. Amennyiben a távíróvétel minőségét javítani akarjuk, akkor a hangfrekvenciás erősítő tartalmaz egy kikapcsolható szelektív távírószűrőt is, amely kellő mértékben tovább szűkíti a távíró vételi sávzélességét. A hangfrekvenciás kimeneten 1–2 Watt teljesítményt kapunk, amely bőven elég a fejhallgatóhoz, vagy a kellemes hangszóróvételhez.

Tekintettel arra, hogy az így megépített rádióvevő igen nagy erősítést produkál, a nagy jelek pedig gondot okozhatnak a vételben, ezért érzékenység-szabályzót kell alkalmaznunk, amely lehet kézi, automatikus vagy mindkettő. Természetesen kézi hangerő szabályozás alkalmazása is szükséges.

Az így felépített vevőkészülék igen érzékeny lesz, nagyon kicsi antennajeleknél is kellemes vételt tesz lehetővé. Ugyanakkor a rövidhullám terjedési sajátosságai igen változékonyak, sokszor az alig hallható gyenge jelek óriási mértékben felerősödhetnek, ami kellemetlen következményekkel járhat, ha nem szabályozható a vevőkészülék.

A kf. frekvencia megválasztásának elve a következő: legkisebb értéke a legnagyobb vételi frekvencia legalább vagy nagyobb, mint 10%-a legyen. Példánkban a maximális vételi frekvencia 14.350 kHz, az alkalmazott 9 MHz-es kf. érték a legnagyobb vételi frekvencia 10%-át jóval meghaladja. Tehát e feltételnek bőven megfeleltünk.

E követelményt azért kell teljesíteni, mert mint korábban rámutattunk, két vételi frekvenciánk van, amelyek közül az egyik az, amelyet valóban venni akarunk, a másik a zavaró tükrőfrekvencia, amely az $f_{kf} + / - f_0$ elvből következik.

A keverés lehet alsó keverés, amikor az oszcillátor frekvenciája alacsonyabb a vételi frekvenciánál, illetve felső keverés, amikor az oszcillátorfrekvencia magasabb a vételi frekvenciánál. Példánkban a 14 MHz-es sávot alsó keveréssel tesszük vehetővé (az oszcillátor 5 MHz), a 3,5 MHz-es sáv vételét pedig felső keveréssel oldjuk meg (az oszcillátor 5,5 MHz).

A vevőkészülék bemenetén az antennaillesztést meg kell oldani, mert illesztetlen antenna esetén a vételi képesség (érzékenység) romlik. A készülék antenna rákapcsolása nélkül is rendelkezik egy alapzajjal, ha bekapcsoljuk monoton sistergést hallunk.

Az ilyen érzékeny készülékek érzékenységének legalapvetőbb vizsgálati módszere az, hogy a bekapcsolt vevőkészülékre antennát kapcsolva a zajnak valamilyen mértékben meg kell növekednie egy éppen nem használt frekvencián. Ezt a zajt az antenna szedi össze a környezetből és a világúrból. Ha a zaj nem, vagy alig növekszik, az általában azt jelzi, hogy a vevőben hiba van, vagy nem kellően érzékeny.

A 10%-os szabály miatt egy vevőkészülék lehet többször transzponált is. Ez azt jelenti, hogy a vett jelet több kf. frekvenciára keverik át. Ritka, de létezik háromszor transzponált vevő is, a demoduláció mindig az utolsó kf. fokozat után történik.

A példánkban bemutatott vevőkészülék egyszer transzponált, mert csak egy kf. frekvencia van, ami esetünkben 9 MHz.

A következő részben megvizsgáljuk, hogy milyen rádióamatőr üzemmódokat alkalmazunk az amatőr forgalmazás során és azt, hogy milyen előnyökkel és hátrányokkal járnak ezek az üzemmódok.

Tekintettel arra, hogy ez az előadás a 2014. évben az utolsó, minden gyakorló és leendő amatőrtársnak kívánok kellemes karácsonyi ünnepek és eredményekben gazdag boldog Új Esztendőt.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – A távíró (A rádióamatőr – 61. rész)

Ahhoz, hogy a rádióamatőrök által használatos üzemmódokat áttekintsük, vissza kell nyúlnunk a rádiózás fejlődéstörténetéhez.

Az a felfedezés, hogy a villám olyan hullámokat kelt, amelyeket távolabbi, antennával ellátott készülékkel érzékelni lehet, alapozta meg az első rádióátviteli kísérleteket. Villám helyett mesterségesen előállított folyamatos szikrázást alkalmaztak, s ahhoz, hogy információt is átvigyenek vezeték nélkül, kapóra jött a vezetékes hírközlésben már kialakult gyakorlat – a morzetávíró.

A szikra széles spektrumú elektromágneses hullámokat generál (erről már értekeztünk a sorozat elején a villámokkal kapcsolatban). A mesterséges szikragenerátor működését távíróbillentyűvel indítva és megszakítva morzejeleket lehet továbbítani vezeték igénybevétele nélkül. Ahhoz, hogy ez a jel kijusson az éterbe, a szikragenerátorra antennát kell kötni. Ha lenyomják a billentyűt, az antenna elektromágneses hullámokat sugároz, a vevőoldali antenna pedig felfogja e jeleket, majd detektálás után hallhatóvá teszi azokat.

Igen ám, de a probléma az, hogy a szikrafolyam által generált rádióhullámok széles spektrumban betérítik a rádiósávot, ezért rezgőkört csatlakoztatva a szikraadóhoz valamennyire szűkíteni lehet a kisugárzott spektrumot. A vételi oldalon szintén rezgőkört alkalmazva jelentősen javul a vétel.

Megjegyzés: A szikra által keltett elektromágneses hullám térerőssége a frekvencia növekedésével erősen csökken. Ezért a szikratávírozás az igen hosszú és a hosszúhullámok tartományában volt ideális megoldás.

Ezt az üzemmódot szikratávírónak nevezzük, s mivel jelentős zavarforrás – **alkalmazása ma már szigorúan tilos!**

Az elektroncső feltalálása és a trióda (a vezérelhető, három elektródás elektroncső) megalkotása lehetővé tette, hogy folyamatos, egy frekvencián működő áramkört, azaz rezgékeltőt, vagy más néven oszcillátort hozzanak létre. Ez az oszcillátor szép, szinuszos jelalakú feszültségváltozást produkál, amit antennára illesztve elektromágneses hullámként lehet az adást kisugározni az éterbe.

Ahhoz, hogy információt lehessen átvinni, ismét a morzejelekhez kellett fordulni. Az oszcillátor működését a távíróbillentyűvel indítva és leállítva, a hosszú és rövid jelek kombinációjával betűkből és számokból álló üzeneteket lehet a távoli vevőállomásra továbbítani.

Ezt az üzemmódot folyamatos hullámú távíró üzemmódnak nevezzük, és ma is alapvető üzemmódként tartjuk számon az amatőr rádiózásban. Az elnevezése az angol continuous wave – folyamatos hullámból származik, rádióamatőr rövidítése pedig CW. A CW (vagy magyarul, de helytelenül mondva CV) üzemmód tehát a morze üzemmód általános jelölése világszerte.

Megjegyezzük, hogy az elektroncső feltalálása előtt is létezett CW üzemmód, ugyanis nagy sebességgel forgatott, sokpólusú generátorokkal is elő lehetett állítani a hosszúhullámú tartomány legalacsonyabb frekvenciáin folyamatos hullámot. Ez a technika azonban bonyolult gépészeti felszerelést igényelt, így az elektroncsövek fejlődése következtében hamar elavult.

A folyamatos hullámnak nincs sáv szélessége – s ez a frekvenciaspektrum által korlátozott erőforrások tekintetében ideális állapotot jelentett. Ha a folyamatos hullámot távíró billentyűvel indítjuk és állítjuk le, más szóval információt tartalmazó folyamattal befolyásoljuk – azaz moduláljuk, a távíró üzemmódnak kialakul egy kismértékű sáv szélessége. Ez a sáv szélesség függ az adás sebességétől, minél nagyobb az átviteli sebesség, annál nagyobb a sáv szélesség. Például 300 betű/perc adási sebességnél 32 Hz körül alakul a sáv szélesség. Ez még mindig nullának vehető a szikratávíró több tíz, több száz kilohertzes sáv szélességéhez képest.

A folyamatos hullámú morze tehát a szűkös rádióhullám erőforrások szinte ideális kihasználását tette lehetővé, ezért tömegesen jelentek meg a morze adók a rádióhullámok tartományában.

A morzejeleket a vevőkészülék operátorának kellett és kell ma is megértenie, s ha szükséges, a vett karaktereket papírra vetnie vagy a számítógépbe beírnia.

A morze karakterek rövid és hosszú jelek, valamint szünetek kombinációjából állnak. A vevő oldalon kellemes sípolásként hallhatóak, amelyek hangképet alkotnak. A távírársok ezeket a hangképeket tanulják meg úgy, hogy egy adott hangkép kombináció hallatán agyuk a hangképhez karaktert rendel. A távírárs nem tudja, hogy egy karakter hány rövid (neve: ti) és hány hosszú jelből (neve: tá) áll, mert nincs idő számolgatni azokat.

Egy rövid távíró összeköttetés: **[Klip LZ]**

Mit hallottunk:

Az ellenállomás

- valakinek megköszöni az összeköttetést (tu – thank you rövidítése)
- adja a hívójelét (LZ290MB – speciális hívójel Bulgáriából)
- adom a hívójelmelet (HA2MN)
- kapom a vételjelentést, azaz a riportot (HA2MN 599)

- adom a riportot: tu ge 599 hny azaz köszönöm jó estét 599 BUÉK
- megköszöni az összeköttetést (tu) – és vége – időtartama 19 másodperc volt.

Megjegyzés: 599 = vételjellemzés, azaz RST – később lesz róla szó.

Elmondani a fentieket sokkal hosszabb időt vesz igénybe, mint lebonyolítani ezt az összeköttetést.

Ha a vezetékes távközlésben alkalmazott morzeíró szalagot kellene egy rádiótávírásznak olvasnia, ez legkönnyebben úgy sikerülne, ha agyában hangképpé fordítaná vissza a jelkombinációt. A vezetékes távírások viszont ránézésre felismerik az írott jelkombinációt, de általában nem ismerik a hangképeket (mert nem azt tanulták).

A rádióval továbbított morzejelek biztonságos gépi vétele egyáltalán nem megoldható a zavarok, elhalkulások, jelkimaradások, adási ütemváltások, a nem várható szünetek miatt. A kézzel nyomogatott morzebillentyű esetében az adás annyira egyedi, hogy a távírász az adási stílusáról teljes biztonsággal beazonosítható.

A morze üzemmód a rádióamatőr üzemmódok közül ma is a legalapvetőbb, mert az az előnye, hogy a legrosszabb körülmények között is nagy biztonsággal teszi lehetővé a kommunikációt. Ismerete ma már nem kötelező a rádióamatőr számára, de aki nem tud morzézni, az kizárja magát a morze számára fenntartott rádióamatőr sávszegmensekből.

Végezetül egy rövid morzeüzenet: [Klip: hny es 73 de ha2mn]

Azaz boldog Új Évet és minden jót kíván HA2MN.

- *** -

Rádióamatőr üzemmódok – Az amplitúdomoduláció I. (A rádióamatőr – 62. rész)

Az előző részben megismerkedtünk a szikratávíró és a folyamatos hullámú távíró üzemmódok alapelveivel.

Megállapítottuk, hogy a folyamatos hullámú (diszkrét frekvenciájú) távíróüzemmód (rövidítése "CW") elve az, hogy folyamatos hullámot rövid, hosszú és szünetekből álló jelkombinációkkal moduláljuk, azaz távíróbillentyűvel indítjuk és leállítjuk – tehát billentyűzzük. Ezt az üzemmódot morze távírónak is nevezzük, mert a jelkombinációk megfelelnek a nemzetközi morzetávíró jelkombinációinak.

A morze valóban nagyszerű üzemmód, de a rádiózásra igényt tartó nagyközönségtől nem várhatjuk el, hogy megtanulják a morzejelek hallás alapján történő vételét. A rádióamatőrök is szeretnek élőbeszédés periódusváltásban kommunikálni. Ezért azt kell kitárgyalni, hogy élőbeszédet, zenét hogyan lehet a folyamatos hullám segítségével elektromágneses hullámmá alakítva kisugározni az éterbe, és vételét mindenki számára a lehető legegyszerűbb módon lehetővé tenni.

Nos, ennek az üzemmódnak neve fónia üzemmód. Megvalósítása sem túl bonyolult. Nem kell mást tenni, mint a nagyfrekvenciás folyamatos hullámú elektromos jelhez a beszéd és/vagy a zene mikrofonnal elektromos jellé alakított, majd felerősített jelét kell keverni.

A korábbi előadásokból már ismerjük a keverés elvét. Vajon mi történik akkor, ha egy 0–3 kHz közötti, azaz a beszéd aktuális hangmagasságának és hangerejének megfelelő beszéd spektrumú jelet keverünk egy nagyfrekvenciás folyamatos hullámú jelhez, amit vivőhullámnak nevezünk.

Nézzünk egy példát: van egy 100 kHz-es frekvenciájú vivőhullámunk, amelyhez a keverési elv alapján egyszer hozzáadjuk a 0–3 kHz széles beszéd spektrumú jelet, egyszer pedig kivonjuk belőle. Elvégezve a műveletet azt tapasztaljuk, hogy megjelenik egy 100 kHz-es folyamatos hullámú jel, amelynek nagysága állandó és ugyanakkora, mint a keverés előtt – ez a vivőhullám. Az összeadás eredményeképpen megjelenik a beszéd frekvenciájával és hangerejével azonosan változó spektrumú jel a 100 és a 103 kHz-es tartományban – ezt felső oldalsávnak nevezzük. Ugyanakkor a kivonás eredménye azt mutatja, hogy az alsó oldalon is megjelenik a beszéd frekvenciájával és hangerejével azonosan változó spektrumú jel a 100 és a 97 kHz-es tartományban – ezt alsó oldalsávnak nevezzük. A két oldalsáv egymás tükörképe.

Tehát kaptunk egy komplex jelet, amelynek fix frekvenciájú és nagyságú komponense a vivőhullám, továbbá kaptunk egy alsó és egy felső oldalsávot, amelyeknek a frekvenciája és energiája a beszéd frekvenciájának és hangerejének megfelelően állandóan változik.

Ez a komplex jel teszi lehetővé az egyik fajta rádiótávbeszélő üzemmódot.

A keveréssel előállított jel neve "teljes vivőhullámú amplitúdómodulált jel". Ezt a fajta távbeszélő üzemmódot pedig teljes vivőhullámú amplitúdómodulációnak nevezzük.

Vizsgáljuk meg a teljes vivőhullámú amplitúdómoduláció jellemzőit.

Amennyiben a mikrofonra nem beszélünk rá, csak az állandó frekvenciájú és nagyságú vivőhullám van jelen. Ha rábeszélünk a mikrofonra, a vivőhullám mellett megjelennek az oldalsávok, amelyek frekvenciája a vivőhullám plusz/mínusz beszéd hangmagasságának felel meg, jel nagyságuk pedig arányos a hangerővel. A felső oldalsáv követi az eredeti beszéd frekvencia változást, az alsó oldalsáv pedig éppen azzal ellentétes lesz – azaz az alsó oldalsáv magas hangoknál a frekvenciatengelyen alacsonyabb frekvenciájú lesz, a mélyebbeknél közelebb esik a vivőhullámhoz az oldalsáv aktuális frekvenciája. Erre azt mondjuk, hogy az alsó oldalsáv inverze a felső oldalsávnak, mert a felső oldalsáv frekvenciamenete megfelel a beszéd eredeti frekvenciamenetének, az alsó oldalsáv pedig ellentettje annak.

Erre is nézzük egy példát: a mikrofon helyett egy jelgenerátorból most egy 2 kHz-es állandó frekvenciájú és nagyságú jelet adunk a mikrofon bemenetre. A vivőhullám marad 100 kHz, nagysága változatlan, a felső oldalsávban egy 100+2, azaz 102 kHz-es jel, az alsó oldalsávban 100–2 azaz 98 kHz-es jel lesz jelen. Ha növeljük a bemeneti hang frekvenciáját, a felső oldalsávban nő a megjelenő jel frekvenciája, az alsóban csökken. A vivőhullám frekvenciája és nagysága pedig továbbra is változatlan marad.

Az oldalsávok állapotát egyszerű képlettel írhatjuk le: a modulált nagyfrekvencia egyenlő a vivőhullám frekvencia plusz/mínusz az aktuális hangfrekvencia értékével, az oldalsávok jel nagysága pedig arányos a hangerővel. A modulált jel tehát 3 komponensből áll; az alsó oldalsávból, az állandó nagyságú és frekvenciájú vivőhullámból, valamint a felső oldalsávból. Ha nincs moduláció, csak a vivőhullám van jelen.

A következő részben tovább vizsgáljuk az amplitúdómoduláció jellemzőit.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az amplitúdomoduláció II.

(A rádióamatőr – 63. rész)

Az előző részben megállapítottuk azt, hogy ha egy nagyfrekvenciás folyamatos vivőhullámú jelhez hangfrekvenciás jelet keverünk, egy 3 három elemre bontható komplex modulált jelet kapunk eredményül. A három komponens a következő: az alsó oldalsáv, a vivőhullám és felső oldalsáv. A vivőhullám nagysága és frekvenciája állandó, az oldalsávok frekvenciaspektruma megfelel a vivőhullám plusz/mínusz moduláló jel frekvenciaspektrumának, nagyságuk pedig a moduláló jel nagyságával arányos. Azt is megállapítottuk, hogy a felső oldalsáv fázisa megfelel a moduláló jel fázisának, az alsó oldalsáv pedig annak inverze.

Ennek a modulációs eljárásnak neve teljes vivőhullámú amplitúdó moduláció. A demoduláció, azaz a moduláló jel visszaállítása igen egyszerű módon történik. Mivel a vivőhullám és az oldalsávok szinuszos lefolyásúak, e komplex jelet egy dióddal egyenirányítjuk, a kapott eredmény egy változó áramú jel, amelyből egy kondenzátorral rövidre zárjuk a nagyfrekvenciás komponenseket, és az áramkör munkaellenállásán megjelenik a modulációval arányos feszültségváltozás.

Ezt legegyszerűbben egy detektoros vevővel megoldhatjuk, így lesz az antenna nagyfrekvenciás jeléből beszéd vagy zenei hang. Tekintettel arra, hogy ez a vételtechnika igen egyszerű eljárás, a teljes vivőhullámú amplitúdómodulációt ma is jellemzően a hosszú, közép és rövidhullámú rádióműsor szolgálatok használják.

Vizsgáljuk meg, hogy az állandó nagyságú vivőhullámhoz mekkora nagyságú moduláló jelet kell keverni, ahhoz, hogy a modulált jel megfelelő legyen és a torzítást is el tudjuk kerülni. Amennyiben a nagyfrekvenciás vivőhullámhoz vele megegyező nagyságú moduláló jelet keverünk, elméletileg a legideálisabb állapotot kapjuk eredményül. Ekkor a vivőhullám nagyságához viszonyított moduláló jel nagysága 100 %. Ha csak fele a moduláló jel nagysága a vivőhullám nagyságának, 50 %-os az arány. Ezt a viszonyszámot modulációs tényezőnek nevezzük. Amennyiben a modulációs tényező meghaladja a 100 %-ot, az eredmény torz modulációt eredményez, ezért az amplitúdómoduláció esetében a 100 %-ot meghaladó modulációs tényezőt mindenféleképpen kerülni kell.

Az oldalsávok nagysága arányos a modulációs tényezővel. A műsorszóró adók általában 30 %-os átlagos modulációs tényezővel dolgoznak, így elkerülhető, hogy a moduláló jel nagyságának dinamikus változásai torzításba vigyék a kisugárzott adást, ami egy műsorvételnél elég fülsértő és kellemetlen jelenség lenne. Például beszéd estén a suttogás elég kicsi, míg a nagyon hangos beszéd nagy oldalsáv nagyságokat eredményez. A helyzet hasonló a halk és a nagyon erős zenei hangok esetén is.

Mivel a teljes vivőhullámú amplitúdómoduláció évtizedekig az egyetlen rádióamatőr távbeszélő üzemmód volt, az amatőrök 50–70 %-os modulációs tényezőt is megengedhettek az étermunka során, de ekkor már fennállt a lehetősége annak, hogy a nagyon erős beszédhangok túlmodulálták a vivőhullámot és a vevőoldalon megjelent a torzítás. Ez amatőr viszonylatban jobban tolerálható volt, ilyenkor a partner jelezte a gondot.

Vizsgáljuk meg a teljes vivőhullámú amplitúdómoduláció sávszélesség és energia viszonyait. A kisugárzott vivőhullám nagysága és frekvenciája az adási periódus alatt állandó. Az oldalsávok nagysága a modulációs tényezővel arányos, frekvenciaterjedelme pedig a moduláló frekvencia nagyságának felel meg. Mivel két oldalsáv van, az adás sávszélessége kétszerese a moduláló frekvenciának, azaz az egyik oldalsáv ugyanazt az információt tartalmazza, mint a másik oldalsáv.

Az energiaeloszlás a teljes vivőhullámú amplitúdómoduláció esetén a következőképpen alakul. Ha a kisugárzott vivőhullám energiáját 100 %-nak vesszük, amely állandó és

változatlan, a 100 %-os modulációs tényezővel keletkező oldalsávok energiája a vivőhullámhoz viszonyítva $1/6$ – $1/6$ energiájúak, azaz kerekítve az energiájuk oldalsávonként a vivőhullám 16,6 %-a. Ha a modulációs tényező kisebb, mint 100 %, az oldalsávok energiája is arányosan kisebb lesz. Egy műsorszóró adónál 30 %-os modulációs tényezőt figyelembe véve az oldalsávok energiája oldalsávonként kerekítve 5–5 %-a lesz a vivőhullámnak.

Nézzünk egy példát: van egy 100 W-os vivőhullámú adónk, amelyet 30 %-os modulációs tényezővel modulálva az oldalsávok nagysága oldalsávonként 5 W lesz, ami a 100 W-os vivőhullámhoz képest elképesztően kis teljesítmény.

Annyit még meg kell jegyezni, hogy az oldalsávok energiája a modulációs rendszer energiájából származik. Ez azt jelenti, hogy az előbbi példánál maradva 10 W-nyi energiát kell még a 100 W-os vivőhullám teljesítményéhez hozzáadni, s így a kisugárzott teljesítmény 110 W lesz. Ha nincs moduláció, a kisugárzott teljesítmény csak 100 W lesz.

A következő részben megvizsgáljuk, hogy min tudunk kezdeni ezzel az elképesztően rossz energiamérlegű, teljes vivőhullámú amplitúdómodulációval azért, hogy valamilyen hatékonyabb amplitúdómodulációs megoldást találjunk.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – A DSB (A rádióamatőr – 64. rész)

Az előző részben áttekintettük a teljes vivőhullámú amplitúdómoduláció jellemzőit, a vivőhullám és a moduláció hatására kialakuló oldalsávok frekvencia és teljesítményviszonyait. Megállapítottuk azt is, hogy a moduláló jel és a vivőhullám egymáshoz viszonyított feszültsége határozza meg a modulációs tényezőt, amely nem lehet 100 %-nál nagyobb, ha a torzítást el akarjuk kerülni.

A teljes vivőhullámú amplitúdómodulált jel tehát 3 komponensből áll, az állandó frekvenciájú és állandó nagyságú vivőhullámból, az alsó és a felső oldalsávokból. Az oldalsávok frekvenciaváltozása a moduláló frekvenciától, nagyságuk pedig a modulációs tényezőtől függ. Energiaeloszlás szempontjából 100 %-os moduláció esetén az oldalsávok energiája a vivőhullámhoz viszonyítva oldalsávonként $1/6$ -nyi teljesítményt képviselnek, amely teljesítményt a moduláló rendszer energiájából kell a vivőhullámhoz hozzáadni.

Információátvitel szempontjából vizsgálva a komponensek szerepét, a vivőhullám egyáltalán nem tartalmaz információt, az alsó és a felső oldalsáv pedig ugyanazt az információt tartalmazza.

E szempontokat figyelembe véve az amplitúdómoduláció igen nagymértékben energia-pazarló eljárás, sávszélesség szempontjából pedig az átvitt információ sávszélességének duplájára van szükség.

A rádióamatőrök kezdettől egészen az 1960-as évekig ez a fajta beszédátvitel jellemezte a rádióamatőr távbeszélő üzemmódot. A hagyományos távbeszélő adókat könnyen ki lehetett alakítani a morzeüzemű adókból, a végerősítő elektroncsőhöz külön modulátorfokozatot (azaz hangfrekvenciás teljesítményerősítőt) kellett építeni és illeszteni, s íme, lehetővé vált a távbeszélő üzemmód. Ennek az adónak a sávszélessége 6 kHz volt, 70 %-os moduláció esetén a vivőhullám teljesítményének 23 %-ára kellett méretezni a modulátorerősítő teljesítményét.

A gyakorlatilag legegyszerűbb végfok moduláció estén a 100 W-os vivőhullámú adóhoz 23 W-os teljesítményű hangfrekvenciás erősítőt kellett építeni, így a hasznos, azaz a

modulációs információ átvitelére csak 11,5 W fordítódott, míg az adási teljesítmény 123 W-ra adódott. Ha nem beszélt az amatőr a mikrofonra, 100 W energiájú vivőhullám került kisugárzásra. A közbenső fokozatú, alacsony szintű moduláció azért volt problémás, mert a követő fokozatokat és a végfokot az előnytelen lineáris munkaponti beállításban kellett volna üzemeltetni.

Ahhoz, hogy a legnagyobb energiájú, információt nem tartalmazó komponenst (a vivőhullámot) kiiktassuk, szellemes megoldás született – a vivőhullámot el kellett nyomni. Ez a régi távbeszélő adóknál a végfokba, nagyon ritka esetben egy, az előtte lévő fokozatba épített újabb csővel könnyen megoldható volt. A két cső megfelelő kapcsolásával el lehetett érni, hogy a vivőhullám kioltódott, ugyanakkor a modulációs termék, azaz az oldalsávok megmaradtak és ezek kerültek kisugárzásra.

Ezt az üzemmódot elnyomott vivőhullámú kétoldalsávós amplitúdómodulációnak nevezük, jele **DSB-SC** (DSB-SC=kétoldalsávós, elnyomott vivőhullámú amplitúdómoduláció) Előnye az volt, hogy a vivőhullám kioltásával megszabadultunk egy nagy teljesítményű, információt nem tartalmazó összetevőtől. Jellemzője pedig az volt, hogy a sáv szélesség ugyanúgy 6 kHz maradt, viszont ha nem beszéltek a mikrofonra, az adóteljesítmény nulla lett.

A DSB azzal az előnnyel járt, hogy a kisugárzott két oldalsáv teljesítményét a végerősítőfokozat teljesítményének felére lehetett növelni. 123 W-os adónál ez azt jelentette, hogy oldalsávonként 61,5 W lett a kisugárzott teljesítmény, azaz a hasznos információra fordítható teljesítményt 11,5 W-ról 61,5 W-ra lehetett növelni. Sőt még ennél is többre, ugyanis a beszéd szakaszossága miatt a terhelés nem folyamatos, így oldalsávonként akár 75 W, azaz összesen 150 W csúcsteljesítmény sem veszélyeztette a végcső épségét.

A DSB-SC demodulálása hasonló a távíró üzemmóddhoz. A vevőben egy segédoszillátort követel meg (ez a beatszcillátor), amellyel helyreállítható a kioltott vivőhullám – azaz a DSB jelet le kell keverni az eredeti moduláló frekvencia tartományba, azaz a hangfrekvenciára.

A DSB-nek azonban van néhány, közöttük egy kiemelkedően nagy hátránya. Ugyanis az oldalsávok fázisviszonyai inverzei egymásnak, a felső oldalsáv fázismenete megegyezik a moduláló hangfrekvencia fázismenetével, az alsó oldalsáv viszont inverze annak. Ez azt jelenti, hogy a helyi oszcillátor frekvenciáját a torzítások elkerülése érdekében nagyon pontosan kell tartani, de még ennél is rosszabb a helyzet egy DSB adóra való ráhangolás esetén. Ugyanis nagyon nehéz megtalálni egy DSB adás érthetőségi frekvenciáját. Minden más frekvencián a DSB torzított hangokat eredményez, amely abból ered, hogy eltérő frekvencia esetén az alsó és a felső oldalsávokból különböző hangfrekvenciák keverednek ki. A másik hátrány, hogy DSB moduláció esetén sáv szélességet nem spórolunk, ugyanis két azonos információt tartalmazó oldalsávunk van.

A felsorolt hátrányok miatt a DSB moduláció csak átmenetileg került be az amatőr gyakorlatba, ma már használata általában, csak úgy, mint a vivőhullámos amplitúdómoduláció, egy kijelölt rövidhullámú sáv szegmens kivételével tiltott.

A DSB jel hangzó bemutatására ma már nem is adódik lehetőség, ugyanis ezt a modulációs eljárást az amatőrök teljes egészében mellőzik.

A következő részben tovább vizsgáljuk, hogy merre tudunk továbblépni a vivőhullámos kétoldalsávós amplitúdómodulációs eljárás komponenseinek variálásával.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az SSB I. (A rádióamatőr – 65. rész)

Az eddigi vizsgálataink során körbejártuk az amplitúdómoduláció jellemzőit, kielemeztük a vivőhullám és az oldalsávok viszonyát. Így sikerült eljutni addig, hogy a vivőhullámot – mivel információt nem hordoz, és az adási energia nagy része a vivőhullámra fordítódik – ki kell iktatni a modulációs komponensek közül.

Ez egy balanszmodulátornak nevezett egyszerű áramköri megoldással kivitelezhető, s máris elérkeztünk a kétoldalsávós elnyomott vivőhullámú moduláció birodalmába, amit DSB-nek nevezünk – hivatalosan **DSB-SC** a jele. A DSB-ről megállapítottuk, hogy igen előnyös modulációs megoldás, mert igaz, hogy a hasznos modulációs információ kétszer van jelen, viszont ha nem beszélünk a mikrofonra, az adó nem sugároz ki jelet. Azt is megállapítottuk, hogy a DSB torzítatlan vétele igen pontos adó – és vevőstabilitást igényel, továbbá a DSB adásra való ráhangolás nagyon bonyolult a ráhangolással együtt járó fázistorzítások kialakulása miatt. A DSB hátránya még az is, hogy a két oldalsáv miatt az adás dupla sáv szélességet foglal el az adott sáv tartományban.

Jogosan merül fel a kérdés, hogy miért van szükség az azonos információt hordozó két oldalsávra. A válasz egyszerű – egyáltalán nincs szükség az egyik oldalsávra, ahhoz hogy a hasznos információt teljes egészében átvigyük az adásunk során.

A probléma ott merül fel, hogy hogyan tüntessük el a felesleges oldalsávot. Nos, a válasz ma már egyszerű – a kis szintű DSB jelből ki kell szűrni az egyik oldalsávot, a maradék oldalsávot tovább erősítve kisugározhatjuk az éterbe. Ez az adás rögtön fele sáv szélességet igényel, ami mind a sávhasználat szempontjából, mind a vevőoldali sáv szélesség szűkíthetőségéből, azaz a jel/zaj viszony javulásából származó előnyökkel jár. Az adóoldalon pedig azzal az előnnyel jár, hogy a hasznos információ kisugárzására fordítható teljesítmény rögtön megduplázódik a DSB-hez viszonyítva.

Nézzük meg, hogy számszerűleg hogy is alakulnak a dolgok. Az egyszerűség kedvéért a példánkban úgy vesszük, hogy a moduláló mikrofonjelet az erősítése során igyekszünk 0–3 kHz tartományra szűkíteni – azaz szűrni. Ez a moduláló jel spektruma.

Amennyiben egy 1000 kHz-es jelhez hozzákeverjük a moduláló jelet, a következő komplex modulált jelet kapjuk: – 1000 kHz-es, állandó nagyságú vivőhullám, jele $f_{\text{vivő}}$ – 1000-tól 1003 kHz-ig terjedő felső oldalsáv az $f_{\text{vivő}} + f_{\text{moduláló}}$ jelkeverési elv szerint – 1000 kHz-től 997 kHz-ig terjedő alsó oldalsáv az $f_{\text{vivő}} - f_{\text{moduláló}}$ jelkeverési elv szerint.

Ez a komplex jel a klasszikus vivőhullámos amplitúdómoduláció, amit a műsorszórási sávokban hallhatunk. Példánkban ez a jel 6 kHz sáv szélességet foglal el.

A következő lépésben el kell nyomnunk a vivőhullámot. Valójában a modulációs folyamat és a vivőhullám elnyomás a balanszmodulátorban történik. A balanszmodulátorba vezetjük a felerősített mikrofonjelet és a vivőhullámot. A balanszmodulátorban lezajló folyamat eredménye a vivőhullám nélküli alsó és felső oldalsáv lesz, tehát a felső oldalsáv 1000 és 1003 kHz spektrumban, az alsó oldalsáv 1000 és a 997 kHz spektrumban tartalmazza a modulációs információt. Ez a kétoldalsávós elnyomott vivőhullámú jel, amit DSB-nek nevezünk.

Innentől két választásunk marad, mégpedig az, hogy melyik oldalsávot szűrjük ki. Most az alsó oldalsávot tartjuk feleslegesnek abból a szempontból, hogy a felső oldalsáv fázisa megegyezik a moduláló jel fázisával. Más megfontolások is szerepet játszhatnak a kiszűrendő oldalsáv kiválasztásában, például az, hogy milyen üzemi frekvencia a végcélunk. Az is lehetséges, hogy a két oldalsávot két szűrővel választjuk szét a további feldolgozás céljából.

Visszatérve példánkhoz egy 1000–1003 kHz tartományban egyenletes átvitelt biztosító, meredek oldalú, kvarc rezonátorokból felépített szűrőre ráengedve a DSB jelet eredményül a felső oldalsávos jelet kapjuk a szűrő kimenetén. Ez a jel az egyoldalsávos elnyomott vivőhullámú jel – azaz az **SSB** jel, pontosabban az **USB-SC** – azaz a felső oldalsávos elnyomott vivőhullámú jel.

A jel nagysága arányos a moduláló jel nagyságával, spektruma pedig megfelel a moduláló jel spektrumának azzal a korlátozással, hogy 3 kHz-nél magasabb hangok át sem jutnak a szűrőn, tehát a jel sávszélessége 3 kHz. Ezt a jelet a kívánt üzemi frekvenciára keverve juthatunk el az amatőrsávokba.

Itt kell megjegyezni, hogy az amatőr gyakorlatban a legnagyobb megengedett SSB sávszélesség **2,7 kHz**. Tekintettel arra, hogy a mély hangok foglalják le a legnagyobb energiát az emberi beszédben, a moduláló jel erősítőjében kiszűrjük a mély hangokat 300 Hz-ig terjedően. Ez a szűrés az érthetőséget nem befolyásolja, így az amatőr gyakorlatban az SSB jel spektruma **300–2700 Hz** terjedelmű, sávszélessége pedig 2,4 kHz. A SSB jel demodulálása a vevőben szintén balanszmodulátorral történik, amelybe bevezetjük a vett SSB jelet és a vivőhullámot helyreállító helyi oszcillátor jelét.

A következő részben folytatjuk az SSB távbeszélő üzemmód vizsgálatát annak érdekében, hogy további ismereteket szerezzünk e nagyon fontos üzemmód jellemzőiről.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az SSB II.

(A rádióamatőr – 66. rész)

Az előző részben alaposan áttekintettük az SSB üzemmód alapjait és az egyoldalsávos elnyomott vivőhullámú moduláció előállításának módozatát.

Példánkban az egyszerűség kedvéért 1 MHz-es frekvenciájú vivőhullámot választottunk, majd a ringmodulátorba vezetett vivőhullám és a felerősített beszédjel összekeverésének, továbbá a vivőhullám elnyomásának eredményeképpen a kimeneten kétoldalsávú elnyomott vivőhullámú jelet, más néven a DSB jelet kaptuk eredményül. A DSB jelet egy oldalsávszűrőre vezettük (a példában egy felső oldalsávú szűrőt választottunk), a kimeneten pedig megkaptuk az elnyomott vivőhullámú felsőoldalsávú jelet, azaz az USB-SC jelölésű modulációs terméket.

Az SSB jelet meghallgatva egy olyan vevőkészüléken, amely fel van készítve az SSB vételre, a következőképpen hangzik az SSB modulált adás: [Klip – SSB]

Ugyanezt az adást egy normál középhullámú műsorvevő rádióvevővel csak torz, recsegős, teljesen érthetetlen beszédnek hallanánk, amelynek bemutatása most nem áll módunkban.

Amennyiben félreteszünk minden elméleti ismeretet és megfontolást, az SSB lényegét úgy is megfogalmazhatjuk, hogy beszédünk minden hangjának frekvenciájához hozzáadunk egy meghatározott nagyfrekvenciát, így beszédünk teljes frekvenciaspektrumát a hallható hangok tartományából eltoltuk a rádiófrekvenciás tartományokba. Ahhoz, hogy beszédünk ismét érthető legyen, a nagyfrekvenciás tartományú spektrumból ki kell vonnunk azt a hozzáadott bizonyos frekvenciát, így máris visszajutottunk a fülünk által hallható hangok tartományába.

Egy SSB szűrővel mindkét oldalsávot elő lehet állítani, csak a vivőhullám frekvenciáját kell úgy beállítani, hogy felső oldalsáv esetén a vivő a szűrő alsó átviteli sávjának szélére, az alsó oldalsáv esetén pedig a felső átviteli sávjának szélére essen.

Az előző rész példáját felhasználva 1 MHz-es vivő és 1000–1003 kHz közötti átvitelű szűrő esetén a felső oldalsávot kapjuk eredményül, míg 1003 kHz-es vivőjellel az alsó oldalsávot sikerül előállítani. Vételnél ugyanezt az elvet követve az SSB jel vissza-keverhető a hallható hangok tartományába.

Az egyszerűség kedvéért maradjunk a felső oldalsávos jelnél. Ennek a jelnek a spektruma megfelel a beszédünk frekvenciaspektrumának + 1000 kHz, a spektrum jeleinek nagysága pedig arányos a beszédünk hangerejével. Ez egy kis szintű nagyfrekvenciás jel, amelyet tovább kell erősíteni ahhoz, hogy e jelet antennára juttatva elektromágneses hullám formájában kisugározhassuk az éterbe.

Néhány problémát azonban meg kell oldani. A legelső dolog az, hogy az SSB jel analóg jel, ezért a további erősítés során csak lineáris beállítású erősítőket alkalmazhatunk a jeltorzítás elkerülése érdekében. A második probléma az, hogy a beszédünk hangereje durván változó, egyes hangok alig hallhatóak, míg mások igen nagy hangerővel vannak jelen. Ennek az az eredménye lehet, hogy a túl hangos jelek túlmodulálják a ringmodulátort, majd túlvezérlik a további erősítőfokozatokat. Ez pedig csúnya torzításokhoz vezethet az adás során.

További következménye a dolognak az, hogy a kisugárzott adóteljesítmény is arányos a beszédünk hangerejével, így a halk hangok nagyon kicsi teljesítménnyel, az erősek pedig akár túlvezérelve is kerülhetnek kisugárzásra.

E probléma két módon oldható meg. Az egyik az úgynevezett dinamika kompresszor áramkör, amelynek az erősítése megnő, ha kicsi a hangerő, illetve lecsökken, ha nagy a hangerő. Ezzel a beszéd dinamikája csökken, azaz a hangerőváltozás sokkal kisebb lesz, mint a természetes beszédben. A másik megoldás az automatikus szintszabályzás, amit ALC-nek nevezünk. Feladata, hogy ha azt érzékeli, hogy egy beállított szintnél nagyobb a jel, visszaszabályozza a vezérlő jel nagyságát. Ezt általában a végerősítő fokozatban érzékeli, és megvédi a végerősítő fokozatot a túlvezérléstől.

A következő részben tovább folytatjuk az SSB moduláció jellemzőinek ismertetését.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az SSB III. (A rádióamatőr – 67. rész)

Felmerül a kérdés, hogy egy SSB rádió teljesítményét hogyan határozzuk meg, ha a beszédünk hangerejével arányos a kisugárzott rádiófrekvenciás teljesítmény. Amennyiben halkán beszélünk (vagy csökkentjük a modulátorerősítő erősítését) a kisugárzott teljesítmény is csökken. De ha jó nagy erősítést állítunk be, az erős hangoknál a rádió fokozatai túlvezérlődnek, ami más káros hatások mellett jeltorzítást eredményez, ez pedig adásunk vételét nehezíti és a rádiósáv szennyezését fogja okozni.

Egy rádióadó végfokozati aktív erősítőeleme (legyen az tranzisztor vagy elektroncső) meghatározott teljesítményt képes leadni. Ez a teljesítmény két részből áll, nevezetesen a hasznos, azaz a kisugárzásra kerülő teljesítményből, továbbá a veszteségi teljesítményből. Egy jó végerősítő fokozat hatásfoka hozzávetőlegesen 60–65 %, ami azt jelenti, hogy például 100 W bemenőteljesítményből 35–40 % a veszteség, azaz 35–40

watt hővé alakul a végerősítőben, így a kisugárzott hasznos teljesítmény csak 60–65 W lesz.

Manapság egy rádió adóvevő kimenőteljesítményét szokták megadni, ami mondjuk, legyen 100 watt. Ebben az esetben vegyük a 100 wattot 60 %-nak, így a bemenőteljesítmény 166 watt-ra adódik, amelyből 66 watt veszteségként hővé alakul a rádió teljesítményerősítőjében.

Ahhoz, hogy az SSB jel ne vezérelje túl az erősítőt, meg kell határozni a megengedhető SSB csúcsteljesítményt. Ezt burkológörbe csúcsteljesítménynek nevezzük (jele **PEP**), amelyet SSB adás esetén a legegyszerűbben úgy értelmezhetünk, hogy a végerősítő legnagyobb megengedett csúcsteljesítményének vesszük. Viszont az SSB adás átlagteljesítménye az állandóan változó beszédhangerő miatt általában 10–30 %-a a csúcsteljesítménynek, bekapcsolt dinamika kompresszor esetében az átlagteljesítmény már elérheti az 50–60 %-ot is.

Ebből következik, hogy egy 100 wattos SSB adó csúcsteljesítménye (a beszédcsúcsok) 100 watt teljesítményűek lehetnek. Amennyiben jó nagy modulációval túlvezéreljük az adót, számolni kell a végerősítő fokozat túlterhelésével, valamint a kisugárzott jel torzulásával és az egyéb káros következményekkel.

A túlvezérlést az automatikus szintszabályzó (ALC) áramkör akadályozza meg, ugyanis a megengedett tartományban a kimenőteljesítmény arányos a végfokozatba bemenő vezérlőjel nagyságával. A jól beállított hangerő esetén az ALC áramkör csak a megengedett ritkán meghaladó csúcsoknál szabályozza vissza a bemenő vezérlőjelet. Az ALC alapján történő beszédhangerő beállítás alapvető követelmény az SSB modulációs üzemmódban – azaz a hangerőt az adóvevő műszerén lévő megengedett ALC tartományba kell beállítani. A mikrofonra rábeszélve az ALC tartományban a műszer mutatója a beszéd hangerejével arányosan állandóan mozog, de nem lendülhet túl a műszeren jelzett tartományon kívülre.

Az SSB üzemmód használata majdnem minden amatőrsávban, azon belül a kijelölt távbeszélő szegmensekben megengedett. A rövidhullám esetében kivétel a 10 MHz-es, azaz a 30 méteres amatőrsáv. A hírközlési hatóságok korlátozhatják a különböző üzemmódok használatát a különleges vagy a kísérletre engedélyezett amatőrsávokban, így az SSB is – mint szélessávú beszédátvitel – tilalom alá eshet pl. hosszúhullámon, ahol az engedélyezett sávtartomány esetleg szűkösebb, mint maga az SSB távbeszélő adás sáv-szélessége.

A következő részben folytatjuk az SSB moduláció jellemzőinek további ismertetését.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Digitális jelátvitel (A rádióamatőr – 68. rész)

Az előző részben áttekintettük az SSB moduláció által kialakult adóvégfok kimenőteljesítmény viszonyait. Megállapítottuk, hogy a burkológörbe csúcsteljesítmény, azaz a PEP az a csúcsteljesítmény, amire az adó végfokozatát méretezik, s amelyet SSB üzemmódban még károsodás nélkül elvisel.

Távíró üzemben egyszerű a helyzet; a burkológörbe csúcsteljesítmény állandó, s mindaddig terheli a végfokozatot, amíg a távíróbillentyűt nyomva tartjuk. Azaz távíró üzemmódban a végfokozat 100 W kimenőteljesítmény esetén 100 W-os burkológörbe teljesítményt produkál, míg a végfokozat teljesítményfelvétele 166 W körül alakul, s ez

az állapot csak a billentyű nyomva tartásának ideje alatt áll fenn. A jelszűnetekben és az adási szűnetekben a végfokozat teljesítményfelvétele nulla.

E dolgokat azért fontos ismerni, mert SSB üzemmódban is előáll hasonló helyzet, mégpedig akkor, amikor az SSB moduláció segítségével beszéd helyett úgynevezett digitális jelátvitelt valósítunk meg. Ezeket a jelátvitteleket digitális üzemmódoknak nevezzük.

A digitális üzemmódok általánosnak mondható jellemzője az, hogy az adási periódusban folyamatosan és változó magasságú hangokat visznek át azonos jelszinten. Ezt a fajta modulációt hangfrekvenciás frekvenciaeltolós billentyűzésnek nevezzük, rövidítése **AFSK** az angol Audio Frequency Shift Keying-ből eredően.

Elméletileg morze távirót is megvalósíthatnánk az SSB moduláció segítségével, ha a mikrofonbemenetre egy 800 Hz körüli hangmagasságú adó billentyűzött oszcillátort köt-nénk. Természetesen az ilyen fajta távirózásnak értelme nincs, ellentmond az ésszerűsnek mind a ráfordítandó energia, mind a folyamatos hullám előnyeiből eredően.

Itt kell megemlíteni, hogy valami hasonló megoldás azért néha előfordul az SSB távbeszélő célú használata során. A holdutazást megvalósító Apolló programban alkalmazták először a beszédperiódus végét jelző, úgynevezett biptone-t. Azaz a beszédperiódus végét egy rövid fűtty jelezte. Ennek az volt az oka, hogy a Holdról több mint egy másodperc késéssel érkeztek meg a rádióadás jelei a földre, így mind a Holdon tartózkodó űrhajósok, mind a földi irányítóközpont pontosan tudta, hogy a másik fél mikor fejezte be az adást. Ezzel elkerülték, hogy az asztronauták és a földi irányítás a hosszú terjedési idő miatt egymásra beszéljen.

A biptone a 60-as évek végétől villámgyorsan elterjedt az amatőrök között. Amikor elengedték a mikrofonon az adás gombot, a PTT-ét, még egy rövid fűttyjelet kisugárzott az adó, mielőtt vételre kapcsolt volna a berendezés. Ma már kevésbé divatos e megoldás, de még előfordul a sávokban.

Izgalmas helyzet alakul ki, amikor két hanggal moduláljuk az SSB adót. Mondjuk, az egyik legyen állandó kisugárzású, a második hang valamilyen rendszer szerint változó időtartamú impulzusként jelenjen meg. Mondjuk így: [RTTY klip]

Az itt bemutatott két hang segítségével modulált SSB adókkal betűket és számokat, valamint írásjeleket lehet rádión keresztül átvinni. Ezt az üzemmódot rádió távgépíró, szakszerűen RTTY üzemmódnak nevezzük.

A következő részben kicsit elmélyedünk az SSB moduláció segítségével megvalósítható digitális üzemmódokban.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az RTTY I. (A rádióamatőr – 69. rész)

Az előző részben belekezdünk az SSB üzemmódban alkalmazható digitális üzemmódok ismertetésébe.

Azonnal bele is vágunk a közepébe és meghallgattuk, hogy hogyan szól egy távgépíró állomás hangja az éterben. Rádióink SSB üzemmódba van kapcsolva, két hang váltakoztatásának segítségével szöveges átvitelt tudunk produkálni.

Hallgassuk meg ismét a távgépíró adások hallható hangjának egy rövid részletét:
[RTTY klip – short]

Ahhoz, hogy ezt a két hangot valami előállítsa, és a leadandó szöveget a két hang változtatásával szabályszerűen (értsd; szabványosan) kódolja, manapság számítógépre és megfelelő programra van szükség. Természetesen ahhoz, hogy a vételi oldalon olvasható (és menthető is) legyen a vett adás, szintén számítógépre és megfelelő programra van szükség.

Nem mindig volt ez így. A rádió távgépíró valaha mechanikus távgépíró gépeket és cél-elektronikaként megépített kódoló és dekódoló áramköröket tartalmazott, amelyeket az adóberendezéshez, illetve a rádióvevőhöz kapcsoltak. Az adóoldalon az adó egy bizonyos frekvencián az adás megkezdését egy folyamatosan kisugárzott vivőhullámmal jelezte a pontos ráhangolhatóság céljából. Amikor a betűket elkezdték leadni, a vivőhullám néhány száz hertzzel elugrott a kódolásnak megfelelő rövid ideig.

Ezt az üzemmódot **FSK**-nak nevezték, azaz magyarul frekvenciaeltolósos billentyűzésnek. Tekintettel arra, hogy a rádió távgépírókat igen széles körben kezdték alkalmazni, mind a kódolást, mind a frekvenciaeltolás mértékét, mind az adatátvitel sebességét szabványosították. A kódolást Baudot kódnak nevezik, öt egységből áll és 127 betű, szám és írásjel átvitelére alkalmas. Amatőr viszonylatban a frekvenciaeltolás **170 Hz**, a sebesség pedig **45,45** baudot. A professzionális rendszerek ennél nagyobb frekvenciaeltolást és sebességet használnak.

A régi géptávíró rendszer nagyon bonyolult és hangos üzemű volt. A terminálgép csattogása jóval meghaladta a mechanikus írógépét. A számítógép előtti világban nagyon kevés amatőr volt képes ilyen bonyolult rendszert megengedni magának, ezért nagyon kevesen dolgoztak RTTY, azaz rádió távgépíró üzemben.

A helyzet a számítógépek otthoni elterjedésével lényegesen megváltozott. Ha az eredeti FSK vivőhullámok helyett két hangot sugárzunk ki, a szünetjel mondjuk, legyen 1170 Hz, ez, ami állandóan szól, amíg nincs jelátvitel, a mark-nak nevezett jelnél (önkéntesen nevezzük 1 bitnek) a hang rövid időre 1000 Hz-re változik. A szünet és a mark jelek kombinációja adja ki a kódolt betűket és így alakul ki a leadott szöveg. Ezt a módszert hangfrekvenciás frekvenciaeltolósos üzemmódnak, azaz AFSK-nak, Audio Frequency Shift Keying-nek nevezzük.

Más modulációs módszerek mellett az SSB moduláció is kiválóan alkalmas AFSK jelek, azaz jelen esetben két változó frekvenciájú hangjel átvitelére. Az adott AFSK jeleket a számítógép kódolással állítja elő, e hangokat a rádió mikrofonbemenetére vezetjük. A vett jeleket a rádióból a számítógép hangbemenetére visszük, amit a számítógép szöveggé dekódolja. A PTT (push to talk) funkciót, azaz utasításunkra az adásra kapcsolást is a számítógép végzi. Természetesen az egész folyamatot egy célszoftver hajtja végre, dolgunk csak annyi, hogy szöveges módban forgalmazzunk az SSB moduláció segítségével.

A következő részben még visszatérünk az RTTY üzemmódra, néhány érdekesség és tanulság erejéig.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az RTTY II. (A rádióamatőr – 70. rész)

Az előző részben áttekintettük az RTTY üzemmód alapjait. Ahhoz, hogy ebben az üzemmódban vétel- és adásképesek legyünk, manapság egy SSB üzemmódú rádióra, egy számítógépre és egy célszoftverre van szükség. A billentyűzet használata megkövetelné a nagy sebességű gépírási tudást, ami a rádióamatőrök között igen ritka képességnek számít. Emiatt a célszoftverbe különböző, előre meghatározott szövegeket, úgynevezett makrókat lehet eltárolni. Ezeket a makróknak nevezett szövegeket lehet előhívni, így gépelés nélkül is lebonyolítható egy QSO, azaz rádió összeköttetés.

Ezt a megoldást akár egerészésnek is nevezhetnénk, hiszen a különböző makroszövegeket a számítógép egerével a legkönnyebb előhívni. A célszoftver vezérli a rádió PTT működését és adja át az AFSK jelet, azaz a moduláló hangfrekvenciát a rádió mikrofonbemenetére. Ugyanakkor ez a célszoftver végzi a rádióból érkező hangjelek dekódolását és a vett szöveg képernyőre való írását.

Az RTTY üzemmód, jellegéből adódóan (mivel folyamatos és azonos szintű jelsugárással jár), megfelel az állandó vivőhullámot kisugárzó üzemmódnak. Ezért a mai SSB/CW üzemmódra méretezett rádióknál általában a kimenőteljesítményt jelentősen csökkenteni kell. Tekintsük alapszabálynak azt, hogy az RTTY jel kisugárzásakor a kimenőteljesítményt a névleges kimenőteljesítmény negyedére, azaz 25 %-ra célszerű csökkenteni. Ez a szabály minden olyan digitális üzemmódra is igaz, ahol a jel kisugárzása a teljes periódusban állandó idejű és szintű. A jel nagyságát, ezzel a kimenőteljesítményt a rádió hangerő szabályozójával lehet beállítani a rádión lévő műszer segítségével.

Az RTTY igen népszerű üzemmód, a legnagyobb világversenyeket távíró, SSB távbeszélő és RTTY üzemmódokban rendezik meg, üzemmódonként három különböző időpontban.

Mivel az amatőr RTTY adás sávszélessége elvileg 170 Hz, gyakorlatilag a Hartley-féle oldalsávelemzés alapján akár 300 Hz-nek is vehető, egy 2,7 kHz-es sávszélességű SSB vevőben egyszerre sok géptávíró, azaz RTTY adás is hallható. A mai szoftverek képesek arra, hogy minden jól hallható adást egyszerre dekódoljanak. Amikor a vételi sávszélességen belül hallható adásra rá akarunk hangolni, nem kell az adóvevő adási frekvenciáját megváltoztatni. Ugyanis a szoftver képes arra, hogy az adási hangfrekvenciákat úgy eltolja, hogy az a vételi oldalon szabványosnak hangozzék. Azaz, ha 1 kHz-el feljebb van egy másik adó, 2170 Hz lesz a szünetjel és 2000 Hz lesz a markjel. Vagyis a szoftver és a számítógép egerének segítségével hangolhatunk a 2700 Hz-es SSB vételi csatornán belül.

Annyit még meg kell jegyezni, hogy minden amatőrsávban az USB üzemmódot, azaz a felső oldalsávot használjuk RTTY módban, s ez a szabály általában igaz minden más digitális módra is. A szoftverben mód van a fordított jelképzésre és vételre is, ez esetben az alsó oldalsávot kell használnunk, ha ide kapcsolunk. Alapszabályként elmondható, hogy akkor helyes a beállítás mind a vétel, mind az adás szempontjából, ha az ellenállomás adása értelmes szöveggé íródik fel a képernyőre.

Az RTTY vétel akkor lesz tökéletes, azaz hibamentes, ha a hullámterjedés jó és stabil, valamint nincsenek lokális zavarok azaz QRN, továbbá nincsenek más állomások által okozott zavarok, azaz QRM.

A rádiózás története során nem csak a betűátvitel, hanem a képátvitel lehetősége is izgatta a korabeli szakemberek és amatőrök fantáziáját. Mire a rádió kialakult és használhatóvá vált, a vezetékes, azaz a telefon- és távíró-hálózati szövegátvitel és a képátvitel már bizonyos technológiai eredményeket ért el. A rádió fejlődése igényt támasz-

tott arra, hogy megoldást keressenek a rádió történé, hálózathoz nem kötött nagy távolságú szöveg és képátvitelre.

A következő részben bemutatjuk az amatőr képátvitel módját.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Az SSTV (A rádióamatőr – 71. rész)

A rádió fejlődése során az 1920-as években elérkezett a pillanat, amikor felmerült az gondolat, hogy a rádiót nem csak távíró és távbeszélő üzemben lehetne használni, bizonyára alkalmas lehet vezeték nélküli képátvitelére is.

Ebből a szempontból kétirányú gondolkodás kezdődött; az egyik irány az állóképek továbbítását vette célba, a másik a mozgókép átvitel megoldási lehetőségeire koncentrált.

Ez időben már létezett vezetékes állókép továbbítás, meglehetősen bonyolult, célirányos technikával. Ezt kellett a rádióhoz illeszteni.

Ma igen egyszerű helyzetben vagyunk az állókép továbbítása tekintetében. Rádióamatőr viszonylatban az üzemmódot úgy nevezzük, hogy **SSTV**, noha a valódi TV-hez köze nincs ennek az üzemmódnak.

Az SSTV jelentése Slow Scan Television, magyarul lassú letapogatású televízió.

Az SSTV üzemmód korábban bonyolult elektronikai és optikai megoldásokat követelt meg az amatőröktől, ma már szerencsére a számítógép elegendő hozzá. Aki a számítógéphez csatlakoztatott videokamerával rendelkezik, az időben aktuálisabb állóképeket tud készíteni és továbbítani. A videokamera azonban ma már egyáltalán nem követelmény az SSTV üzemmódban, míg korábban az volt.

Az elektronikus fényképezőgéppel rögzített képeket a számítógépek alakítják át hangjelekké, amit az adóvevőnk mikrofonbemenetére vezetünk és SSB módban sugározzuk ki. A vevőoldalon az adóvevő hangkimenete a számítógéphez csatlakozik és a képernyőn rajzolódik ki az állókép. Ez pontosan ugyanaz az eljárás, amit a géptávíró üzemmódban alkalmaztunk, csak ebben az esetben nem betűket, hanem tetszés szerinti szép színes képeket tudunk továbbítani, amit a vevőoldalon fájlba lehet elmenteni.

A képhez még fényképezőgép sem kell, ugyanis grafikai rajzóprogramokkal akár magunk is alkothatunk grafikus képeket. Az átvitel meglehetősen lassú, egy kép kirajzolásához több mint 1 perc is szükséges. A kép mérete maga is korlátozott, általában 320x256 pixel (azaz képpont) felbontású, viszont színes.

A tökéletes minőségű átvitelhez kiváló és zavartalan hullámterjedés, továbbá környezeti zavarmentes vétel szükséges. De nincs annál nagyobb élmény, ha távoli kontinensekről, ha nem is tökéletes, de értékelhető, felismerhető képeket tudunk cserélni ott élő amatőr barátainkkal. A dolgokat természetesen a számítógépre telepített szoftverek intézik, az adóoldalon a képet hanggá, a vevőoldalon a vett hangot képpé alakítják. Magát a képet elmenthetjük akár hang-, akár képfájlba. Természetesen a képfájl gazdaságosabb.

Az SSTV hangja elég sajátos. Az alábbiakban hallgassuk meg egy képátvitel részletét:

[Klip SSTV]

Amennyiben visszaemlékszünk a géptávíró hangjára, fülre jól megkülönböztethető különbséget tapasztalunk. Kis gyakorlattal tehát füllel is felismerhető, hogy milyen digitális üzemmódot hallunk.

Az SSTV képet szokás feliratozni, ebben az SSTV programok maguk segítenek. Az összeköttetéshez tartozik a hívójelünk ráírása a képre, a partnerünk képének vételi jellemzése, a QTH-nak, azaz az állomáshelyünk és a nevünk közlése, valamint az összeköttetést záró üdvözlő szövegek és hívójelek felírása.

Az SSTV üzemmódnak számos képátviteli formája lehetséges (azaz sok, egymástól eltérő képfelbontási eljárás létezik). Szerencsére a számítógépes SSTV programok fel vannak készítve arra, hogy automatikusan felismerjék a vett formát. Vannak azonban kialakult eljárások, amiket általában a hullámsávtól függően alkalmazni szoktak. A képátvitel sáv szélessége 1100 Hz, a hangfrekvenciás sávban a szinkronjel 1200 Hz-en van, a spektrum legmagasabb frekvenciája 2300 Hz. A jó vételhez célszerű a jelre pontosan ráhangolni, amit az SSTV program is segít.

Az SSTV-t számosan kedvelik, rajongói egzotikus helyekről kapott, vagy éppen vicces képgyűjteményekkel szoktak büszkélkedni. Rövidhullámon az USB-t, azaz a felsőoldalsávot modulációt használjuk.

– *** –

Rádióamatőr üzemmódok – Egyéb digitális jelátvitel (A rádióamatőr – 72. rész)

Az SSB modulációval kisugárzott hangfrekvenciás digitális információátvitel egyik szintén népszerű módja az úgynevezett **PSK**, azaz a fáziseltolódásos billentyűzés.

Ennek az üzemmódnak a lényege az, hogy egy állandó frekvenciaértékű hangot a számítógépből nyert, a karaktereknek megfelelő soros bitekkel, azaz négyszögjelekkel vezérelünk úgy, hogy a négyszögjel felfutó és lefutó éle leállítja a hangfrekvencia szinuszos jelét, majd azonnal újra indítja a hangfrekvencia folyamatot. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a hang frekvenciája kis mértékben megváltozik minden felfutáskor és lefutáskor, mert eltolódik a fázisa.

A PSK jelsorozatot a számítógép tudja előállítani és dekódolni, azaz karakterekké visszaalakítani. Ebben az üzemmódban csak karakterek, vagyis szöveg átvitele lehetséges.

Hallgassunk meg egy tipikus PSK jelet: [klip-1-PSK]

A PSK módnak számos változata létezik, beleértve a kódolás és dekódolás módját, valamint az átviteli sebességet. Zavart, zajos vétel esetén a szöveg zavart lehet, fals karakterek jelennek meg, és ez a jelenség minden nem hibajavító digitális rádióátvitelre igaz, beleértve az RTTY-t és a zavaros képű SSTV-t is.

A PSK előnye, hogy kis teljesítménnyel is viszonylag jó eredményt produkál a karakteres átviteli üzemmódokban.

Vannak olyan digitális üzemmódok, amelyek a zaj alatti jeleket képesek bonyolult számítások segítségével értelmezni. Ezekre általában az a jellemző, hogy minél hosszabb ideig tart az adási, ezzel a vételi periódus, annál biztosabban ismerik fel az átvitt karaktert.

Ezek egyik jellemző programja a JT65HF, amit rövidhullámon használunk. A JT65HF 1 perces adási és vételi periódusokkal dolgozik, ezalatt korlátozott számú karaktert lehet

átvinni zaj alatti jelekkel, amelyet egy, a frekvenciáját lassan változtató folyamatos hangfrekvenciás jelként állítunk elő és SSB módban sugározunk ki.

Hallgassunk meg egy tipikus JT65HF jelet: [klip-2-JT65HF]

Hasonló elven működnek a Föld–Hold–Föld visszaverődéses, zaj alatti jelekkel történő kommunikációs módok, a JT megoldást pont ilyen esetekre dolgozták ki eredetileg.

Számos más digitális üzemmódot ismerünk és alkalmazhatunk a rádióamatőr gyakorlatban. Mindegyik jellemzője, hogy mind az adó-, mind a vevőoldalon számítógépet igényel a kódolás és dekódolás. E sorozat keretében nincs mód áttekinteni az összes digitális üzemmódot. Akit érdekel e téma, számos irodalmat, programot és megoldást talál az interneten.

Megállapíthatjuk, hogy a rádióamatőr két klasszikus üzemmódja a távíró és a távbeszélő üzemmód. E két üzemmód vételénél mindenféleképpen az emberi agy végzi a dekódolást, géppel, segédeszközzel azonban az adás vagy annak egy része megoldható.

A digitális üzemmódok mindenféleképpen gépi támogatást igényelnek, az ember szerepe ezekben az üzemmódokban a gépek működtetése az összeköttetés létrehozása érdekében. A legnépszerűbb digitális üzemmódok a géptávíró, az SSTV képátvitel és a PSK szövegátvitel.

A következő részben a frekvenciamodulációval kezdünk foglalkozni.

– *** –

Rádióamatőr rövidítések bővített gyűjteménye *(letölthető pdf):*

<http://ha2mn.hhx.hu/Downloads/Abbreviations-ext.pdf>

A „bővített” azt jelenti, hogy a minimalista vizsgakövetelményekhez képest a gyakorlatban előforduló minden eddigi ismert lehetséges esetet igyekeztem összeszedni – bár így sem teljes a rövidítések szótára.

Q-kódok bővített gyűjteménye *(letölthető pdf):*

<http://ha2mn.hhx.hu/Downloads/Q-codes.pdf>

A Q-kód ITU ajánlás – nem változik.

Jegyezte: HA2MN
2010–2015.

(Az előadássorozat a Hajdú QTC havi adásaiban folytatódik.)