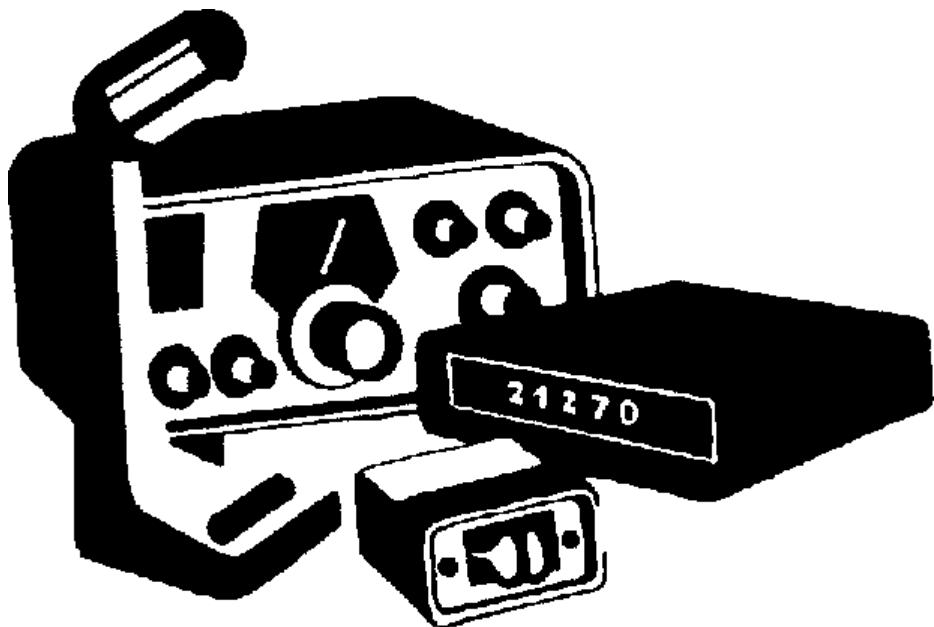




Rádióamatőr vizsgára felkészítő jegyzet
alapfokú (CEPT-Novice) vizsgához
Tanfolyami jegyzet

12. átdolgozott kiadás



Rádióamatőr alapismeretek

Szerzők:

Czigány Róbert HG5PK
Jónap Gergő HG5OJG
Kovács Levente HA5OGL
Novák Tibor HG5CUT
Füredi Péter HA5LC
Csahók Zoltán HA5CQZ

2015. szeptember 27.

1. fejezet

Rádióamatőr alapismeretek

1.1. Bevezetés

1.1.1. A jegyzet megszületésének okai

A rádióamatőr mozgalomhoz való csatlakozás hazánkban viszonylag egyszerű folyamat, le kell tenni a hatósagnál a rádióamatőr vizsgát, és az engedély birtokában lehet rádiózni. Ez tényleg egyszerűen hangzik, de a vizsga letételéhez szükséges ismeretanyag beszerzése és elsajátítása nem ilyen egyszerű folyamat. A hatóság minden érdeklődőnek azt tanácsolja, hogy forduljon a rádióamatőr klubokhoz, ahol megfelelő ismeretanyagot szerezhetnek és felkészülhetnek a vizsgára...

Sajnálatos módon a mai rádióamatőr klubok nagy része alig fordít valami erőfeszítést az utánpótlásra, vizsgára készülők segítésére. Tömegével tűnnek el a klubok, még azok is, amelyek annak idején nagyok voltak, és sikeresek. Ezt a problémát elsősorban napjainkban a szabadidő hiánya, hobbi célra fordítható források hiánya okozza, továbbá az Internet és mobil világ térhódításának is köszönhető.

Ezt a jegyzetet a HA5KDR klub tagjai azért készítették, hogy segítse a kezdő amatőrök beilleszkedését az amatőr társadalomba és a jelenleg hatásos jogszabályoknak megfelelő vizsga letételében segítse őket. Nagyon fontos, hogy ez a jegyzet *egy felkészülést segítő anyag*, ami nem tartalmazza a rádióamatőr tevékenységhez szükséges átfogó ismeretanyagot, hanem csak a vizsgához szükséges alapismeretek vannak benne összeszedve. Ez két okból van így: elsősorban terjedelmi korlátok, másrészt ez a jegyzet a HA5KDR rádióklub tanfolyamán használt „tankönyv”. A jegyzet alapja az 1978-ban megjelent „Rádióamatőrök kézikönyve” című mű, amely – ugyan – nem ma íródott anyag, de a benne leírt forgalmazási és műszaki ismeretek többsége a mai napig jól használható ismeret.

További célunk, hogy a magasabb kategóriás vizsgák anyagával kibővítjük eme jegyzetet, és akkor talán adhatjuk ugyanezt a címet művünkhez. Sok ábrát kölcsönözünk a fent említett könyvből, és még többet újrarendezzük, hogy színesebbé és érthetőbbé tegyük a leírt anyagot.

A tanfolyam hallgatói részére levelező listát is működtetünk, ahol lehetőség nyílik a tananyaggal kapcsolatban felmerült kérdések megbeszélésére. A jegyzet digitális melléklete, az aktuálisan frissített tartalommal, a hallgatóink részére klubunk honlapjáról letölthető: <http://www.ha5kdr.hu/projektek/oktatas/anyagok>

A HA5KDR rádió klub nevében a jegyzet készítői bíznak abban, hogy ez a jegyzet megkönnyíti a felkészülést a vizsgára, továbbá, hogy kellő alapot nyújt a magasabb szintű vizsgák letételére vállalkozó amatőröknek; végezetül kívánjuk, hogy sikeres rádióamatőr legyen e jegyzet olvasója!

A jegyzet szerkesztői (HA5OGL, HG5OJG)

1.1.2. A Rádióamatőr mozgalomról

Mielőtt, a jegyzet ismeretanyagában elmélyülve azon gondolkodnánk, hogy „miért kell ezt mind megtanulni és hol hasznosítható ez a tudás?”, szeretnénk pár mondatot írni arról, hogy "Kik azok a rádióamatőrök."

A köznapi nyelvhasználatban az *amatőr* szó jelentése alatt olyan személyt értenek, aki egy adott dologgal nem hivatás szerűen foglakozik, esetleg szakképesítés nélkül hódol szenvedélyének. Viszont a rádióamatőrök azok a *szabályszerűen jogosított* személyek, akik a híradástechnikával csupán személyes érdeklödésből, anyagi érdek nélkül foglalkoznak, sokszor csak a szabadidejük hasznos eltöltése céljából, hobbiból. A kísérletező kedvű rádióamatőrök sok időt, pénzt és energiát áldozva kedvtelésüknek, keresik az új lehetőségeket. Tevékenységük közben sok ismeretre tesznek szert, sőt kísérleteik eredményét helyenként még ma is hasznosítják a professzionális kutatók. Ez nem csak öncélú kikapcsolódás, hanem igen komoly szakmai tanulmány is lehet. Azon fiatalok, akik már gyermekkorban érdeklődnek az elektronika, rádiotechnika, számítástechnika iránt, vagy már művelői valamely területnek, később kiváló szakemberekké válhatnak. A rádióamatőr mozgalom történetében külön fejezetet érdemelne azoknak az eseményeknek a sora, amikor a rádióamatőr mindenkor segítőkézségét példázzák. Vézhelyzetek, természeti katasztrófák (árvízveszély, földrengés, hóvihar, légi, tengeri balesetek) esetén hírháló létrehozásával is együttműködnek a nemzeti és nemzetközi hivatalos szervekkel.

Történelmi oldalról tekintve a rádióamatőrizmus egyidős magával a rádióval, létezését Marconi kísérleteitől számíthatjuk. A XX. század elején sok szakember és rádióamatőr kísérletezett a rádiózással, vállvetve dolgoztak minden jobb berendezések kifejlesztésén és az éter meghódításán. A kezdeti kísérletek után a kormányzatok bevezették az engedélyezési eljárást és szétválasztották a rádióamatőr- és műsorszóró sávokat. Az I. világháborúban a rádióamatőrök a kísérletezést kénytelenek voltak mellözni és híradósként tevékenykedtek. Ez időszak alatt sok tapasztalatot szereztek a rádióhullámok terjedéséről és egyre nagyobb távolságokat voltak képesek áthidalni rádióhullámok segítségével. A 20-as évek elején, belátva a rádióamatőrök tevékenységének hasznosságát, nemzetközi konferencián jelölték ki a rádióamatőrök által használható frekvenciasávokat (160 m, 80 m, 40 m, 20 m, 10 m). Ezekhez a sávokhoz azóta számos további társult, elsősorban a rövidebb hullámsávok használatának köszönhetően. A magyarországi rádióamatőrizmus a 20-as évek elején jelent meg, majd 1927-es évben alakult az első klub (Műegyetemi Rádió Klub). A 30-as években már több mint 500 rádióamatőr és további néhány rádióamatőr klub működött az országban. Megalakult a hivatalos szervezet is (MRAE), amely 1937-ben MRAOE-re változtatta a nevét. A II. világháború után nehéz idők következtek a rádióamatőrök számára is: többször próbáltak szövetséget létrehozni, működtetni, amelyek több politikai csata áldozataivá váltak. Végül a mozgalmat beolvastották az MHSZ-be (Magyar Honvédelmi Szövetség), így a rádióamatőrizmus hazánkban a rendszerváltásig az MHSZ keretein belül működött. 1989-ben sok változás mellett átalakult a mozgalom is és teljesülhetett sok rádióamatőr vágya: megalakították az első önálló szervezetet a Magyar Rádióamatőr Szövetséget (MRASZ). A '90-es évek elején már több mint 4000 engedélyes rádióamatőr volt hazánkban, tevékenységüket szabadabban folytathatták, mint a rendszerváltás előtti időszakban. Így olyanok is engedélyt szerezhetek, akiknek azelőtt erre nem volt lehetőségek. Végül a 2000-ben született KHVM rendelet (7./2000 KHVM rendelet) értelmében pedig a rádióamatőr tevékenység jogi szabályozása is valóban „rendszerelt” mehetett keresztül. A rendeletben számos rádióamatőröt érintő probléma szabályozottá vált, többek között a vizsgáztatás, az engedély megszerzése is. A 8/2002 (XII. 25.) IHM rendelet megszületése nem hozott sok új jogi szabályozást, de sikerült egy-két igen elhibázott jogi lépést elkövetni, amely az amatőrök között nem okozott osztatlan sikert, továbbá a vizsgáztatás és engedélykiadás is hasonlóképp „fejetlenné” vált néhány területen. Ezt a rendeletet váltotta fel a 6/2006. (V. 17.) IHM rendelet. Ennek a rendeletnek a megszületését hosszú egyeztetés előzte meg, a rádióamatőrök képviselőivel, továbbá a rendelet megszületését az EU jogharmonizáció is szükségessé tette. Így letisztult a vizsgakövetelmény rendszere, az engedélyek rendszere átvette a nemzetközi (EU) formát, továbbá feloldásra került az RH sávok használatának táviróvizsgához való kötése! Így letisztult a táviróvizsga funkciója: csak táviróvizsgával használható a táviró üzemmódban, minden sávon! További apró módosításokkal a 15/2013. (IX.25.) NMHH rendelet érvényes jelenleg a rádióamatőr szolgálatok részére.

A rádióamatőrknek kötelezően előírt forgalmi, és műszaki vizsgát kell tenni, (úgynevezett rádiós KRESZ-t). A "szabályszerű jogosítványt" az adóengedélyt a Nemzeti Média és Hírközlési Hatóságnál (közismertebb nevén NMHH-nál) vizsgával lehet megszerezni. A vizsga követelményeiről bővebben a fejezet végén található írásunk. A rádióamatőr elnevezés nemzetközileg elfogadott hivatalos minősítés. Azon személy, aki rendelkezik rádióamatőr vizsgával, rádióadó berendezést üzemeltethet a kijelölt frekvencia sávokban, különböző üzemmódban,

rádióamatőr célra. A közismert CB (PMR)-rádiózáshoz vizsga nem szükséges. Az amatőrrádiózás és a CB (PMR)-rádiózás két különböző dolog és "fogalom".

Az egész világon népszerű ez a hobbi, napjainkban közel 3 millió a kiadott engedélyek száma, évi 7%-os növekedés tapasztalható. (Hazánkban 3 ezer engedélyes rádióamatőr van jelenleg). A Földön szinte nincs olyan ország, ahol ne lenne rádióamatőr. Olyan kis szigeten, ahol kevés vagy egyáltalán nincs lakosság, oda expedíciókat szerveznek a rádióamatőrök. Azonban már a világürben keringő ūrálomáson is megtalálható a rádióamatőr készülék. A rádióamatőroknek saját műholdjuk is kering a világürben (nem is egy). Nemzetközi együttműködés keretein belül készítik a részegységeket a világ számos Műszaki Egyetemein tanuló diákok, s tanárok.

A rádióamatőrok munkájuk során legtöbbször az összeköttetés útján találkoznak egymással. A rádióamatőr életében viszont fontos a szakmai fejlődés, önképzés, az ismeretek bővítése. Ebben nagy segítséget nyújtanak a rádióamatőr klubok, melyekben lehetőség nyílik a kollektív munkára, konzultációkra, utánpótlás képzésére.

A rádióamatőrré válás általában hosszabb folyamat. Koronként és személyenként is változó lehet. Rádióklubjainkat nap, mint nap minden több érdeklődő keresi fel az örök kérdéssel: "Hogyan leheték rádióamatőr?". Nos, hazánkban hivatalos rádióamatőr tanfolyam és képzés - a hatóság által szervezett formában - nem létezik. Az utánpótlás nevelésével elsősorban a rádióamatőr klubok foglalkoznak. Tehát, célszerű az utánpótlás neveléssel foglakozó klubokat megkeresni, ahol általában lehetőséget adnak arra, hogy rádióamatőr tanfolyamra beiratkozzunk.

A Budapest Fővárosi Rádióamatőr Klub is szervez vizsgára felkészítő tanfolyamokat, mely tananyagát a 15/2013. (IX.25.) NMHH rendelet témakörei szerint összeállított Rádióamatőr Vizsgára Felkészítő jegyzet képezi. Ezen jegyzetet a HA5KDR klub tagjai azért készítették, hogy segítse azokat, akik rádióamatőrökkel szeretnék válni, abban, hogy sikeres vizsgát tegyenek. Egyben hiánypótlásnak is tekinthető, mivel kevés "jó minőségű" felkészítő anyag létezik, nem beszélve azokról, amik az új jogszabálynak megfelelnek.

1.2. Rádióamatőrökkel fogalakozó nemzetközi és nemzeti szervezetek

1.2.1. Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU)

Az International Telecommunication Union (ITU) koordinációs feladatakat lát el a nemzetközi távközlési szervezetek, kormányok és a magánszektor között a globális távközlési hálózatok és szolgáltatások területén. Az ITU székhelye jelenleg Genfben van.

Az ITU egységei:

- ITU-R: távközlési ajánlásokat készít,
- ITU-T: távközlési szabványokat alkot,
- ITU-D: távközlési fejlesztési iroda.

1.2.2. Nemzetközi Rádióamatőr Szövetség (IARU)

Az International Amateur Radio Union (IARU) országokat képviselő tagszervezetekből épül fel. Az IARU 1925-ben Párizsban jött létre azért, hogy a világ rádióamatőr közösséget összefogja és érdekeit képviselje. Magyarországi tagszervezete a MRASZ.

Az IARU tevékenysége:

- Tagszervezetek koordinálása, tevékenységük nemzetközi felügyelete,
- QSL irodák nemzetközi szintű koordinálása és felügyelete,
- WRC (World Radiocommunication Conference) konferenciákon az amatőr érdekképviselet ellátása (az IARU-nak köszönhető a: 10, 18 és 24 MHz-es sáv, továbbá a 7 MHz kiterjesztése (2003-ban)),
- Rádióamatőr aktivitás növelése (versenyek szervezése), pl.: IARU contests,
- Számos rádióamatőr projekt menedzselése (jeladók stb.)

1.2.3. Magyar Rádióamatőr Szövetség (MRASZ)

A Magyar Rádióamatőr Szövetség a szervezett rádióamatőr tevékenység feladatainak ellátására létrehozott országos sportági szövetség, mely önkormányzati elv alapján az Alapszabály szerint tevékenykedő, nyilvántartott tagsággal rendelkező szövetsége a bíróság által bejegyzett sportági társadalmi szervezeteknek.

A szövetség szervezi, irányítja és ellenőrzi a rádióamatőr sportágban és a szervezett rádióamatőr tevékenységen megjelenő feladatok végrehajtását, képviseli a sportág és tagjainak érdekeit, közreműködik az állami sportfeladatok ellátásában, részt vesz a nemzetközi rádióamatőr szervezetek munkájában, továbbá kapcsolatokat épít ki és tart fenn a külföldi rádióamatőr szövetségekkel.

A szövetség tagja a Nemzeti Sportszövetségeknek, valamint a nemzetközi rádióamatőr szervezetnek, az IARU-nak, a területileg illetékes IARU Region 1 szervezeti tagságon keresztül.

A szövetség célja:

- A rádióamatőr sportági versenyzők és a rádióamatőrok összefogása, tevékenységük szervezése, összehangolása és irányítása. Megteremti - a társadalom minél szélesebb rétegei számára – a rádióamatőr sportban és tevékenységen való részvétel és a versenyzési tevékenység lehetőségét:
 - a.) versenysport tevékenységek,
 - b.) önképzési, szervezett szakmai továbbképzési, oktatási és utánpótlás-nevelési tevékenységek,
 - c.) műszaki fejlesztési, konstrukciós, tervezési és kísérletezési tevékenységek,
 - d.) általános és speciális rádióforgalmi tevékenységek
- feltételeinek biztosításával. Elősegíti ezzel a rádióamatőrok szakmai általános és speciális műszaki műveltsége szintjének emelését, a sportolók eredményességének növelését a rádióamatőr tevékenység folyamatos fejlesztését és társadalmi elismertségének növelését.
- Képviseli és érdekvédelmi feladatok ellátása hazai és nemzetközi szervezetekben, államigazgatási szerveknél, hivataloknál, egyéb fórumokon.
- A megszerzett elvi ismeretanyagok, gyakorlati tudás és a rádiótechnikai eszközállomány felhasználásával a társadalom érdekében végzett munkák kiszélesítése, valamint segíteni az élet és vagyonbiztonság megovását, a rendezvényi, készenléti, segély- és vészbeli hírszolgálatokban való aktív részvétellel.
- Törekvés a professzionális híradástechnika munkáiba való bekapcsolódásra, a tudományos és fejlesztő szervezetek, intézetek és vállalatok feladatainak megfigyelésekkel és kísérletekkel való támogatása által.
- Tagként való részvétel az International Amateur Radio Union (IARU) Region 1 munkájában. A szövetség megbízottainak, tisztségviselei részvételével, az IARU egyes munkacsoportjaiban vagy szerveiben tagként vagy tisztségviseleként sportdiplomáciai tevékenység folytatása.
- A népek közötti megértés és barátság elősegítése.

1.3. Rádióamatőrekre vonatkozó jogszabályok

1.3.1. Hazai szabályozás

A rádióamatőrekre elsősorban a nemzeti szabályozások az elsődlegesek, hazánkban a jelenleg hatályos jogszabály: 15/2013. (IX.25.) NMHH rendelet, és a nemzeti szabályozások után a nemzetközi szabályok következnek.

1.3.2. A Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) Rádiótávközlési Szabályzatából

Rádióamatőr szolgálat

Amatőrszolgálat: olyan távközlési szolgálat, amelynek célja az önképzés, az információcsere, a műszaki fejlődés, és amelyet erre szabályszerűen felhatalmazott amatőrök végeznek, akik a rádiótechnikával csak személyes érdeklődésből és anyagi érdek nélkül foglalkoznak.

Műholdas amatőrszolgálat: rádiótávközlési szolgálat, amely a Föld műholdjain elhelyezett őrállomásokat használja fel ugyanarra a célra, mint az amatőrszolgálat.

Rádióamatőr állomás

A rádióberendezés (a rádióadó, adó-vevő berendezés), a tápellátását szolgáló tápegység, az antenna és tartozékai (pl. antenna kábel) együttesen alkotják a rádióállomást, amatőr szolgálat esetén a rádióamatőr állomást.

1.3.2.1. A Nemzetközi Rádiószabályzat 25. cikkelye a rádióállomások azonosításáról

A Nemzetközi Rádiószabályzat 25. Cikkelye szerint minden rádióadást azonosítani kell. Az amatőr szolgálatban minden adásnak tartalmaznia kell az azonosító jelet, amely amatőrállomás esetében a hívójel. Tilos hamis vagy félrevezető azonosító jelet adni.

Az azonosító jel adható beszéddel (egyszerű amplitúdó- vagy frekvenciamoduláció használatával), kézi ütemmel adott nemzetközi Morse-kóddal, a hagyományos távgépíró kóddal, vagy más, a CCIR által javasolt formában.

Az adott Cikkely határozza meg a hívójelek képzésének módját is. A hívójel az ABC 26 betűjéből továbbá számjegyekből állhat (ékezetes betűk nem használhatók). Nem alkalmazhatók hívójelként olyan kombinációk, amelyek pl. vészjelekkel téveszthetők össze, vagy a rádiószolgálatnál rendszeresített rövidítésekkel egyeznek meg. (Amatőr állomások hívójele nem lehet olyan kombináció, amely számokkal kezdődik és második jegye O vagy I betű.) Az első két jelnek két betűnek, vagy egy betűnek kell lennie, amelyet egy számjegy követ, vagy egy számjegynek, amit egy betű követ.

A hívójel első két (egyes esetekben első) jele képezi a nemzeti azonosítót. A magyar rádióamatőr hívójelek HA vagy HG betűkkel kezdődnek.

1.3.3. Rádióamatőr frekvenciasávok

Az ITU megfelelő régiójában kijelölt frekvenciatartományban az egyes országok nemzeti hatóságai határozzák meg az amatőrök által használható frekvenciákat. (A vizsga, illetve az engedély fokozatától függően az engedélyezett frekvenciatartományok, vagy üzemmódok különbözők lehetnek).

Magyarországon valamennyi rádiósáv felosztásáról rendelkezik a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatának (FNFT) megállapításáról szóló 304/2011.(XII. 23) Kormányrendelet módosítás, valamint a frekvenciasávok felhasználási szabályainak megállapításáról szóló 7/2011. (X.6) NMHH rendelet

(A sávok listáját lásd később.)

1.3.4. A rádióamatőr szolgálatok jogállása

Egyes esetekben ugyanazt a frekvenciasávot több, különböző rádiószolgálatnak is kiadják. Az FNFT ebben az esetben meghatározza, hogy az adott sávban melyik szolgálat az elsődleges, és melyik a másodlagos jogállású.

Az ilyen, más szolgállattal megosztott frekvenciasávban a másodlagos jogállású állomás köteles törni az elsődleges jogállású állomástól származó zavartatást, ugyanakkor ő nem okozhat zavart az elsődleges szolgálatnak.

A rádióamatőrök a részükre kijelölt frekvenciasávok egy részét kizárálagosan használhatják, más részét másokkal megosztva, utóbbi esetben a sáv különböző tartományaiban elsődleges ill. másodlagos felhasználóként.

Az amatőrszolgálat jogállását is tartalmazó részletes frekvenciatáblázat a rádióamatőrökre vonatkozó jogszabályban (15/2013. (IX.25.) NMHH rendelet) megtalálható.

1.3.5. A Postai és Távközlési Igazgatások Európai Értekezlete (CEPT) által kiadott szabályozások

A T/R 61-01 és T/R 61-02 Ajánlások

A CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) tagállamai megállapodtak abban, hogy egységes rádióamatőr képzési és vizsgáztatási rendszert (Harmonized Amateur Radio Examination Certificate = HAREC) vezetnek be, és a HAREC alapú amatőrvizsgát kölcsönösen elismerik. A T/R 61-02 Ajánlás a HAREC vizsga követelményeit tartalmazza.

Ugyancsak megállapodtak abban, hogy azoknak a rádióamatőröknek, akik a T/R 61-02 ajánlás szerinti HAREC vizsgát tettek, a tagállamok CEPT kategóriájú amatőr rádióengedélyt állíthatnak ki, és az ilyen engedéllyel rendelkező amatőrok egymás országaiban tett rövid látogatásai alkalmával – a vendéglátó ország szabályait betartva – minden további előzetes engedély beszerzése nélkül forgalmazhatnak. Mindezt a T/R 61-01 Ajánlás tartalmazza.

A T/R 61-01 Ajánlás alapján tevékenykedő nem CEPT tagországok helyzete

A CEPT szabályai a CEPT ajánlásait elfogadó nem CEPT tagországokra is vonatkoznak. Így pl. Magyarországon is elismerik a nem CEPT tagországban kiadott, HAREC jelzésű amatőr vizsgabizonyítványt, és annak alapján magyar amatőr rádióengedély kérelmezhető.

1.3.6. Nemzeti törvények, szabályozások, engedélyezési feltételek

Rádióengedély, amatőrvizsga

Magyarországon a rádióamatőr szolgálatról a 15/2013. (IX.25.) NMHH rendelet rendelkezik.

A jogszabály leszögezi, hogy amatőr rádióállomást üzemeltetni (vagy azon rádióforgalmat lebonyolítani) csak amatőr rádióengedély birtokában szabad. Az amatőr rádióállomás lehet a kereskedelemben beszerzett, a hatályos műszaki követelményeknek megfelelő rádióberendezés, vagy amatőr által, amatőr számára készített, vagy átalakított berendezés.

Önállóan csak az forgalmazhat, aki rádióengedéllyel rendelkezik.

Közösségi rádióállomáson önálló engedéllyel nem, de vizsgabizonyítvánnyal rendelkező személy CEPT fokozatú rádióengedéllyel rendelkező személy felügyelete mellett forgalmazhat.

Vizsgabizonyítvánnyal nem rendelkező, rádióamatőr vizsgára felkészülő személy (tanulási céllal) CEPT fokozatú rádióengedéllyel rendelkező oktató közvetlen irányítása mellett, az oktató vagy a közösségi rádióállomás hívójelét használva forgalmazhat.

Rádióengedélyt az a természetes személy kaphat, aki Magyarországon kiállított rádióamatőr vizsgabizonyítvánnyal (vagy külföldön kiállított HAREC vizsgabizonyítvánnyal) rendelkezik. Olyan személy is folyamodhat (ideiglenes, NOVICE) magyar rádióengedélyért, aki külföldön kiadott (nem CEPT megjelölésű) rádióengedéllyel rendelkezik.

Magyarországon a rádióamatőr vizsgát három fokozatban (kezdő, alap, HAREC) lehet letenni, melyek alapján kezdő, CEPT novice, illetve CEPT kategóriájú engedély kérelmezhető.

Sikeres vizsga esetén a hatóság kiadja jogszabály mellékletének megfelelő, többnyelvű vizsgabizonyítványt. A vizsgabizonyítvány birtokában, a jogszabály mellékletét képező ürlap kitöltésével és elküldésével kérelmezhető az amatőr rádióengedély. A rádióengedély Magyarország területén, a jogszabályban meghatározott ideig érvényes (hosszabbítását az érvényesség lejárta előtt legalább 60 nappal lehet kérni). Az engedélyben kijelölik az állomás – a jogszabályban megadott módon képzett – hívójelét.

Ha a közösségi engedélyes QTH-ja 60 napnál nem hosszabb időre megváltozik, azt előzetesen be kell jelentenie a hatóságnak. Hosszabb idő esetén az engedély módosítását kell kérni.

1.3.6.1. Hatósági ellenőrzés

Az amatőr rádióállomások üzemet a hatóság ellenőrizheti, magát a berendezést (legfeljebb 15 napig tartó) laboratóriumi mérésnek vetheti alá. Előírhatja, hogy az engedélyes megadott ideig az állomás működésének bizonyos (a hatóság által meghatározott) adatait naplószerűen rögzítse (lásd a 14. fejezetben).

1.3.6.2. A rádióengedély visszavonása

A hatóság visszavonja a rádióengedélyt attól, aki:

- QTH-ja változását nem jelenti be a hatóságnak, és ezt a hatóság felszólításában közölt határidőre sem pótolja,
- akivel szemben ezt a bíróság jogerős ítéettel elrendelte,
- aki ellen harmadik alkalommal hoztak a rádióamatőr tevékenységgel kapcsolatos, jogerős, elmarasztaló szabálysértési döntést.

Az engedély nélkül működő rádióállomás üzemeltetője ellen szabálysértési eljárást indítanak, magát a berendezést a hatóság lepecsételheti vagy elkobozhatja.

1.3.7. Rádióamatőr állomásokra vonatkozó egyéb jogszabályi kötelezettségek

A rádióamatőr állomásokon használható frekvenciasávokat, legnagyobb adóteljesítményeket és adásmódot a rádióamatőr engedélyének szintje határozza meg, amelyről a 15/2013. (IX.25.) NMHH rendeletben (a jogszabályban) szereplő táblázatból (milyen sávokon, milyen teljesítmény és üzemmód használható) tájékozódhatunk.

Rádióamatőr állomásnak a forgalmazás során törekedni kell arra, hogy a kisugárzott teljesítmény a legnagyobb megengedett szinten belül ne lépje túl az összeköttetés biztonságos fenntartáshoz szükséges értéket.

A rádióamatőr köteles betartani a 0Hz-300GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről szóló miniszteri rendeletben foglaltakat.

Az amatőrállomás által okozott, illetve türt rádiózavarokra vonatkozóan az Eht. 68. §-a és a polgári frekvenciagazdálkodás egyes hatósági eljárásairól szóló miniszteri rendelet rendelkezéseit kell alkalmazni.

A rádióamatőr állomások adó és adóvező berendezésein végzendő beállítási, javítási és mérési feladatokat lezáró ellenálláson (műantennán) kell elvégezni.

Rádióamatőr állomásnak forgalmazás során az alábbi iratokat a rádióamatőr állomás helyén kell tartani:

1. Általános követelmény:
 - a. rádióamatőr engedély,
 - b. forgalmi napló,
 - c. rádióamatőr állomás műszaki leírása, tömbvázlata, saját készítésű berendezések kapcsolási rajza.

2. Továbbá különleges állomások esetén:

- a. Közösségi és különleges engedéllyel rendelkező rádióamatőr állomás esetében az állomás helyén kell tartani a felsoroltakon kívül az állomáson rádióamatőr tevékenységet folytató személyek névjegyzékét, működési jogosultságuk sávhasználat és adásmód szerinti feltüntetésével.
- b. Mozgó rádióamatőr állomás és a nem telepítési helyen történő forgalmazás esetén a rádióamatőr engedélyt, vagy a rádióamatőr igazolványt, továbbá a személyazonosságot igazoló iratokat kell kéznél tartani,
- c. Személyzet nélkül működő állomás esetén az iratokat az állomáson vagy az üzemen tartó címén kell tartani.

1.4. Az amatőrállomás fajtái

A kiadott amatőr engedély szerint az amatőrállomás lehet:

- egyéni,
- közösségi, vagy
- különleges amatőrállomás.

Egyéni amatőrállomást egy természetes személy tart üzemen.

Közösségi amatőrállomást rádióamatőr közösségi tart üzemen.

Különleges amatőrállomás az egyéni, illetve közösségi üzemen tartástól függetlenül:

- a rádióamatőr átjátszó állomás, amely alkalmas a különféle adásmódú, rádióamatőr célt szolgáló adás automatikus továbbítására azonos rádióamatőr sávon belül vagy különböző rádióamatőr sávok között;
- a rádióamatőr jeladó állomás, amely általában folyamatos működésű, felügyelet nélküli amatőrállomás egy adott helyen, és amely meghatározott időnként azonosító információt – a köztes időszakban modulálatlan vivőt – sugároz az elektromágneses hullámok terjedésének tanulmányozására, vizsgálatára, az amatőrállomás berendezéseinek ellenőrzésére vagy egyéb rádióamatőr tevékenység elősegítésére;
- a rádiós tájfutó versenyen elhelyezett amatőrállomás;
- a rádióamatőr kapuállomás, amely rádióamatőr átjátszó állomások összekapcsolását megvalósító amatőrállomás;
- a rádióamatőr információt sugárzó amatőrállomás;
- a rádióforgalmi versenyen működtetett amatőrállomás (a továbbiakban: versenyállomás);
- a nemzeti ünnep, történelmi évforduló, közismert személyről való megemlékezés, vagy egyéb rendezvény alkalmából működtetett amatőrállomás (a továbbiakban együtt: alkalmi amatőrállomás).

1.5. Hívójelek

A rádióamatőr állomásokat fontos, hogy azonosítani lehessen. Továbbá fontos, hogy ez az azonosító szabványos legyen, és egyedi. Mivel csak ezzel biztosítható az, hogy a világ bármely rádióamatőr állomása megkülönböztethető legyen. Ez az azonosító a rádióamatőr hívójel. A hívójelek képzésének nemzetközi rendszerét az ITU határozta meg a Nemzetközi Rádiószabályzat 19. pontjában. A hívójelek országokhoz rendelése a szabályzat 42. mellékletében illetve az európai prefixek itt a jegyzetben is szerepelnek.

1.5.1. Hívójelek formája

A hívójel angol betűk és/vagy arab számjegyek nem üres véges sorozata.

Részei:

- *előtag, prefix*: a hívójel első része, általában a hívójelben szereplő számjegy(ek) végéig tart. A prefix első, általában 1-3 karaktere arra az országra utal, ahol az állomás üzemel. Ezeket az ország-kijelölő jelzéseket az ENSZ távközléssel foglalkozó szervezete, az ITU jelöli ki; a prefix további részét az egyes nemzetek saját hatáskörben osztják ki,
- *utótag, suffix*: a hívójel prefixet követő része, a prefixsel együtt egyedi azonosítást tesz lehetővé.

Például: A HA5KDR hívójelből a HA5 a prefix, a KDR pedig a suffix.

1.5.2. Magyar hívójel rendszer

Magyarországon az ITU ajánlásoknak megfelelően az NMHH hoz nemzeti szabályozást arra, hogy a jogszabályban előírt módon 15/2013. (IX.25.) NMHH rendelet miként képzi a hívójeleket.

A szabályozás időről-időre változik, jelenleg az alább leírt módon képezik a hívójeleket.

Magyarországi állomások számára a HA (HA0-HA9, HAA-HAZ) és a HG (HG0-HG9, HGA-HGZ) tartományokból jelölhető ki hívójel előtag.

A hívójel – az alkalmi amatőrállomás, a versenyállomás és a rádiós tájfutó versenyen elhelyezett amatőrállomás esetének kivételével – legalább 5 és legfeljebb 7 karakterből áll. Az alkalmi amatőrállomás hívójele legalább 5 és legfeljebb 10 karakterből áll. A versenyállomás hívójele 4 karakterből áll.

Különleges hívójelképzési szabály:

- HG?RV? VHF (2 méteres) fónia átátszóró, pl.: HG5RVA,
- HG?RU? UHF (70 cm-es) fónia átátszóró, pl.: HG5RUA,
- HG?BH? HF (rövidhullámú) jeladó,
- HG?BV? VHF jeladó,
- HG?BU? UHF jeladó,
- HG?P?? csomagrádió csomópont, pl.: HG5PBD,
- HA?K?? hívójeleket általában közösségi állomások (rádióklubok) kapják, pl.: HA5KDR,
- HG?[A-Z] (HG + 1 szám + 1 betű), versenyállomás, pl.: HG2T.

A prefixben szereplő szám régebben hazánkban körzetszámot jelölt, napjainkban 0-9-ig bármi kérhető.

A suffix-nál egyéni engedély esetében a „különleges hívójelképzési szabályaitól” eltérő bármely kombináció kiadható, amennyiben azt egy magasabb szintű (nemzetközi) ajánlás nem tiltja (kivéve: SOS).

A természetes személy egyéni amatőr engedély szerint egy hívójellel rendelkezhet, de különleges amatőr engedélyek alapján további hívójelekkel is rendelkezhet. Közösségi amatőr engedély szerint a rádióamatőr közösség amatőrállomás telepítési helyenként egy-egy hívójellel rendelkezhet. A közösség különleges amatőr engedélyek alapján további hívójelekkel is rendelkezhet.

1.5.3. Hívójel használata

A rádióamatőr csak a saját egyéni, közösségi vagy különleges amatőr engedélye szerinti hívójelet használhatja. Közösségi állomásról forgalmazni, illetve annak a hívójelét használni csak a közösségi állomás irányító kezelőjének engedélye és felügyelete alatt lehet. A hívójel az állomást egyértelműen azonosítja, így azt a rádióamatőr a forgalmazása során, QSL lapján és az amatőr gyakorlatban mindenhol használja, ahol az állomás azonosítására van szükség (napló stb.).

1.5.4. Hívójel használata nem az engedély szerinti telephelyről

Ha az amatőrállomás telepítési helye ideiglenesen megváltozik, az új telepítési helyről történő forgalmazás során a hívójelet a következők szerint kell kiegészíteni:

- hívójel/M földi mozgó amatőrállomás esetén;
- hívójel/MM belvízi vagy tengeri mozgó amatőrállomás esetén;
- hívójel/AM légi mozgó amatőrállomás esetén;
- hívójel/P minden más esetben.

1.5.5. Hívójel használata más országban

Abban az esetben rádiózhatunk más ország területéről, ha a rádióamatőr engedélyünk abban az országban arra feljogosít minket (CEPT országok). Adott ország területén az országban alkalmazott szabályokat vagyunk kötelesek betartani. minden CEPT ország meghatározta, hogy területén milyen sávokat és teljesítményeket használhatnak a CEPT engedélyes külföldi rádióamatőrök! Más ország területéről való forgalmazás esetén hívójelünk előtt kell rakni az ország által meghatározott karaktereket, általában a prefixet.

Ausztria: OE/HA5KDR (mobil: OE/HA5KDR/M)

Olaszország: IK/HA5KDR (mobil: IK/HA5KDR/M)

1.5.6. Fontosabb prefixek (Európa)

CT	Portugália	ON	Belgium
DL	Németország	OZ	Dánia
EA	Spanyolország	PA	Hollandia
EI	Írország	S5	Szlovénia
ER	Moldávia	SM	Svédország
ES	Észtország	SP	Lengyelország
EU,EV,EW	Belorusszia	SV	Görögország
F	Franciaország	T7	San Marino
G	Anglia	T9	Bosznia – Hercegovina
HA, HG	Magyarország	TF	Izland
HB	Svájc	TK	Korzika
HB0	Liechtenstein	UA1	Oroszország (EU része)
HV	Vatikán	ÚR	Ukrajna
I	Olaszország	YL	Lettország
IS	Szardínia	YO	Románia
LA	Norvégia	YU,YT,YZ	Szerbia
LX	Luxemburg	Z3	Macedónia
LY,UP	Litvánia	ZA	Albánia
LZ	Bulgária	ZB2	Gibraltár
OE	Ausztria	3A	Monaco
OH	Finnország	9A	Horvátország
OK	Csehország	9H	Málta
OM	Szlovákia		

Forgalmi napló (LOG)

A rádióamatőr forgalmi naplót köteles vezetni, és azt az utolsó bejegyzéstől számított legalább 5 évig megőrizni.

A forgalmi naplóban legalább az alábbi adatokat kell naprakészen feltüntetni összeköttetésenként:

- a. sorszám,
- b. dátum,
- c. forgalmazás megkezdésének ideje UTC-ben,
- d. ellenállomás hívójele,
- e. frekvencia, adásmód,
- f. összeköttetés minőségi jellemzői (R S T).

Átjátszó állomás használata esetén elegendő az átjátszón való forgalmazás tényét, kezdetét és végét a forgalmi naplóba beírni. Mozgó rádióamatőr állomás használata esetén nem kell forgalmi naplót vezetni.

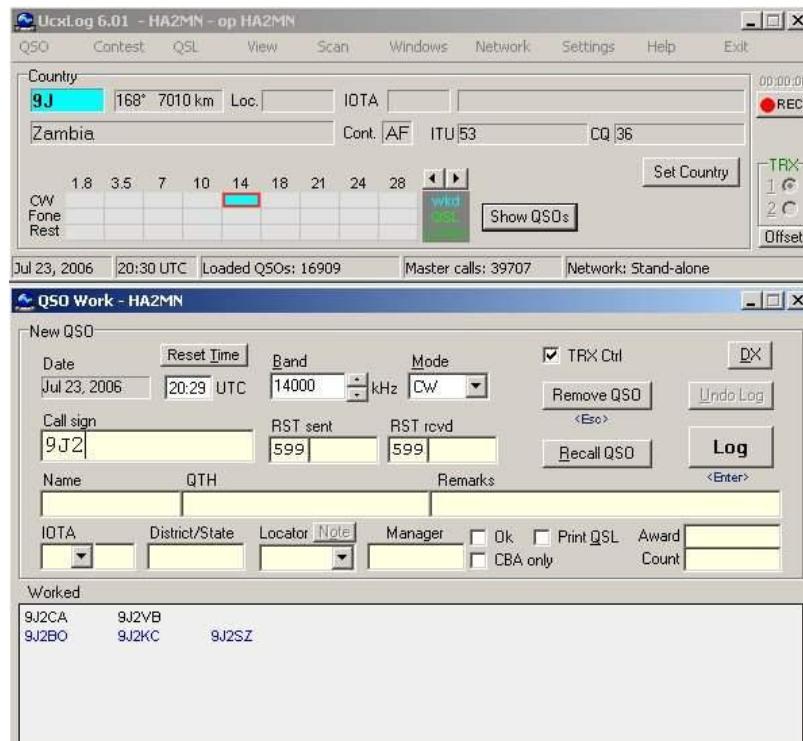
1.5.7. A forgalmi napló szerepe

- zavar, vagy más jellegű bejelentés esetén a **hatóság visszamenőleg adatokat nyerhessen** a rádióamatőr tevékenységéről.
- a **rádióamatőr vissza tudja keresni összeköttetéseit** és ezek alapján sor kerülhessen a rádióamatőr összeköttetések igazolására, akár évek, évtizedek elteltével is.
- **versenyek után a beküldött LOG alapján értékelni a versenyszervező bizottság a rádióamatőr versenyben nyújtott teljesítményét.** A LOG-ok felhasználásával nyílik lehetőség az értékelésre, rangsorolásra, eredményszámításra, szűrópróba-szerű ellenőrzésre. Az ellenőrzés a LOG-ok adatainak összehasonlításával történik. Ezért nem csak a versenyben értékelésre törekvő résztvevőknek kell beküldenie LOG-ot, erősen ajánlatos a versenyben résztvevő összes rádióamatőnek LOG-ot küldenie. Azon állomások, akik nem kívánják értékeltetni magukat, kontroll LOG - CHECKLOG-ot küldjenek.

1.5.8. A forgalmi napló formája

A forgalmi napló formájára vonatkozóan nincs előírás, a LOG lehet papír alapú vagy számítógépen vezetett (elektronikus).

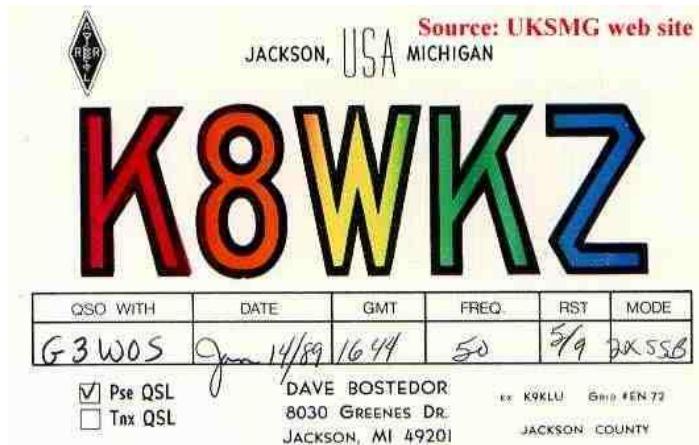
0-1. ábra Klasszikus papír alapú LOG (MRASZ-nál beszerezhető)



0-2. ábra Számítógépes LOG programok (számos program beszerezhető az Internetről)

1.6. QSL-lap

A QSL-lap a rádióamatőr összeköttetések igazolására, illetve megfigyelések vételjellemzésére szolgáló, rendszerint előrenyomtatott kártya.



1.6-1. ábra K8WKZ állomás QSL lapja (G3WOS éllomással folytatott összeköttetésről)

A QSL-lap igazolja, hogy egy adott összeköttetés valóban létrejött, az összeköttetés megtalálható az ellenállomás forgalmi naplójában (LOG) is. Ugyan egyre terjednek az elektronikus QSL-rendszerök is, ma még a QSL-lap az az igazolás, amelyet a rádióamatőr diplomához mindenkorban elfogadnak.

A QSL-lapon mindenkorban szerepelnek az alábbiak:

- saját állomás hívőjele, amellyel az összeköttetés létrejött
- az operátor neve
- saját állomás földrajzi helye (QTH lokátor)
- a partner hívőjele (To radio:, Confirming QSO with:)
- az összeköttetés dátuma
- az összeköttetés időpontja (UT / GMT-ben)
- frekvencia vagy sáv (Band, Freq, kHz, MHz, GHz)
- alkalmazott adásmód(ok) (Mode, Type)
- ellenállomás jeleinek vételjellemzése az adott adásmódnak megfelelő skálán (pl. RS / RST / RSV stb.)
- annak jelölése, hogy az összeköttetés mindenkorban ugyanazon a sávon és üzemmódban történt (two-way, 2-way, 2x) vagy esetleg keresztsávos összeköttetés volt (crossband).
- az igazolás hitelesítése (aláírás, digitális aláírás, hitelesítő bélyegző)

A QSL-lap gyakorta fényképes képeslap-jellegű, de a célnak egyszerű egyoldalas, az összeköttetés adatainak igazolására szorítkozó lapok is megfelelnek. A QSL-lap méretére, formájára vonatkozóan nincs megkötés, azonban leggyakrabban, és de facto sztenderdnek mondható a 90x140 mm méretű, vagy ekkora méretre hajtott lap. Az ettől eltérő méretű lapok kezelése, illetve továbbítása nehézségeket okoz (pl. lap meggyűrődik vagy más lapok között eltűnik).

A QSL-lapot az amatőr maga is megtervezheti rajzoló, szövegszerkesztő programmal. Célszerű előtte alaposan megismerni a már forgalomban lévő lapokat (ezek interneten, könyvekben, amatőrtársaknál, rádióklubokban fellelhetők).

A címkék használata esetén úgy kell megtervezni a felragasztás helyét, hogy az aláírás érintse a címkét is és egy része az alap QSL lapra essen. Használható kisméretű körbényegző is a címke hitelesítésére.

Az adatok beírhatók kézzel, golyóstollal, filctollal, de sohasem ceruzával.

Jól olvashatóan, "szépen" célszerű írni, hiszen a partnerek, valamint a lapok továbbításában résztvevő önkéntesek és QSL intézők idejét rabolja, amikor a nehezen olvasható írást kell megfejeniük. Soha nem szabad javítani az adatokon, a hívójelen. A javított QSL lapokat nem fogadják el diplomakérvényekben, így felesleges elküldeni, hiszen csak egy értéktelen papírdarab a partner számára. Új lapot kell kitölteni.

A QSL-lapot postai úton (Direkt lapküldés) QSL-irodán vagy interneten (eQSL) keresztül szokás elküldeni, illetve rádióstalálkozókon személyesen átadni. Egy partnernek általában elegendő sávonként és üzemmódonként egy lapot küldeni, azonban a partner kifejezett kérésére illendő olyankor is lapot küldeni, ha adott sávú és üzemmódú összeköttetésről már kapott korábban igazolólapot.

Rádióstalálkozókon szokás - névjegy helyett/mellett - lapot cserélni.

1.7. Amatőrsávok

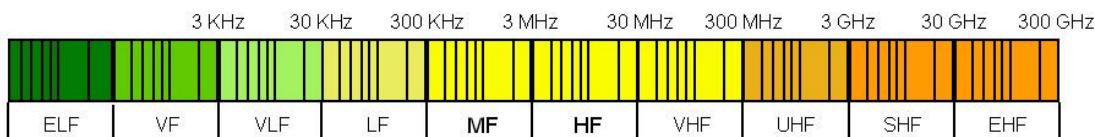
A rádióamatőr használatra kijelölt rádiósávokat nevezük amatőrsávoknak. Az amatőrsávok kijelölését szigorú nemzetközi egyezmények szabályozzák, mely amatőrsávok nemzeti használatát befolyásolhatja (korlátozhatja) a nemzeti hatóság. A rádióamatőrök részére az első igazi amatőrsávokat az ITU osztotta ki 1927-ben (RH sávok). Ezt kibővítve további sávokat kaptak az amatőrök 1938-ban, 1947-ben és 1959-ben. Az addig kijelölt sávok alkotják jelenleg is az amatőrsávok gerincét. 1979-ben tartottak egy WARC (the World Radiocommunication Conference) konferenciát Genfben, ahol újabb RH sávokat kaptak az amatőrök (10, 18, 24 MHz), amelyet az amatőrök csak „WARC”sávoknak emlegetnek.

A Földünket három rádiós körzetre osztották fel: Region 1-2-3, ami célja, hogy az egyes szolgálatok ne zavarják egymást. Magyarország a Nemzetközi Rádióamatőr Szövetség 1-es körzetébe (IARU REGION 1) tartozik, így ránk az IARU 1-es sávfelosztási ajánlás vonatkozik.

A kiosztott amatőrsávokat három csoportba sorolhatjuk:

- kizárolagos amatőrsáv: kizárolag rádióamatőr használatra kiosztott sáv.
- elsődleges amatőrsáv: rádióamatőr használatra. (elsődleges jelleggel). Más célú felhasználás is elkövethető.
- másodlagos amatőrsáv: osztott sáv, más szolgálatok is dolgoznak a sávban, akik elsőbbséget élveznek. A rádióamatőrök másodlagos jelleggel használhatják a sávot.

1.7.1. A rádiósávok felosztása és elnevezése



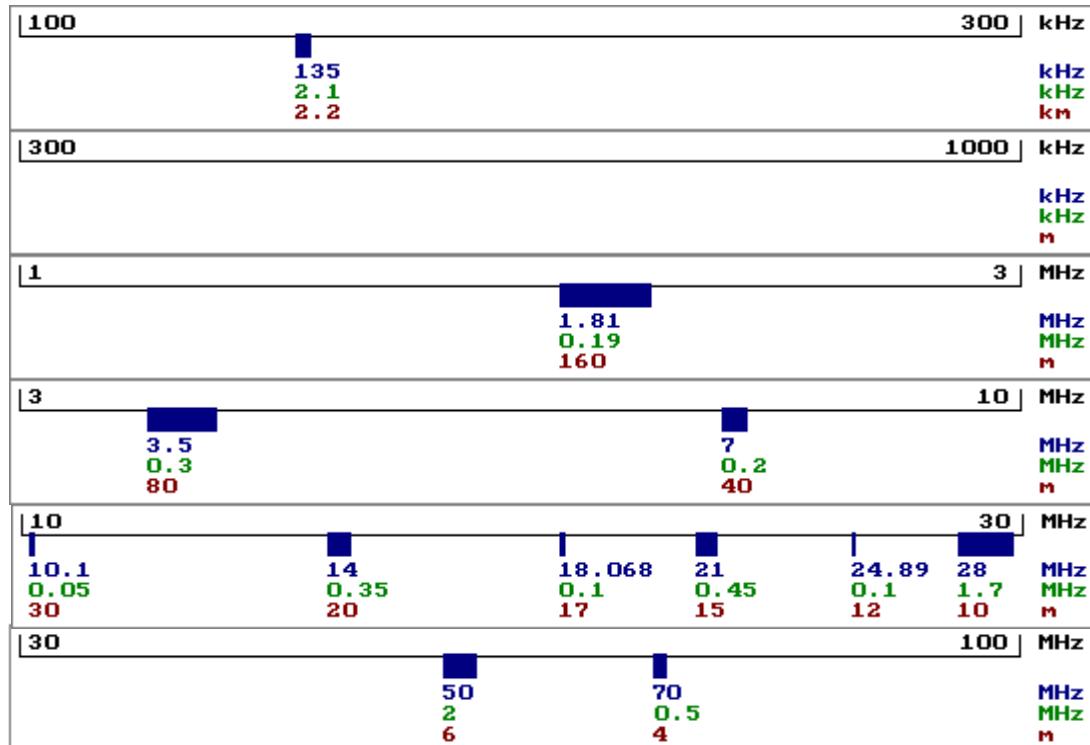
Neve	Frekvenciája	Hullámhosszra utaló neve	Hullámhossza (λ)
ELF: Extremly Low Frequency = extrém alacsony frekvencia	3 Hz - 30 Hz		100000 km .. 10000 km
SLF: Super Low Frequency = szuper alacsony frekvencia	30 Hz - 300 Hz		10000 km .. 1000 km
ULF: Ultra Low Frequency = ultra alacsony frekvencia	300 Hz - 3 kHz		1000 km .. 100 km

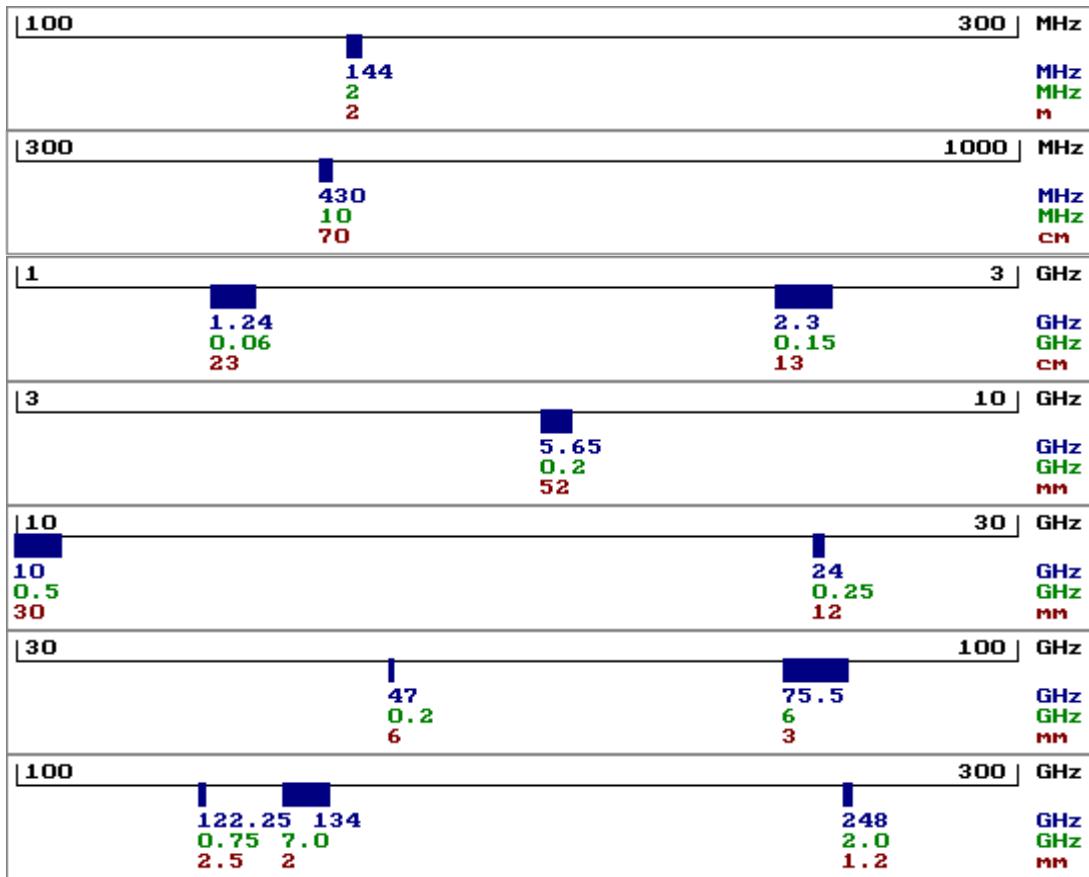
Neve	Frekvenciája	Hullámhosszra utaló neve	Hullámhossza (λ)
alacsony frekvencia			
VLF: Very Low Frequency = nagyon alacsony frekvencia	3 kHz - 30 kHz		100 km .. 10 km
LF: Low Frequency = alacsony frekvencia	30 kHz - 300 kHz	LW: Long Wave = hosszúhullám	10000 m .. 1000 m
MF: Middle Frequency = közepes frekvencia	300 kHz - 3 MHz	MW: Middle Wave = középhullám	1000 m .. 100 m
HF: High Frequency = nagy frekvencia	3 MHz - 30 MHz	SW (Short Wave = rövidhullám)	100 m .. 10 m
VHF: Very High Frequency = nagyon nagy frekvencia	30 MHz – 300 MHz	méteres hullám	10 m .. 1 m
UHF: Ultra High Frequency = ultra nagy frekvencia	300 MHz - 3 GHz	deciméteres hullám	1 m .. 100 mm
SHF: Super High Frequency = szuper nagy frekvencia	3 GHz - 30 GHz	centiméteres hullám	100 mm .. 10 mm
EHF: Extremly High Frequency = extrém nagy frekvencia	30 GHz - 300 GHz	milliméteres hullám	10 m .. 1 mm

1.7.2. Rádióamatőr sávok

Az alábbiakban leolvasható a rádióamatőr sávok elhelyezkedése a frekvenciasávokban, továbbá:

- kezdetének frekvenciája
- (Hz)sávszélessége (Hz)
- hullámhossza (m)





Frekvenciasávok felosztása

A rádióamatőr sávokat az IARU úgynevezett sávszegmensekre osztja. Ez a felosztás azért történik, hogy a különböző üzemmódok ne keveredjenek.

A sávok felosztásáról általánosságban elmondható, hogy a keskeny sávokban csak a kissávszélességű üzemmódok használhatók, pl.: 160m-en (40 kHz-es sáv) csak távíró (CW), 1 MHz-es sávszélesség alatti sávoknál távíró és SSB, míg 1 MHz-es sávszélesség felett egyéb üzemmódok is (pl.: FM.) használhatók.

További általános szabály, hogy a sáv legelejére kerül a morze sávrész, azt követi az SSB. Az összes többi üzemmód csak ezeket követheti.

Az RH sávok felosztása megtalálható a függelékben (angolul).

1.7.3. Magyarországon engedélyezett rádióamatőr sávok és teljesítmények

Sáv	Jelleg	Frekvencia	kezdő	CEPT Novice	CEPT
2000 méter	M	135-137	kHz	-	- 1W
160 méter	E	1810-1850	kHz	-	10W 1500W
160 méter	M	1850-2000	kHz	-	- 10W
80 méter	E	3500-3800	kHz	25W	50W 1500W
40 méter	E	7000-7100	kHz	-	25W 1500W
40 méter	M	7100-7200	kHz	-	25W 1500W
30 méter	M	10100-10150	kHz	-	- 1500W
20 méter	E	14000-14350	kHz	-	- 1500W
17 méter	E	18068-18168	kHz	-	- 1500W
15 méter	E	21000-21450	kHz	-	25W 1500W
12 méter	E	24890-24990	kHz	-	- 1500W
10 méter	E	28000-29700	kHz	25W	50W 1500W
6 méter	M	50 – 52	MHz	-	- 10W
4 méter	M	70 – 70,5	MHz	-	- 10W
2 méter	E	144-146	MHz	10W	25W 1000W
70 centiméter	E	430-440	MHz	10W*	25/10W 1000W
23 centiméter	M	1240-1300	MHz	10W**	10W** 500W
13 centiméter	M	2300-2450	MHz	-	- 150W
6 centiméter	M	5650-5850	MHz	-	- 75W
3 centiméter	M	10-10.5	GHz	-	- 75W
12 milliméter	E/M	24-24.25	GHz	-	- 30W
6 milliméter	E	47-47.2	GHz	-	- 30W
4 milliméter	E/M	75.5-81.0	GHz	-	- 30W
3 milliméter	M	119.98-120.02	GHz	-	- 30W
2 milliméter	E/M	142-149	GHz	-	- 30W
1.2 milliméter	M/E	241-250	GHz	-	- 30W

* CSAK FM (átjátszó és szimplex) használható: 433-433,4 MHz és 433,4 – 433,6 MHz között.

** CSAK FM (átjátszó és szimplex) használható: 1291-1291,5 MHz és 1297,5-1298 MHz között.

1.8. Tájékoztató a rádióamatőr vizsgáról

Vizsgázni a jelentkezők számának függvényében általában 2 havonta lehet a NMHH Visegrádi utcai Központjában (Budapest, XIII. kerület, Visegrádi u. 106.)

A vizsga szintje kezdőfokozat, alapfokozat vagy HAREC fokozat lehet.

Minden 16. évét be nem töltött és 60. évét betöltött személy kezdő fokozatú, valamint minden 14. életévét betöltött személy alap vagy HAREC fokozatú rádióamatőr vizsgát tehet.

Önállóan, vagy bármely fokozatú vizsga keretében morze vizsga is tehető.

A vizsgázónak a sikeres vizsgához minden tárgykörből a követelmények legalább 75 %-át teljesítenie kell. A vizsgabizottság a vizsga végén tájékoztatást ad a vizsgázónak az elérte eredményéről. Aki a vizsgán legfeljebb egy tárgykörből nem felelt meg, abból a tárgykörből pótvizsgát tehet egy éven belül. Morze vizsgából pótvizsga nem, csak ismételt vizsga tehető.

A rádióamatőr vizsgára az NMHH oldaláról letölthető jelentkezési lapon lehet jelentkezni. A kitöltött jelentkezési lap a hatóságnak elektronikus úton aláírás nélkül is megküldhető!

A morze vizsga nélküli teljes vizsga (minden fokozatban) 4000 Ft, a morze vizsga díja 2000 Ft. (A nyugdíjasokat, rokkantakat és diákgigazolvánnyal rendelkező nappali tagozatos hallgatókat 50 százalékos kedvezmény illeti meg.)

A vizsga időpontról szóló értesítést csak az kap, aki a vizsga díját befizette.

Az egyéni amatőr engedély érvényességi ideje:

- kezdő fokozatú engedély esetén:
 - 5 év, addig az időpontig, amíg a kérelmező nem töltötte be a 18. évét,
 - 5 év, ha a kérelmező a 60. évét betöltötte.
- CEPT Novice fokozatú engedély esetén 5 év
- CEPT fokozatú engedély esetén 5 év.

A gyakorlati vizsga egy forgalmazási bemutatóból áll. A távíró vizsgán a jelöltek a morze kódolási ismeretekből adnak számot.

1.8.1. Rádióamatőr engedélyek ügyintézése

Nemzeti Hírközlési Hatóság Hivatala, Frekvenciagazdálkodási Igazgatóság

Frekvencia engedélyezési Osztály

Cím: 1133 Budapest, Visegrádi utca 106.

Levelezési cím: 1376 Budapest, Pf. 997.

Ügyintéző: Kiss Nándor József

Tel.: (1) 468-0551

2. fejezet

Matematikai és fizikai alapok

2.1. Fizikai mennyiségek, mértékegységek

2.1.1. Fizikai mennyiségek

Fizikai jelenségek, állapotok, folyamatok, fizikai és anyagállandók mérhető adatait fizikai mennyiségeknek nevezzük. Egy-egy fizikai mennyiség mérésekor két adatot tüntetünk fel: a mértékszámot és a mértékegységet.

A mértékszám megmutatja, hogy az adott fizikai mennyiség hányszorosa a mértékegységnek:

$$\text{Fizikai mennyiség} = \text{mértékszám} \times \text{mértékegység}.$$

Például: ha egy hang frekvenciája 1000 Hz, akkor ebben a kifejezésben 1000 a mértékszám, a Hz a mértékegység.

2.1.2. Mértékrendszerek

Magyarországon 1976. július 1-én elfogadott nemzetközi mértékegységrendszer (jele: SI), hét alapmennyiségből és két kiegészítő mennyiségből, az ezekből származtatott mennyiségekből és egységekből áll.

Alapegység	Mértékegység	Jele
hosszúság	méter	m
tömeg	kilogramm	kg
idő	másodperc	s
áramerősség	amper	A
hőmérséklet	kelvin	K
anyagmennyiség	mol	mol
fényerő	candela	cd

2.1.3. A mértékegységek tízes hatványszorzói

A különböző fizikai mennyiségek adatait a 10 meghatározott pozitív vagy negatív kitevőjű hatvánnyal szorozva nagyobb vagy kisebb mértékegységben is kifejezhetjük. Ilyen esetben az alapmennyiség neve elő a megfelelő latin vagy görög eredetű előszócskát (prefixumot) tesszük, s ezek segítségével jelöljük az alapegység 10; 100; 1000 stb. szeres, vagy 0,1; 0,01; 0,001 stb. szeres többszöröseit.

Az alábbi táblázatban a szorzócskák nevét, jelölését és nagyságát adjuk meg:

Tényező	Hatvány	Mértékegység	Rövidítés
billioszoros	10^{12}	tera	T
milliárdszoros	10^9	Giga	G
milliószoros	10^6	Mega	M
ezerszeres	10^3	kilo	k
százszoros	10^2	hekto	h
tízszeres	10^1	Deka	dk
tized	10^{-1}	Deci	d
század	10^{-2}	centi	c
ezred	10^{-3}	milli	m
milliomod	10^{-6}	mikro	μ
milliárdod	10^{-9}	Nano	n
billiomod	10^{-12}	piko	p

2.1.4. Fizikai egyenletek, képletek

A különböző fizikai mennyiségek közötti összefüggéseket fizikai egyenletekben, képletekben fejezzük ki.
Például: a teljesítmény (P), a feszültség (U) és az áramerősség (I) között $P = U * I$ kapcsolat van.

A fizikai egyenletek, képletek átrendezhetők úgy, hogy az egyenletben szereplő összefüggésből a különböző fizikai mennyiségre átalakítva az egyenlőség megtartása mellett rendezzük át a képletet.

Például:

$$P = U * I \quad (21.41)$$

$$U = \frac{P}{I} \quad (21.42)$$

$$I = \frac{P}{U} \quad (21.43)$$

Az eredeti képletből (21.41) átalakítással nyertük a (21.42) és (21.43) képleteket úgy, hogy elosztottuk az egyenlet minden két oldalát vagy I-val (21.42) vagy U-val (21.43).

2.2. Matematikai fogalmak és műveletek

2.2.1. Valós számok és azokon végezhető műveletek

A racionális és az iracionális számokat együtt valós számoknak nevezzük.

A racionális számok a véges, illetve végtelen szakaszos tizedes törtek, az iracionális számok pedig a végtelen nem szakaszos tizedes törtek. A kettő együtt adja a valós számokat, így valós számoknak tulajdonképpen az összes felírható tizedes törtet tekintjük. Pl. valós szám a $-5, 0, 2, 4/3$ és a négyzetgyök 2 is.

Két valós számnak létezik összege és szorzata, amelyek szintén valós számok. Mind az összeadásra, mind a szorzásra teljesül a *kommutativitás* (felcserélhetőség) és az *asszociativitás* (csoportosíthatóság).

Azaz, ha a, b és c tetszőleges valós számok, akkor:

$$\begin{array}{lll} a+b=b+a & \text{és} & a*b=b*a \\ a+(b+c)=(a+b)+c & \text{és} & a*(b*c)=(a*b)*c \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{(kommutativitás)} \\ \text{(asszociativitás)} \end{array}$$

A szorzás és az összeadás *disztributív* (széttagolható), vagyis:

$$(a+b)*c=a*c+b*c$$

Valós számokon elvégezhető még a kivonás művelete, amely az összeadás inverze, továbbá az osztás is, amely a szorzás inverzét képezi.

A *természetes számok halmazán* (pozitív egész számok) értelmezhető a hatványozás művelete:

Bármely a és n természetes számra (N_0):

- 0^0 -t nem értelmezzük ($n=0, a=0$);
- $a^0 = 1$ ($n=0, a>0$);
- $a^1 = a$ ($n=1$);
- $a^n = aa\dots a$ ($n>1$), ahol az utolsó egyenlőségjel jobb oldalán egy csupa a-ból álló n-tényezős szorzat szerepel.

A hatványozás azonosságai:

- $a^m a^n = a^{m+n}$.
- $a^m / a^n = a^{m-n}$, ha $m \geq n$.
- $(a^m)^n = a^{mn}$.
- $(ab)^m = a^m b^m$.

A valós számokon elvégezhető a hatványozás inverz művelete a gyökvonás is.

2.2.2. Racionális számok (törtek)

Racionális számoknak nevezzük az $\frac{a}{b}$ alakú kifejezéseket, ahol a és b egész számok, továbbá $b \neq 0$. A racionális szám *számlálójának* nevezzük az a számot, *nevezőjének* a b-t. A két számot elválasztó vonal a *törtyonal*. A racionális számokra ugyanazon műveletek értelmezhetők mint a valós számok esetében.

Tört összeadása és szorzása:

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad + bc}{bd} \quad \text{és} \quad \frac{a}{b} * \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$$

Tört kivonása:

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{ad - bc}{bd}$$

3. fejezet

Villamosság-, elektromágnesesség-, és rádióelmélet

Jónap Gergő HG5OJG, Kovács Levente HA5OGL

3.1. Elektromos alapjelenségek

Mint a fizika számos jelenségének, az elektromosságnak a felfedezése is tapasztalati megfigyeléseken alapul: tudjuk, hogy már az ókorban felfigyeltek arra, hogy dörzsölés hatására a borostyánkő (görögül elektron) és számos más test sajátos állapotba kerül, és sajátos környezetet alakít ki maga körül: a környezetébe kerülő anyagokra vonzó- vagy tasztítóerő hat. Az ilyen testekre azt mondjuk, hogy elektromos állapotban vannak, illetve, ha egy test az előbbi tulajdonságokkal nem rendelkezik, akkor azt elektromosan semlegesnek nevezzük.

A testek elektromos állapotát tehát valamilyen közvetlenül nem érzékelhető "anyag" hozza létre, amelyet elektromos töltésnek nevezünk. Az elektromos töltés hordozója az elektron. Valójában azonban nem létezik önálló elektromos töltés, hanem az minden az anyag elválaszthatatlan tulajdonsága. A töltéssel rendelkező anyagot nevezzük töltéshordozónak. A kísérletek szerint kétféle elektromos töltés van, az egyiket nevezzük pozitívnak, a másikat pedig negatívnak. Azt is megállapíthatjuk, hogy az azonos nemű töltések tasztítják, míg az ellentétes előjelű töltések vonzzák egymást.

Az elektromosan feltöltött testek között tehát erőhatás tapasztalható anélkül, hogy azok egymással közvetlenül érintkeznének illetve, hogy közöttük bármilyen ezen erőhatást közvetítő közeg lenne jelen. Ennek szemléletes magyarázatát elsőként Faraday fogalmazta meg, mely szerint az elektromos állapotban lévő test maga körül elektromos mezőt, vagy más néven erőteret hoz létre, amely a benne lévő elektromosan töltött testekre erőt fejt ki.

3.1.1. Vezetőképesség

Anyagi minőségtől függően az anyagokat három csoportba soroljuk:

1. Vezető
2. Félvezető
3. Szigetelő

Ezek a besorolások az adott anyag töltéshordozók létére utalnak. Fémekben, a szabad elektronok könnyen mozdulnak el, így azok jól vezetik az elektromos áramot. Amely anyagokban kevés szabad töltéshordozó van, szigetelőknek nevezzük. Ilyen anyagok a polietilén, száraz fa, stb. Ezeket, az anyagokat az üzemileg feszültség alatt lévő testek elszigetelésére használjuk, például vezetékek elszigetelésére.

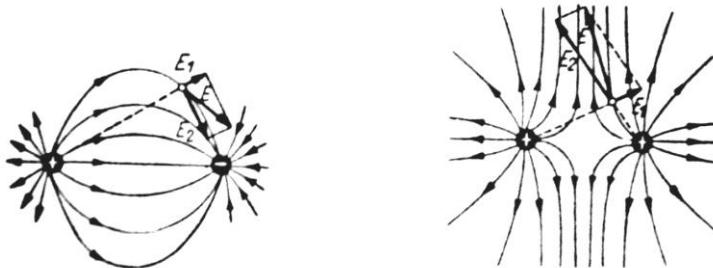
A félvezetők olyan csoportba tartoznak, melyek vezetőképességük nem jök, így azokat nem lehet használni elektromos vezetők alapanyagaként. Ezeknek az anyagoknak a tulajdonságait idegen anyagok adalékolásával erősen meg lehet változtatni. Félvezető anyagok például a Si, Ge, Ga. Ezen anyagok felhasználásáról a félvezető technika részben térünk ki.

3.1.2. Elektromos tér

Elektromos teret elektromos töltések hoznak létre maguk körül. A statikus elektromos tér forrása az elektromos töltés. Az elektromos töltést leíró fizikai mennyiség előjeles, skaláris mennyiség. Jele: Q mértékegysége: [Q] = 1 C (coulomb) = 1 As

Elektromos tér önmagában, a mágneses tér jelenléte nélkül csak akkor létezik, ha időben nem változik. A

statikus elektromos tér örvénymentes, potenciális, konzervatív erőtér.



3.1-1. ábra. Nyugvó töltések által keltett erőtér.

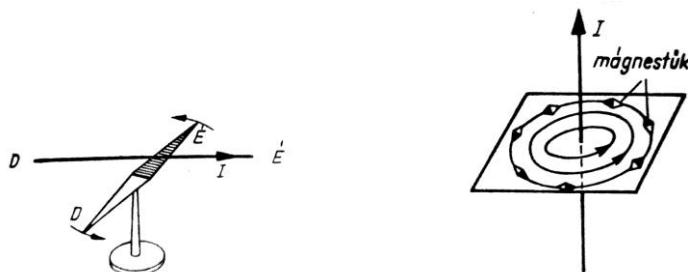
Minden töltés erőteret létesít maga körül. Két nyugvó töltés között a Coulomb-féle törvényteljes leírt kölcsönhatást: $F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$ (ahol: $k = 9 * 10^9 \text{ Vm/C}$) az erőterek kölcsönhatásával jellemezhetjük. Az erőteret térerősséggel jellemezhetjük (jele: E). $E = \frac{F}{Q}$ és mértékegysége: $[E] = \frac{V}{m}$. A térerősség vektormennyisége, iránya megegyezik a pozitív töltésegységre ható erő irányával.

3.1.2.1. Elektromos terek árnyékolása

Mivel a fémek vezető anyagok, az elektromos tereket megzavarják. Kimutatható, hogy minden vezető anyaggal körülött terület mentes minden kívülről érkező elektromos tér hatásaitól. A jelenség azzal magyarázható, hogy a térben haladó töltések a fémbe csapódva a fém elvezeti azt.

3.1.3. Mágneses tér

A vezetőben folyó áram (mozgó elektromos töltés) maga körül mágneses erőteret gerjeszt. A keletkező mágneses teret (mezőt) vektor jellegű fizikai mennyiséggel, a mágneses indukcióval (jele: B) jellemezzük, és az indukcióvonalakkal szemléltetjük. Ezek olyan görbék, amelyeknek bármely pontjában az érintő megadja az indukcióvektor irányát, sűrűségük pedig az indukció nagyságával arányos. Az egyenes áramvezető indukcióvonalai – amint azt a köréje helyezett kis mágnesük is mutatják – a vezetőre merőleges síkban kialakuló koncentrikus körök, amelyeknek sűrűsége a vezetőtől mért távolságtól függően csökken.



3.1-2. ábra. Mágneses tér bemutatása

3.1.3.1. Mágneses terek árnyékolása

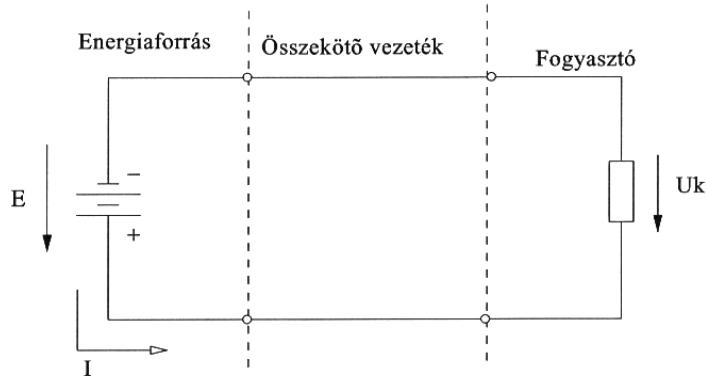
Hasonlóan az elektromos terekhez, vezető anyagok által elkerített terekbe nem, vagy csak kis mértékben hatol be a külső mágneses tér. Mivel nincsenek mágneses töltések, ezért ez a jelenség nem magyarázható a elektromos erőtérhez hasonlóan. Azonban itt is kimutatható, hogy a mágneses tér nehezen hatol át vezető felületeken. Ez azért történik, mert a mágneses térerősség ún. örvényáramokat gerjesztenek a fémekben, melyek a fémben záródnak.

3.1.4. Áramerősség

A töltések áramlását villamos áramnak nevezzük. Az áramló villamos töltések munka végzésére képesek. Azokat a készülékeket, amelyek villamos energia előállítására képesek, villamos energiaforrásoknak nevezzük. A galvánelem és az akkumulátor vegyi energiát alakít át, a fény- és hőelemek fény- és hőenergiát, a generátorok pedig mechanikai energiát alakítanak át villamos energiává. A fogyasztók azok a készülékek, amelyekben az áramló villamos töltések hatására a villamos energia más energiává alakul át. A legegyszerűbb áramkör (3.1.3 ábra) energiaforrásból, fogyasztóból és ezeket összekötő vezetőből áll.

A villamos energiaforrás elektromos ereje által szétválasztott töltések az energiaforrás kapcsait összekötő vezetőben áramlanak. Fémekben az áramló töltéseket negatív töltésű elektronok hordozzák. A vezető keresztmetszetén az időegység alatt átáramló töltésmennyiséget áramerősségnak nevezzük. Jele: I. Iránya a negatív töltést hordozó részecske morgásirányával ellentétes (tehát a pozitív sarkok felől a negatív felé tart.)

Az áramerősség egysége az amper (A).



3.1-3. ábra. Egyszerű áramkör

A villamos áram töltésáramlást jelent. A villamos töltés jele: Q. Az áram meghatározásából következik, hogy:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Ebben az összefüggésben Q jelenti a vezető keresztmetszetén t idő alatt átáramló villamos töltést. A villamos töltés egysége ($Q=I*t$ egyenletből) amperekundom azaz As.

3.1.5. A feszültség

Az energiaforrás elektromos ereje a pozitív és negatív töltéseket szétválasztja. Az energiaforrás kapcsain összegyűlt, különnemű töltések vonzzák egymást. Ezt a vonzó hatást nevezzük feszültségnek. Jele: U. A feszültség hajtja át a fogyasztón a töltéseket. A feszültség egysége a V (Volt). A feszültség az egységnyi töltés munkavégző képességét jelenti.

$$W = Q * U$$

3.1.6. Az ellenállás

Ellenállásoknak nevezzük az anyagoknak azon fizikai tulajdonságát, hogy az anyagra jellemző mértékben megakadályozza az elektromos áramlást az anyagban, miközben az elektromos áram energiája hővé alakul át. Az Ohm törvénye kimondja, hogy az áram a feszültséggel egyenesen, az ellenállással fordítottan arányos. Jele: R, egysége: Ω (Ohm).

$$R = \frac{U}{I}$$

3.1.7. A teljesítmény

Tapasztalat szerint a villamos áram melegíti a vezetéket, tehát munkát képes végezni, azaz energiája van. A villamos munkát szokás villamos fogyasztásnak is nevezni. A teljesítmény az időegység alatt végzett munka:

$$P = \frac{W}{t} = U * I$$

A villamos teljesítmény a feszültség és az áramerősség szorzata. Egysége a W (Watt).

$$1 \text{ MW} = 1 \text{ 000 kW} = 1 \text{ 000 000 W}$$

$$1 \text{ W} = 1000 \text{ mW}$$

A fenti képletekből a következő hasznos képleteket nyerjük:

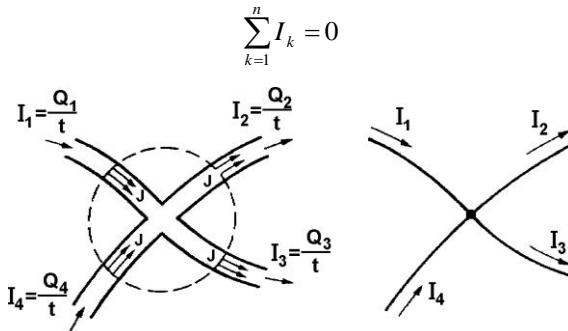
$$P = I^2 * R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

3.1.8. Kirchhoff törvények

3.1.8.1. Csomóponti törvény

Ez a törvény a töltésmegmaradás elvét alkalmazza. A csomópontban (áram-elágazási pont) találkozó áramok algebrai összege nulla, mert ha ez nem így lenne, akkor itt töltések (Q) halmozódnának fel (2.1.4. ábra). Mivel az áram az időegység alatt áramló töltés ($I = \frac{Q}{t}$), így a törvény az alábbi, közismert alakban is felírható:



3.1-4. ábra. Kirchhoff I. törvénye – a csomópontban találkozó áramok algebrai összege nulla.

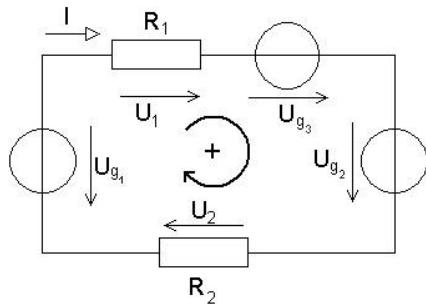
3.1.8.2. Huroktörvény

A huroktörvényben közvetve az energia megmaradás törvénye jelenik meg.

A huroktörvény szerint a villamos hálózatban egy tetszőleges irányított, zárt görbe mentén körülhaladva a feszültségek algebrai összege nulla:

$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

A körüljárási irányt önkényesen jelöljük ki. Azok a feszültségek, melyeknek irása a körüljáráséval megegyezik pozitív, melyeknek ellentétes, negatív előjelűek.



3.1-5. ábra. Kirchhoff II. törvénye – huroktörvény (a csomópontban a feszültségek összege nulla)

3.2. Villamos források

3.2.1. Galvánelemek és akkumulátorok

Általánosságban elmondható hogy a galvánelem vegyi áramforrás, kémiai energiát elektromos energiává átalakító eszköz. Elektrolitba merülő két különböző anyagból – általában fémből – készült elektródból áll. Az egyik elektródon pozitív ionok semlegesítődnek – redukció – a másikon pozitív ionok keletkeznek, vagy negatív ionok semlegesítődnek – oxidáció. Ez a két, térbeli leg elválasztott elektródfolyamat az elektródokat összekötő vezetékben elektromos áramot tart fenn. A galvánelemek csak addig használhatók, amíg a bennük felhalmozott és áramot szolgáltató anyagok el nem fogynak. Aszerint, hogy kocsányásított vagy folyékony anyagot tartalmaznak szárazelemek, vagy nedveselemek nevezzük őket.

A galvánelemeket „primer” elemeknek nevezzük, mivel kimerülésük után nem tölthetők újra, így az elhasználás után eldobhatók. Galvánelemeket és telepeket többnyire olyan kis teljesítményű készülékek (hordozható adóvevő, rádiósmagnó, számológép) tápellátására használnak, amelyeknek teljesítményfelvétele legfeljebb néhány Watt.



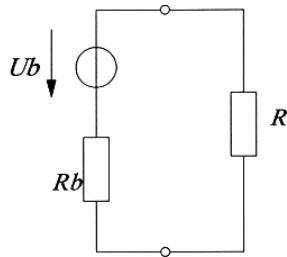
3.2-1. ábra. 9V-os szárazelem képe

A galvánelemekkel szemben az akkumulátorok, kimerülésük után egyenárammal feltölthetők, és így bizonyos töltésszám után (> 1000 töltés), vagy előregedés következtében válnak használhatatlanná. Az akkumulátoroknál a betáplált energia alakul át kémiai energiává, amely aztán visszaalakítható elektromossá. Az akkumulátor szekunder elemek is szokták nevezni, mert csak akkor tud áramot leadni, ha előzőleg egyenárammal feltöltötték őket. Kis belső ellenállásuk miatt nagy áramerősség leadására képesek. Ez azért is fontos, mert kis belső ellenállás esetén nincs káros mértékű visszahatás. Akkumulátorok termékskálája igen széles, rengeteg típusa létezik, pl.: Savas, Lúgos, Li-Ion, NiCd, NiMH. Méret és kapacitásban is széles a skála: a ceruzaelem és a gombelem (akku) nagyságtól a több tíz kilós (savas, lúgos) monstrumokig nagy a választék.



3.2-2. ábra. Ceruzaakkumulátor képe

Minden villamos energiaforrásnak van belső ellenállása, így jellemző rájuk az üresjárási és kapocsfeszültségük (3.2.3. ábra).



3.2-3. ábra. Galvánelem helyettesítő képe terheléssel

Az áramforrások kapocsfeszültsége és a forrásfeszültsége akkor egyezik meg, ha az áramforrás nincs terhelve, mivel az áramforrások belső ellenállásán feszültségesés lép fel a külső terhelés rákapcsolásakor.

A kémiai áramforrásoknál a kapocsfeszültségen kívül fontos jellemző a kapacitás is (akkuknál: tárolóképesség). A kémiai áramforrás kapacitásának mértékegysége: az amperóra (Ah). Amely érték megmondja, hogy a névleges feszültséghoz rendelt feszültségtolerancián belül hány órán keresztül nyerhetünk 1 A áramerősséget az illető áramforrásból. (Pl.: 2,2 Ah → 1A terhelés mellett: 2,2 óra.)

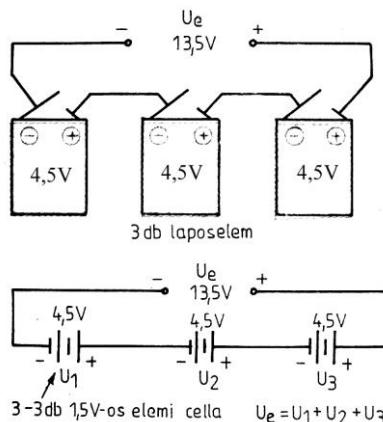
Az áramforrások rövidzárlati áramát úgy tudjuk meghatározni, hogy a két kapcsát összezájrunk, és ekkor mérjük az átfolyó áramot, amelynél a zárlati áram értékét a forrásfeszültség és a belső ellenállás hárnyadosa határozza meg. (Ezt a gyakorlatban viszont tilos megtenni! Az ilyen művelet az áramforrás tönkretételét, súlyosabb esetben balesetet okozhat (akkumulátor rövidzárása esetén robbanás!))

3.2.2. Dinamók és generátorok

Áramforrásoknak nevezük azokat a gépi berendezéseket is, amelyek mechanikai munkából, rendszerint forgó mozgásból állítanak elő elektromos áramot. A dinamó megnevezést, az egyenáramot előállító áramfejlesztőkre, a generátor megnevezést rendszerint váltakozó áramot előállító gépekre szoktuk alkalmazni. A dinamók és generátorokra jellemző a kapocsfeszültségük és a terhelhetőségük, ez utóbbi az esetek többségében VA-ben megadott érték, pl.: 230V, 800 VA.

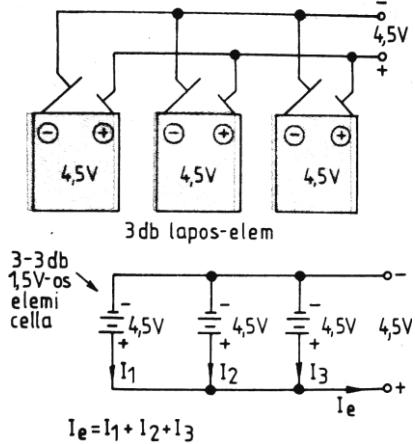
3.2.3. Feszültségforrások soros és párhuzamos kapcsolása

A kémiai áramforrások (galvánelemek, akkumulátorok) kapocsfeszültsége sokszor nem elegendő az elektromos készülékek táplálásához, így több elemi cella sorbakapcsolásával előállíthatunk nagyobb feszültséget is. Az elemi cellák megfelelő soros kapcsolása esetén ugyanis a cellákból alkalmazott telep eredő feszültsége az alkalmazott cellák számával arányos módon növekszik. A sorba kapcsolás feltétele az, hogy az elemi cellák egymással ellentétes polaritású kapcsait kössük össze. (3.2.4. ábra). Általános szabály, hogy csak azonos típusú és azonos kapacitású cellákat ajánlott sorba kapcsolni.



3.2-4. ábra. Feszültségforrások soros kapcsolása

Gyakran előfordul azonban az olyan eset is, hogy valamely elem, akkumulátor vagy telep feszültsége elegendő ugyan számunkra, de a maximális kivehető áramerősség vagy a kapacitás (Ah) nem elegendő. Ilyen esetben az azonos feszültségű cellák vagy telepek párhuzamosan kapcsolhatók (3.2.5-ös ábra). Ebben az esetben ügyeljünk arra, hogy csak szigorúan azonos feszültségű cellákat (azonos típus, azonos fajta) és azonos állapotú cellákat (töltöttség) kapcsoljunk össze egymással párhuzamosan, mert ellenkező esetben jelentős kiegyenlítő áramok folyhatnak a cellák között, amely a telerendszer belső önkisülését meggyorsítja.



3.2-5. ábra. Feszültségforrások párhuzamos kapcsolása

3.3. Elektromágneses tér

3.3.1. Frekvencia

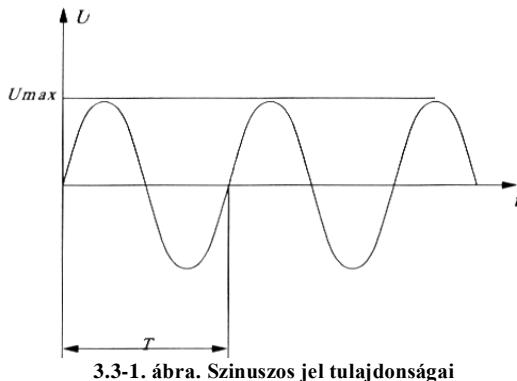
Ha egy áramkörben olyan generátor üzemel, amelynek kapocsfeszültsége az idő függvényében folyamatosan nő, majd csökken, és a nulla érték elérése után ellenkező irányban nő, majd csökken, és ez periodikusan ismétlődik, akkor váltakozófeszültséget előállító generátorról beszélünk. A terhelésen ilyenkor váltakozóáram folyik. Az egymás után periodikusan bekövetkező árammaximumok és minimumok között eltelt idő (periódusidő, jele: T) alatt lejátszódó periódusok számát frekvenciának nevezzük. Közöttük reciprok összefüggés van:

$$f = \frac{1}{T}$$

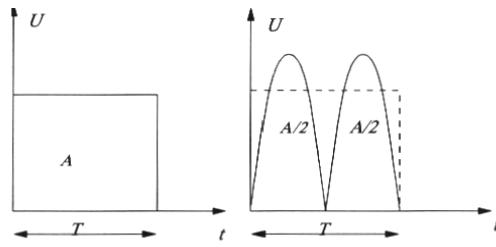
1 Hz annak a jelnek a frekvenciája, ahol 1 s alatt 1 periódus játszódik le.

3.3.2. Szinuszos jelek

A szinuszos lefolyású váltakozóáram (3.3.1. ábra) azonos idő alatt kevesebb munkát képes végezni, mint a csúcsértékkel azonos nagyságú egyenáram. A váltakozó áram azon értékét, amely megmutatja, hogy ugyanannyi idő alatt a csúcsértékének hányadrészénél végez azonos munkát, mint az ennek megfelelő nagyságú egyenáram, a váltakozóáram négyzetes középértékének vagy effektív értékének nevezzük. Az effektív értéket úgy tudjuk meghatározni, ha csúcsértéket osztjuk 2 négyzetgyökével (3.3.2. ábra).



3.3-1. ábra. Szinuszos jel tulajdonságai



3.3-2. ábra. Szinuszos jel effektív értéke

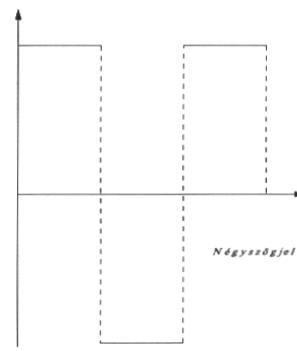
A szinuszos váltakozóáramú rendszerekben a feszültséget effektív értékben szokás megadni, és a mérőműszerek is ezt a feszültséget mutatják. Tehát p1. a 230 V-os hálózatról a feszültség csúcsértéke:

$$\sqrt{2} * 230 = 325.26V$$

Szinuszos jelekben a szinusz függvény amplitúdójának pillanatértéke egy periódus alatt bármilyen értéket felvethet a szélsőértékek között (a szinuszgörbénak megfelelően, lásd: 3.3.1. ábra).

3.3.3. Nem szinuszos jelek

A váltakozóáram nem csak szinuszos jelből állhat, létezik többek között: négyzet-, fűrész-, háromszög- és egyéb jelalak. A négyzetgörbe két szélsőértékében vesz föl feszültséget, a két érték között nem. A nem szinuszos jelek, többek között a négyzetgörbe is tartalmaz a névleges frekvenciánál magasabb frekvenciás komponenseket, úgyneműleg felharmónikusokat is. A négyzetgörbe kifejezetten sok felharmónikus tartalmaz. A nem szinuszos jelek egyaránt lehetnek periodikusak és nem periodikusak.



3.3-3. ábra. Négyzetgörbe

A hangfrekvenciás jelek: azaz a hallható tartományba eső 20 Hz - 20 kHz-ig terjedő jelek is általában a nem szinuszos jelek közé sorolhatók.

3.4. Teljesítmény és energia

A rádiótechnikában a teljesítményviszonyokat un. dB-ben adják meg. A dB skála nem lineáris, hanem logaritmikus. Értelmezünk relatív, és abszolút dB értékeket.

3.4.1. Relatív szintek

Relatív szint azt jelenti, hogy 2 mennyiségnak a viszonyát fejezzük ki. Tegyük fel, hogy egy erősítőfokozat bemenője: U_{be} kimenőjele: U_{ki} . Ebből származtathatjuk a jól ismert feszültségerősítést:

$$A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$

Ez érték a két feszültség szint aránya. Ugyancsak származtathatunk teljesítményerősítést a kimeneten valamint a bemeneten fellépő teljesítményekből.

$$A_p = \frac{P_{ki}}{P_{be}}$$

Ha a kimeneti feszültség vagy teljesítmény szintet akarjuk megkapni, akkor értelelem szerűen szorozni kell a bementi szintet az erősítéssel.

$$U_{ki} = U_{be} * A_u$$

valamint

$$P_{ki} = P_{be} * A_p$$

Látható, hogy a szorzás műveletét kell használni, ami sok esetben nem előnyös. Ezért használjuk a logaritmikus dB [decibel] szinteket.

$$a_u = 20 \lg \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$

$$a_p = 10 \lg \frac{P_{ki}}{P_{be}}$$

Így az erősítés szintek eredményeit már dB-ben kapjuk. A logaritmus művelet tulajdonsága az, hogy ha pl. két erősítőfokozat van egymás után, akkor az eredő erősítés a két erősítés összege lesz, és nem a szorzatuk! Ez nagymértékben megkönnyíti a tervező munkáját.

3.4.2. Abszolút szintek

Az előzőekben 2 szint közötti összefüggést definiáltunk. Abszolút szint azt jelenti, hogy egyértelműen megadhatjuk egy jelnek valamilyen villamos mennyiséget (általában a teljesítményt). Önkényesen is megválasztunk egy kitüntetett mennyiséget, amihez viszonyíthatjuk az összes értéket. Ez az eljárás terjedt el, mégpedig minden az 1mW-teljesítményhez viszonyítunk. Az abszolút szint mértékegysége azonban dB helyett dBm. *Ennek nincs fizikai tartalma, csupán azért jelöljük más módon, hogy megkülönböztethető legyen a relatív szintektől.*

Vegyük egy példát. Készítünk egy végerősítőt, amely 2W-os bemenő teljesítményre 50W-os kimenő teljesítményt produkál. A következő összefüggéseket írhatjuk fel:

$$a_p = 10 \lg \frac{P_{ki}}{P_{be}} = 10 \lg \frac{50W}{2W} = 10 \lg 25 = 13.9dB$$

a bemenő teljesítmény abszolút szintje:

$$s_{be} = 10 \lg \frac{P_{be}}{1mW} = 10 \lg \frac{2W}{1mW} = 10 \lg 2000 = 33dBm$$

a kimenő teljesítmény abszolút szintjét kétféle módon is megkaphatjuk:

1. Ha összeadjuk a bemenő abszolút szintet és a teljesítményerősítést

$$s_{ki} = s_{be} + a_p = 13.9dB + 33dBm = 46.9dBm$$

2. Ha kiszámoljuk a kimenő teljesítményhez tartozó abszolút szintet

$$s_{ki} = 10\lg \frac{P_{ki}}{1mW} = 10\lg \frac{50W}{1mW} = 10\lg 50000 = 46.9dBm$$

Látható, hogy a fenti két eredmény azonos.

A fentiekből már könnyedén lehet számítani bármilyen szinteket.

4. fejezet

Alkatrészek

Kovács Levente HA5OGL

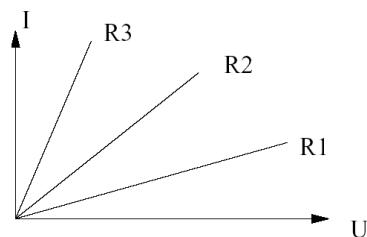
Ebben a fejezetben bemutatjuk a híradástechnikában alkalmazott alapvető alkatrészeket.

4.1. Ellenállás

A vezetőkben (általában a fémekben) az elektronok áramlása akadályoztatva van a molekulákkal való ütközések következtében. Az akadályoztatás a mechanikai súrlódáshoz hasonlóan hatást fejt ki, energiát emészt fel. Amely fémben kevés súrlódó ellenállással találkoznak az elektronok, azok jó vezetők (pl. ezüst, arany, réz).

A villamos ellenállás az összefüggő kapocs a feszültség és az áram között. A törvényt, amely a mennyiségi viszonyokat fejezi ki Ohm törvénynek nevezük (4.1). Az ellenállás jele az R (az angol Resistance szóból), mértékegysége az Ω (Ohm).

$$R = \frac{U}{I} [\Omega]$$



4.1-1. ábra. Hárrom különböző értékű ellenállás karakterisztikája

Látható, hogy a (4.1) összefüggés egy lineáris összefüggés. Ebből következik, hogy az ellenálláson az áram-feszültség karakterisztika is lineáris (4.1.1. ábra.)

4.1.1. Hődisszipáció

A mozgó elektronok a vezető anyagában lévő molekulákkal való ütközésük során energiát vesztenek. Ezt az energiaveszteséget az ellenállásnak le kell adnia a környezetnek. Ezt az energiát hőenergia formájában sugározza ki az ellenállás (áram hatására melegszik) Ezt az ún. hődisszipációs teljesítményt el kell vezetni. minden ellenállás jellemző értéke a maximális disszipációs teljesítmény.

Az ellenálláson fellépő disszipációs teljesítmény a szokásos képletekből számíthatóak. A (4.2) képletből kifejezhető az ellenállásra maximálisan rákapcsolható feszültség és áramerőség.

$$P = U * I$$

Az Ohm-törvényt (4.1) behelyettesítve a (4.2) képletbe, akkor olyan összefüggéseket kapunk, melyeket a gyakorlatban sokkal jobban lehet alkalmazni (4.3 és 4.4). A disszipált teljesítmény hőmérsékletnövekedést okoz.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = I^2 * R$$

4.1.2. Az ellenállás értékének hőmérsékletfüggése

Mint minden a fizikában, a villamos ellenállás sem állandó. Többek között a hőmérsékletétől is függ az ellenállás értéke. Természetesen az ellenállás akkor ideális, ha értéke nem függ a hőmérséklettől. Néhány esetben azonban ezt a tulajdonságát használjuk ki. (Pl. hőmérő áramkörökben). A hőmérsékletfüggés tekintetében kétféle ellenállást különböztetünk meg:

1. Pozitív hőmérsékleti tényezővel rendelkező ellenállások, valamint
2. Negatív hőmérsékleti tényezővel rendelkező ellenállások.

Általánosságban el lehet mondani, hogy az ellenállás értéke hőmérsékletváltozás esetén a (4.5) képlettel írható le, ahol α a hőmérsékleti tényező, Δt a hőmérsékletváltozás.

$$R_{\Delta t} = R(1 + \alpha \Delta t)$$

4.1.2.1. Negatív hőmérsékleti tényezővel rendelkező ellenállások

Ezek olyan eszközök, amik ellenállása csökken, ha növeljük a hőmérsékletet.

4.1.2.2. Pozitív hőmérsékleti tényezővel rendelkező ellenállások

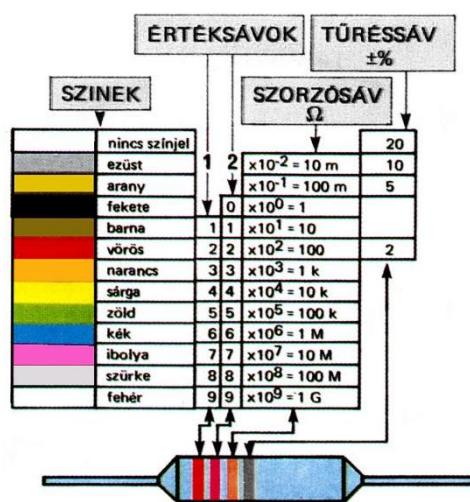
Ezek olyan eszközök, melyek ellenállása nő, ha a növeljük a hőmérsékletet

4.1.3. Ellenállásértékek kódolásai

Régebben az ellenállásra számokkal és betűkkel nyomtatták rá az ellenállás értékét. Ma már ez az eljárás nem használatos. A hagyományos kivitelű alkatrészekre egy színkód segítségével jelzik az aktuális értéket. Az ellenálláson 4 vagy 5 gyűrű található, melyből egyértelműen meg lehet határozni az ellenállás értékét.

Ha az ellenálláson 4 színgyűrű van, akkor az első 2 gyűrű minden az ellenállás számszerű értékére vonatkozik. A 3. gyűrű pedig megmutatja, hogy hányszor kell megszorozni az előző 2 számjegyet ahhoz, hogy megkapjuk az ellenállás helyes értékét. A 4. gyűrű az ellenállás türésére vonatkozik, tehát a itt tüntetik fel a türés értékét százalékban. Lásd a 4.1.2-es ábrán

Ha 5 gyűrűt látunk az ellenálláson, akkor az ellenálláson nem 2 gyűrű, hanem 3 gyűrű vonatkozik az ellenállás számszerű értékére (értéksáv).



4.1-2. ábra. Ellenállásértékek kódolásai

4.1.4. Ellenállások összekapcsolása

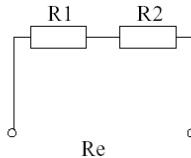
Gyakran fordul elő olyan helyzet, amikor nem egy ellenállás (vagy ellenállást képviselő impedancia) hanem kettő, vagy több alkatrész van összekapcsolva. Az ellenállásokat többféle módon lehet összekapcsolni:

1. soros kapcsolás
2. párhuzamos kapcsolás
3. vegyes kapcsolás

Bármilyen módon összekapcsolt ellenállásokat (tetszőlegesen bonyolult hálózatot) egyetlen ellenállással helyettesíthetjük. Ennek az ellenállásnak az értéke az eredő ellenállás. Természetesen ez egy fiktív ellenállás, csak elméletben létezik.

4.1.4.1. Soros kapcsolás

Az ellenállások soros kapcsolásánál az ellenállás eredő értéke az ellenállások összegével egyenlő (4.6).



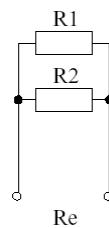
4.1-3. ábra. Két ellenállás soros kapcsolása

A 4.1.3. ábrán látható kapcsolásnál két ellenállást kapcsoltunk sorba. N darab ellenállás sorba kapcsolása esetén a (4.6) összefüggés adja meg az eredő ellenállást.

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

4.1.4.2. Párhuzamos kapcsolás

Ellenállásokat párhuzamosan is kapcsolhatunk. Ekkor az eredő ellenállás a (4.7) összefüggés alapján számítható.



4.1-4. ábra. Két ellenállás párhuzamos kapcsolása

A 4.1.4. ábrán két ellenállás párhuzamos kapcsolását ábrázoltuk. N darab ellenállás esetén a (4.7) összefüggés alapján számítható az eredő ellenállás.

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Két ellenállás esetében ennél a képletnél egy egyszerűbbel (4.8) szoktunk számolni. Természetesen a két képlet ekvivalens.

$$R_e = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

4.2. Kondenzátor

A kondenzátort legegyszerűbben úgy képzelhetjük el, mint egy akkumuláltort. Ha feszültséget kapcsolunk rá, feltöltődik, ha fogyasztót kapcsolunk rá, akkor kisül. Persze egyelőre nem alkalmaznak akkumulátor helyett kondenzátort, mert vannak lényegi eltérések. Például az akkumulátorral szemben a kondenzátor a feltöltődést és kisülést igen rövid idő alatt (kapacitástól függően, akár 1 ms is lehet) végzi el.

4.2.1. A kapacitás jele és mértékegysége

A kondenzátorok kapacitásának jele: C, mértékegysége: F (Farad). 1 F meglehetősen nagy kapacitást jelent, rendszerint piko-, nano- és mikrofaraddal dolgozunk.

$$1pF = 10^{-12} F$$

$$1nF = 10^{-9} F$$

$$1\mu F = 10^{-6} F$$

A kapacitás értéke függ a fegyverzetek közös felületétől (A), a fegyverzetek távolságától (d), és a dielektrikum anyagi minőségétől ($\epsilon_0 \epsilon_r$).

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

4.2.2. A kondenzátorok típusai

A kondenzátorok lényegében két fémlemezből, vagy fémfóliából állnak, amelyeket szigetelőanyag választ el egymástól. A szigetelőréteget dielektrikumnak, a fémlemezeket fegyverzeteknek nevezzük. A kondenzátorok fizikai többséle lehet, az elektronikai ipar számos különféle kondenzátort gyárt, pl: kerámia-, üveg-, csillámpala-, papír-, polikarbonát-, poliszíter-, polisztirol-, elektrolit-, levegős-, olajtöltésű kondenzátor. Az alábbiakban bemutatjuk a leggyakrabban használt típusokat.

4.2.2.1. Papírkondenzátorok

A legolcsóbban előállítható a papírkondenzátor, amely készítésénél vékony vezető fóliából (alumínium, ón) és kondenzátorpapírból készült csíkokat hengeres alakúra csévelnek fel. A felcsévélt kondenzátor a csévélés következtében az egymással szembe kerülő felületek miatt kétszeres kapacitású lesz, mintha hagyta volna sík elrendezésben. A jobb minőségű papírkondenzátorokat olajjal itatják át.

Főbb jellemzőik:

- 1-10 μ F névleges kapacitás;
- 63-1600V üzemi feszültség;

4.2.2.2. Kerámiakondenzátorok

A kerámiakondenzátorok dielektrikuma nagy hőmérsékleten tömörített oxidkerámia. A fegyverzeteket a kerámiára égetik, ehhez forrasztják a kivezetéseket. Az alkalmazott dielektrikum szerint lehetnek:

- 1. típusú kerámiakondenzátorok: melyekre jellemző a stabil kapacitás (0,5-800 pF), kis kapacitástűrés (5-10%), lineáris hőmérsékletfüggés, nagy szigetelési ellenállás, üzemi feszültség: < 50 V vagy 50-500V. Elsődleges felhasználási területük: rezgőkörökben, oszcillátorokban, szűrőkben és egyéb nagyfrekvenciás áramkörökben.
- 2. típusú kerámiakondenzátorok: nagy fajlagos kapacitás (100-40000 pF), kis kapacitás stabilitás (> 20%), nagyobb veszteségi tényező, nemlineáris hőmérsékletfüggés. Üzemi feszültség: 50-500V. Elsődleges felhasználási terület: szűrés, csatoló áramkörök, ahol a stabilitás nem fokozott követelmény.

A kerámiakondenzátorokon az esetek többségében a gyártók kódolva tüntetik fel a paramétereiket. A kód értelmezése hasonló az ellenállásoknál tárgyalt jelölésrendszerrel: amennyiben a kondenzátoron 2 dígitus számérték található, pl.: 47, akkor az egy kódolás nélküli érték és pF-ban értendő, amennyiben 3 dígitus

számérték akkor az első kettő a kapacitásérték, amelyet a 3. értékkel együtt kell értelmezni (meg kell szorozni), pl.: $104 \rightarrow 10 * 10000 = 100000 \text{ pF} = 0,1 \mu\text{F}$. A 3. digit jelentése az alábbi táblázatból kiolvasható:

Harmadik digit	Szorzó (az első két digit * 3.)
0	1
1	10
2	100
3	1 000
4	10 000
5	100 000
6	Nem használt
7	Nem használt
8	0,01
9	0,1

4.2.2.3. Elektrolit kondenzátorok

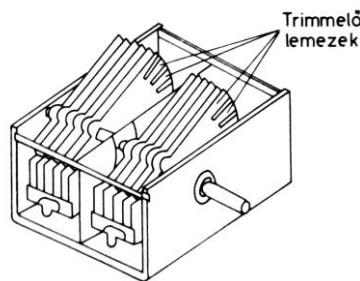
Az elektrolit kondenzátor működési elve nem különbözik a normál kondenzátortól. Felépítése azonban igen. A nagy kapacitást a két fegyverzet közötti szigetelés (dielektrikum) vékonyságával érik el. Az elektrolit kondenzátorban a két alumínium fólia fegyverzet közti papírszerű anyag van átitatva elektrolittal, és az egész fel van tekercselve. Bár felépítése hasonló a sima papírkondenzátoréhoz, itt nem a papír a dielektrikum, hanem az alumínium fegyverzet felületén kiképzett szigetelő oxid réteg. Ebből következik, hogy az elektrolit kondenzátorok polarizáltak: csak a megfelelő irányú feszültség esetén szigetel, ellenkező irányban a kondenzátor átvezet, sőt a szigetelő réteg az elektrokémiai reakciók miatt lebomlik (a kondenzátor tönkremegy). Ez a réteg azonban magától is bomlik, ha a kondenzátor sokáig nincs használva. De nem csak ez a veszély leselkedik az ilyen típusú kondenzátorokra. Egy régi elektrolit kondenzátor kiszáradhat, szakadt vagy zárlatos lehet és biztos, hogy a fent említett okok miatt leromlott állapotban van. Legveszélyesebb a zárlatos kondenzátor, mert az áramkörben károsíthatja az alkatrészeket (egyenirányító, tápegység stb.) Kevésbé veszélyes a kiszáradt, kapacitását vesztett, vagy teljesen szakadt kondenzátor, ebben az esetben egyszerűen nem teljesíti feladatát. Ha viszont csak a dielektrikum van leromolva, akkor a kondenzátor egyszerűen regenerálható: az üzemi feszültégre kell tölteni a kondenzátort, és egy darabig úgy hagyni, ennek hatására a szigetelő réteg újra felépül.

Főbb jellemzőik:

- $0,4 - 100 000 \mu\text{F}$ névleges kapacitás
- $6,3 - 500 \text{ V}$ üzemi feszültség

4.2.2.4. Változtatható kapacitású kondenzátorok

A változtatható kapacitású kondenzátorok általában lemezelt állórészbe tengely körül beforduló forgórészből állnak, forgókondenzátor kivitelűek. Lehet egy tengellyel párhuzamosan működő több forgókondenzátor kapacitását változtatni (3.2.1-es ábra).



4.2-1. ábra. Forgókondenzátor (kettős forgó)

A változtatható kapacitású kondenzátorokat felhasználás szempontjából két csoportba oszthatjuk:

- a működés során többször folyamatosan változtatható kapacitású kondenzátor;
- egyszeri beállításra, trimmelésre használt kivitel.

A forgókondenzátort leggyakrabban rezgőkörök hangolására használják.

A forgókondenzátorok az alkalmazott dielektrikum szerint készülhetnek: levegő, csillám, bakelit, kerámia és teflon dielektrikummal.

4.2.3. Kapacitások kapcsolási lehetőségei

A kondenzátorokat – mint az ellenállásokat – lehet sorba és párhuzamosan kötni. Az eredő kapacitás kiszámítása megegyezik az ellenállásoknál tanult módszerekkel, de a soros és párhuzamos szabályok felcserélésével.

4.2.3.1. Soros kapcsolás

Tehát a sorba kapcsolt kondenzátorok eredő kapacitását a (4.10) egyenlőség szerint számíthatjuk.

$$C_e = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Két kapacitás sorba kapcsolásánál itt is használható az egyszerűbb (4.11) képlet.

$$C_e = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}$$

4.2.3.2. Párhuzamos kapcsolás

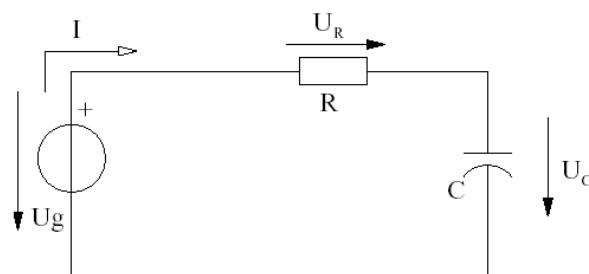
Párhuzamosan kapcsolt kondenzátorok eredő kapacitását a (4.12) képlettel számíthatjuk ki.

$$C_e = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

4.2.4. Kondenzátorok egyenáramú áramkörben

A kondenzátorok egyenáramú áramkörben elmeletileg szakadásként viselkednek. A gyakorlatban azonban mindenkor van valamekkora átvezetés a két fegyverzet között. Továbbá a kondenzátorok bekapcsolásakor (minden gyors elektromos változás hatására) ellenállásuk lecsökken.

4.2.4.1. Soros RC tag működése



4.2-2. ábra. Soros RC tag viselkedése

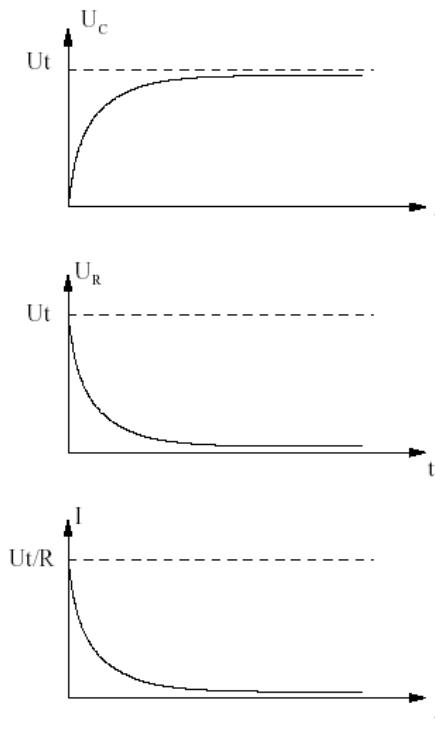
Technológiai kialakításuk miatt a kis kapacitású (pF, nF) kondenzátoroknál mindegy, hogy milyen polaritással kötjük be éket (ez váltakozó áramú áramkörben fontos, mint majd látni fogjuk), de a nagyobb, μ F-os és afölötti elektrolit kondenzátoroknál (röv.: ELKO) figyelnünk kell a helyes bekötésre. Ez utóbbi kondenzátoroknál a kapcsolási rajzon mindenkor feltüntetik a kondenzátor polaritását, de csak a pozitív kivezetést. (Ami lehet egy "+" jel, mint a rajzon, vagy a pozitív fegyverzet megvastagítása)

Tegyük fel, hogy a tápegység ki van kapcsolva és a kondenzátor is teljesen kisütött állapotban van. Próbáljuk meg végigkövetni, hogy mi történik, amikor feszültséget kapcsolunk a kondenzátorra. A generátorból töltések elkezdenek vándorolni a kondenzátor felé. Az áramkör a még kisellenállású kondenzátoron át záródik. A töltések polarizálják a kondenzátort, tehát egyre nagyobb lesz a kondenzátor ellenállása, és így a rajta eső feszültség is. Mivel a kondenzátor feszültsége közeli a generátor feszültségéhez, az áramkörben folyó áram egyre kisebb lesz. Elmondhatjuk tehát, hogy kezdetben a kondenzátor rövidzárként viselkedik, majd egyre nagyobb ellenállást képvisel. Stabil (feltöltött) állapotban szinte egyáltalán nem folyik áram, és a kondenzátor feszültsége megegyezik a generátor feszültségével. Ekkor a kondenzátor teljesen fel van töltve. A fent ismertetett folyamatot a 4.2.2. ábra mutatja.

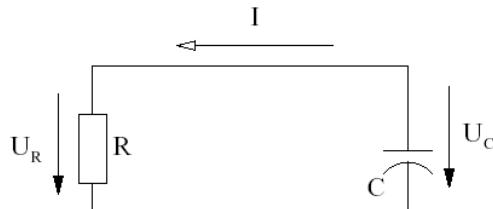
Következő lépésként vegyük le a generátorról a feltöltött kondenzátort és az ellenállást, majd zártuk rövidre a generátor helyén a kapcsolást (4.2.3. ábra). Ekkor az áramkört a kondenzátorban tárolt energia (feszültség) fogja táplálni. Mivel a kapcsolás egy párhuzamos kapcsolás, az ellenálláson és a kondenzátoron lévő feszültség minden időpillanatban meg fog egyezni. Kezdetben a feszültség megegyezik a kondenzátor töltési feszültségével. Az ellenállás kisüti a kondenzátort, tehát a feszültség fokozatosan csökkenni fog.

Kezdetben az áramerősség $I = \frac{U_c}{R}$ értékű, majd folyamatosan csökken. Fehívjuk a figyelmet, hogy az áramerőség ellentétes irányba folyik, tehát a kondenzátorból az áramkör többi része felé!!!

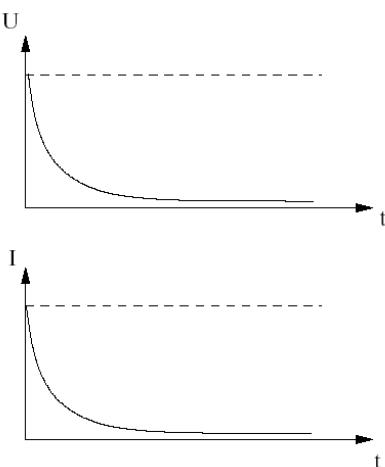
A feszültség és áram viszonyokat a 4.2.4. ábra mutatja.



4.2-3. ábra. Az áramkörben eső feszültségek és az áramkörben folyó áram időbeli függvényei



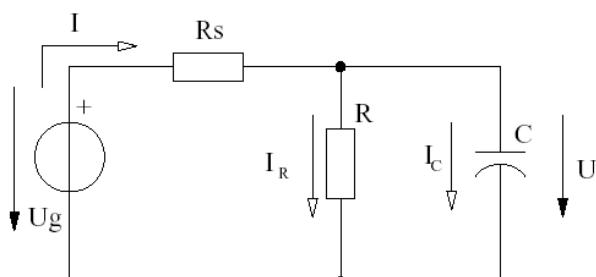
4.2-4. ábra. A kondenzátor kisütése



4.2-5. ábra. Kisütésnél eső feszültség és az áramkörben folyó áram időbeli függvényei

4.2.4.2. Párhuzamos RC tag működése

Figyeljük meg a 4.2.6. ábrán látható kapcsolást!

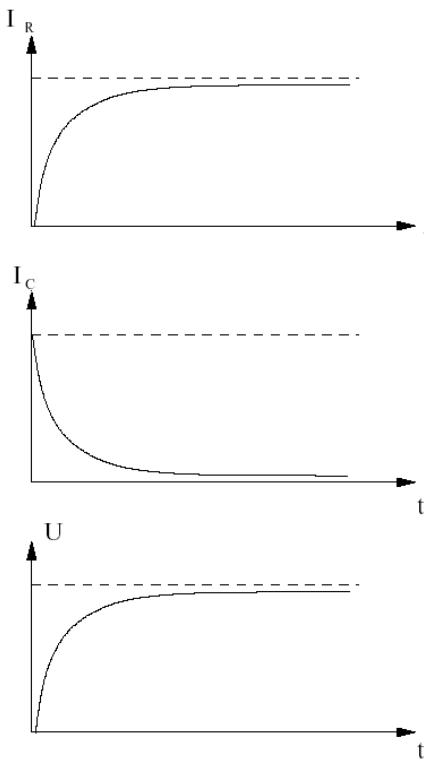


4.2-6. ábra. Párhuzamos RC tag

Kövessük végig az eseményeket! Kezdetben a töltetlen kondenzátor rövidzárként viselkedik, tehát söntöli az R ellenállást, ami következtében nem fog folyni rajta áram. Tehát az áramkörben folyó összes áram a kondenzátoron keresztül fog folyni, ami tölti azt.¹

Ahogyan a kondenzátor elkezd töltődni, növekszik az ellenállása, így az R ellenálláson egyre nagyobb áram kezd el folyni. Végül, amikor a kondenzátor feltöltött és szakadásként jelentkezik, minden áram az R ellenálláson folyik át. Ennek megfelelően az R ellenállás feszültség/áram idő karakterisztikái a 4.2.7. ábrán láthatóak.

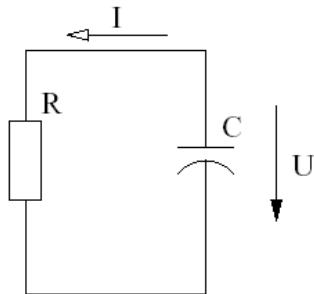
¹ Jelen esetben a kondenzátor rövidre zárná a generátort, ezért beiktatunk a kondenzátor és az áramforrás közé egy soros ellenállást! (R_s)



4.2-7. ábra. Párhuzamos RC tag időfüggvényei

4.2.4.3. Párhuzamos RC kör kisülése

Most iktassuk ki az áramforrást úgy, mint a soros kapcsolásnál, de itt ne zárjuk rövidre az áramforrás helyét, mert azzal a kondenzátort zárnánk rövidre. Helyette csak egyszerűen szakítsuk meg (4.2.8. ábra).



4.2-8. ábra. Párhuzamos RC tag kisülése

Észrevehetjük, hogy a kondenzátor megint az R ellenálláson keresztül fog kisülni, mint a soros kapcsolásnál. Így a kisülés karakteristikája megegyezik a soros kapcsolás kisülésének karakteristikájával, azzal a különbséggel, hogy az áramirány nem fordul meg, hiszen a fegyverzetek ugyanabba az irányba fognak kisülni, mint amerre a generátoros üzemben az áram folyt (4.2.4. ábra).

4.2.5. Kondenzátorok váltakozó áramú körökben

Láttuk, hogy statikus körülmények között a kondenzátor egyenáramon szakadást képvisel, tehát ellenállását végtelennek foghatjuk fel. Mivel a váltakozó áramú körökben nem beszélhetünk statikus állapotról, a kondenzátor valamilyen véges nagyságú ellenállást (reaktancia) fog képviselni. Ez az ellenállás érték függ a frekvenciától, és a kapacitás nagyságától. Mivel ez az ellenállás nem egy Ohmos ellenállás, ezért nem R-el, hanem X_C -vel jelöljük.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

A 4.13. képlet számszerű eredményének mértékegysége szintén: Ω mint az ellenállásnak. Az Ohm törvényteljesítésétől számolhatunk, de csak akkor, ha csak kondenzátor van az áramkörben. Mivel a kapacitás ellenállása nem valós értékű, ezért reaktanciának hívjuk. Egy soros RC kör impedanciáját (eredő ellenállását) nem lehet összegezni úgy, ahogy azt az egyenáramú körökben megszokhattuk. Későbbiekben ezzel részletesen foglalkozunk.

Vizsgálunk meg egy soros RC körét változófeszültséggel táplálva. Tudjuk, hogy nagyfrekvencián a kondenzátor rövidzáráként fogható fel, míg kisfrekvenciákon szakadásként viselkedik. Köztes frekvenciákon véges impedanciát képvisel a kör. Van egy kitüntetett frekvencia, ahol a kapacitás impedanciája pontosan megegyezik az ellenállás értékével. Ez a pont a határfrekvencia. Ezt a frekvenciát minden a 4.14. képlet alapján kell kiszámítani.

$$f = \frac{1}{2\pi R C}$$

4.3. Induktivitás

Tekercsnek nevezzük az elektromos eszközöket, melyek huzal feltekercselésével keletkeztek. Ha egy vezetőben villamos áram folyik, akkor a vezető körül elektromágneses tér keletkezik. Ez igaz fordítva is, ha egy vezetőt körül megváltozik a mágneses tériterősség, akkor a vezetőben áram indukálódik. Ezekre a huzalból tekercseléssel készült alkatrészekre a változó áramú körökben való alkalmazás a jellemző. A tekercs ugyanis egyenáramon nagyon jó és relatív kis ohmos ellenállást képviselő átvezetést ad, míg a rajta lévő jel frekvenciájával lineárisan növekvő változó áramú ellenállást – más néven impedanciát – képvisel.

4.3.1. A tekercs jele, és mértékegysége

A tekercs jele az L, mértékegysége a H (Henry). 1H nagyon nagy érték, ezért nH, vagy μH értékeket szoktunk használni.

4.3.2. A tekercs induktivitása

A tekercs induktivitása függ a fizikai adataitól, tehát a tekercs keresztmetszetétől (A), a tekercs menetszámától (n), a tekercs hosszától (l), valamint a vasmag anyagi minőségétől ($\mu_0 \mu_r$). (4.15. egyenlet)

$$L = \mu_0 \mu_r n^2 \frac{A}{l}$$

4.3.3. A tekercs reaktanciája

A tekercs -a kondenzátorhoz hasonlóan- nem valós ellenállást képvisel, hanem reaktanciát. Ezt az értéket X_L -el jelöljük. A tekercs reaktanciája egyenes arányban van a frekvenciával. (4.16. egyenlet)

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

A tekercsek fizikai megvalósítását tekintve rendelkeznek soros, ohmos veszteségi ellenállással is (a huzal ellenállása). Az ohmos veszteségi ellenállás következtében egy valóságos tekercs impedanciája már nemcsak tisztán relatív, $j\omega L$ (j a képzetes részre utal) nagyságú impedanciát képvisel, hanem sok esetben figyelembe kell venni a tekercs soros ellenállását (R_S) is:

$$\begin{aligned} X_L &= R_S + j\omega L \\ |X_L| &= \sqrt{R_S^2 + \omega^2 L^2} \end{aligned}$$

A 4.16a-s egyenlet második részében feltüntettük az eredő kiszámításának menetét is.

4.3.4. A tekercs jósági tényezője

A tekercsekre jellemző a jósági tényező is (Q), amely megadja a tekercs impedanciája képzetes és valós részének arányát egy adott frekvencián:

$$Q = \frac{\omega L}{R_s}$$

A nagy jóságú tekercsek tehát kis soros veszteségi ellenállással rendelkeznek az impedancia relatív összetevőjéhez képest.

4.3.5. Tekercsek alkalmazása nagyfrekvenciás körökben

A tekercsek a rajtuk átfolyó áram által keltett mágneses tér révén tárolják a beléjük vezetett elektromos energiát. A mágneses térnek a tekercs belsejébe való koncentrálása előnyös, mert ezáltal növekszik a tekercs induktivitása azonos menetszám mellett és nő az energiabefogadó képessége. A mágneses tér koncentrálására szolgáló eszközök a vasmagok. A vasmag alkalmazása egyben a tekercs mágneses szórását is jelentősen csökkenti.

A különböző frekvenciájú áramkörökben a tekercsek vasmagja a következő:

- 20 Hz...20 kHz: vas;
- 20 kHz...100 MHz: ferrit vasmagok;
- 100 MHz fölött: légmagos tekercsek.

A nagyfrekvenciás vasmagos tekercsek vasmagja az esetek nagy többségében úgy van kialakítva, hogy valamely szerszámmal (pl. csavarhúzó) állítható legyen. Ily módon a tekercs induktivitása $\pm 5\ldots 30\%$ toleranciahatárok között finoman beállítható.

A tekercsbe helyezett vasmag jelentősen növeli a tekercs induktivitását, és ezért azonos induktivitásérték mellett a vasmagos tekercsre lényegesen kevesebb menetszám és ezzel rövidebb huzal szükséges.

A vasmagos nagyfrekvenciás tekercsek jósági tényezője $Q = 50\ldots 500$ értékek között szokott lenni, a tekercs felépítésétől és a vasmagtól függően.

4.3.6. Tekercsek soros és párhuzamos kapcsolása

A tekercsek az ellenállásokhoz hasonlóan egymással sorba, ill. párhuzamosan kapcsolhatóak. Ilyenkor az eredő induktivitás – ha a tekercsek között nincs csatolás – a következő képletekkel számítható ki.

Soros kapcsolás:

$$L_e = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

Párhuzamos kapcsolás:

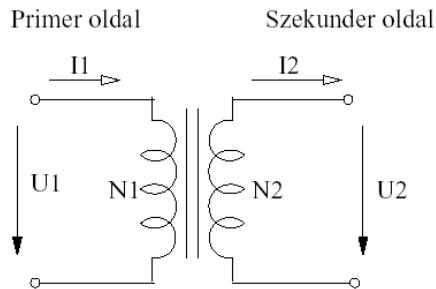
$$L_e = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

4.4. Transzformátorok alkalmazása és használata

Ha két tekercset ugyanazon magra tekerünk, akkor a két tekercsben lévő térerőssége megegyezik. Ha az egyik tekercsre (primer tekercs) áramot kapcsolunk, akkor az megváltoztatja a térerőséget. Ez a megváltozott térerő a másik tekercsben (szekunder tekercs) áramot indukál. Ezt az elrendezést transzformátnak hívjuk.

4.4.1. Ideális transzformátor

Ideális transzformátor a gyakorlatban nem létezik. Ideális transzformátoroknak nevezzük azt, a transzformátort, melynek nincsenek veszteségeik. Ez azt jelenti, hogy a primer tekercsben keletkezett téterőség maradéktalanul eljut a szekunder tekercsbe.



4.4-1. ábra. Transzformátor jelölése, valamint a feszültségei és áramai

A primer és a szekunder oldali feszültségek aránya megegyezik a menetszámok arányával. Mivel teljesítményt nem erősíthet a transzformátor, ezért az áramok fordítottan arányosak egymással. (4.17., 4.18., 4.19. képletek)

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$P_1 = P_2$$

4.4.2. Kialakítás szerinti típusok

4.4.2.1. Toroid transzformátor



4.4-2. ábra Toroid transzformátor

Egy gyűrű alakú magra tekercselik fel a *primer* valamint a *szekunder* tekercseket.

Előnye ennek a módszernek a nagy hatásfok (a hagyományos vasmagos megoldáshoz képest ugyanaz a teljesítmény kisebb transzformátor igényel). Ezzel szemben nagyon nehézen kivitelezhető.

4.4.2.2. Hagyományos lemezelt és tekercselt vasmagos transzformátor



4.4-3. ábra Hagyományos lemezelt transzformátor

Tekercselt vasmag: Az örvényáramok kiküszöbölésére ferromágneses lemezszerű anyagból tekercselnek. A feltekercselt magot középen elfürészlik, majd teljesen simára köszörülik, hogy azokat tökéletesen össze lehessen illeszteni.

Lemezelt vasmag: Többféle kialakítás létezik (EI,M, stb). A lemezeket egymástól elszigetelve kell a csévébe helyezni, majd azokat csavarral egymáshoz rögzíteni. Olcsó kivitel, kevésbé jó hatásfok jellemzi.

4.4.3. Alkalmazási típusok

Transzformátort akkor használunk, ha feszültség, áram vagy impedancia illesztést kell elvégeznünk. A feszültség- és áramillesztésre példa a hálózati transzformátor, mely a 230V-os hálózati feszültséget például 12V-ra alakítja át. Impedancia illesztést pedig nagyfrekvenciás körökben szoktak alkalmazni.

A másik alkalmazási terület a leválasztás. Mivel a primer és a szekunder tekercsek nem érintkeznek galvanikusan, a két áramkör között teljes leválasztás érhet el. Ez akkor jelentős, ha pl. két olyan áramkör között kell váltóáramú kapcsolatot teremteni, amelyek nem kerülhetnek galvanikus kapcsolatba. Erre is jó példa a hálózati transzformátor.

4.4.3.1. Impulzustranszformátor

Alkalmazása főleg kapcsolóüzemű tápegységekben. Bemenetére nagyfrekvenciás négyszög-impulzusok kerülnek.

4.4.3.2. Szóró-transzformátorok

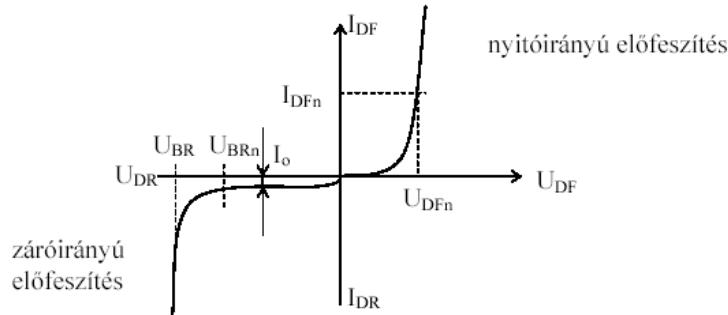
A primer valamint a szekunder tekercsek között nincs nagy csatolás. Kisteljesítményű, nagyfeszültségű tápegységekben használatos.

4.5. Dióda

A diódák olyan félvezető eszközök, melyek két rétegből állnak. Ezek az eszközöket általában egyenirányításra használjuk. Jelentős szerepük van modulátorokban, stabilizátorokban. Vannak olyan diódák, melyek rezgéskeltésre is alkalmasak oszcillátorokban.

A dióda két félvezető rétegből állnak; tehát egy P-N átmenetet valósítanak meg. A diódákat szilíciumból készítik, de léteznek különleges diódák, melyek GaAs-ból készítenek. Ilyen anyagokat használnak a fénykibocsátó LED diódáknál, valamint a nagyfrekvenciás eszközöknél.

4.5.1. A dióda működése; karakterisztikája



4.5-1. ábra. Dióda karakterisztikája

Látható, hogy a diódák a rájuk kapcsolt feszültség polaritásától (és nagyságától) függően vezetnek vagy sem. A dióda nyitóirányban (U_{DF}, I_{DF}) akkor van előfeszítve, ha az anódján a feszültség pozitívabb, mint a katódján. Záróirányban (U_{DR}, I_{DR}) az előfeszítés iránya ellentétes. A záróirányú karakterisztika áram tengelyének (IR) léptékezése eltér a nyitóirányú karakterisztikától a záróirányú áram bemutatása érdekében (a záróirányú áram a nyitóirányú áramhoz képest több nagysággal kisebb).

4.5.2. Diódák tulajdonságai, paraméterei

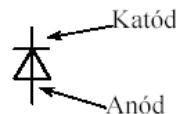
A diódákra jellemző statikus paraméterek:

- nyitóirányú névleges áramerősség (I_{DF})
- nyitóirányú névleges feszültség (U_{DFn}),
- maximális disszipációs teljesítmény,
- visszáram (záróirányú normál működés esetén – I_0),
- záróirányú névleges letörési feszültség (U_{BR}).

A dióda jellemző dinamikus paraméterei:

Bekapcsolási idő, amely a felfutási és a késleltetési időből tevődik össze, valamint a kikapcsolási idő, amely a töltéstárolási időből és a lefutási időből tevődik össze. A töltéstárolási idő döntően befolyásolja a dióda gyorsaságát. Oka a nyitóirányban a rétegen felhalmozott jelentős mennyiségű szabad töltéshordozó, amelynek kisütése időt igényel, különösen akkor, ha a dióda nyitóból záróirányba kerül és így a töltésáramlás lecsökken. A gyorskapcsoló diódák esetén ezt az értéket a szennyezés beállításával és a megfelelő réteg konstrukcióval szorítják le. Különösen nagy sebességű diódákat vagy Shottky-diódával vagy PIN diódával valósítunk meg. A nagyfrekvenciás diódák eltérő kialakításúak a GHz tartományban fellépő jelenségek miatt pl. Gunn, IMPATT, stb. diódák. Az egyenirányító és teljesítmény diódák esetében a melegedési problémák jelentősebbek, így azokat arra konstruálják.

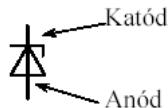
4.5.3. Egyenirányító diódák



4.5-2. ábra. Egyenirányító dióda jelölése és kivezetései

Az egyenirányító diódákra jellemző, hogy nyitóirányban nagyon kicsi (szilíciumnál tipikusan 0.6V) nyitófeszültséggel rendelkeznek. Ez azt jelenti, hogyha a diódán ennél a feszültséghatárnál nagyobb esik, akkor a dióda vezetővé válik. Záróirányban a diódák csak nagy záróirányú feszültség esetén vezetnek (rendellenes működés, a dióda tönkremegy!)

4.5.4. Zener dióda



4.5-3. ábra. Zener dióda jelölése és kivezetései

A Zener-diódák olyan kétrétegű félvezetők, amelyek tartósan a letörési tartományban dolgoznak. A legtöbb félvezető elérve a letörési feszültség határértékét tönkremegy, elsősorban a jelenség hatására a rétegekben egyre növekvő hőmérséklettől. A Zener-dióda esetében azonban az ilyenkor keletkező hőmennyiség elvezetését megoldották és az eszköz A Zener diódára jellemző, hogy a záróirányú letörési feszültsége alacsony. Ezt a feszültséget a lapka adagolásával állítják be a gyártók. Nyitóirányban a Zener dióda kisteljesítményű diódaként viselkedik, míg záróirányban előfeszítve a Zener dióda áramváltozás hatására is megtartja a zárófeszültséget, tehát feszültségstabilizáló hatást ér el. A Zener dióda maximális áramát a névleges disszipációs teljesítménye határozza meg (általában $< 2W$).

4.5.5. Shottky-dióda



4.5-4. ábra. Shottky dióda jelölése

Fém-félvezető dióda (pl. Al-Si), amelynek jellemzője a Si diódánál lényegesen kisebb nyitóirányú feszültség. Ezt a tulajdonságát felhasználva elsősorban gyorskapcsoló diódaként a digitális áramkörök fontos alkatrésze.

4.5.6. Varicap-dióda (kapacitás dióda)



4.5-5. ábra. Varicap-dióda jelölése

A varicap diódák a pn átmenet kiürített rétegének feszültséggel változó kapacitását használják ki. A záróirányba kapcsolt pn réteg kiürített rétegében csak kisebbségi töltéshordozók halmozódnak fel, a p rétegen n az n rétegen p megoszlásban. Így tulajdonképpen egy sík kondenzátort kapunk. Mivel a réteg vastagsága a szennyezésen és a hőmérsékleten túl a rákapcsolt feszültségtől függ, egy feszültséggel vezérelt kapacitáshoz jutunk. A félvezető speciális kialakításával és szennyezésével ez a hatás fokozható. A kapcsolat a vezérlő feszültség és a kapacitás között nemlineáris. Tipikus kapacitások a 10..300 pF tartományba esnek.

Elsősorban feszültséggel hangolt rezgőkörökben alkalmazzák rádiótechnikai célokra.

4.5.7. Fénykibocsátó dióda (LED)

A fénytartományba sugárzó eszközök a direkt félvezetők, amelynek jellemző alapanyagai a GaAs, GaN. A direkt félvezetők által kisugárzott fény spektruma a láthatófény vagy az IR tartományba eshet.

A spektrumot a láthatófény tartományba szennyezéssel tolják el, így GaAsP vörös diódát, GaAsP:N sárga és GaP:N zöld diódát eredményez. A hideg színek felé haladva a hatásfok egyre romlik.

Létezik kék és fehér színű LED is, azonban a hatásfok további romlása következik be.

A LED-ekre jellemző a sugárzási szögük, a maximális kibocsátható fényteljesítmény (fényerő) és a sugárzási fényspektrum (szín).

4.5.8. Diódák soros és párhuzamos kapcsolása

Diódákat sorosan kapcsolva egy olyan diódát kapunk, melynek nyitó irányú feszültsége az összekapcsolt diódák nyitófeszültségeinek összegével lesz egyenlő. Tehát ha két Si diódát kapcsolunk össze, akkor annak

nyitófeszültsége 1.4 V körüli lesz.

Párhuzamos kapcsolásnál csak az antiparalell kapcsolás jöhet szóba. Ekkor egy olyan kapcsolást kapunk mely bárhogyan előfeszítve 0.6V körüli nyitó valamint záróirányú feszültséget ejt.

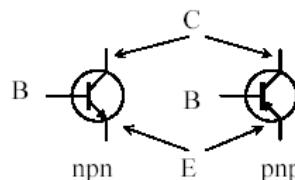
4.5.9. Tranzisztor

A tranzisztorok két csoportba sorolhatók:

- bipoláris tranzisztorok
- térvezérlésű tranzisztorok (Field Effect Transistor – FET)

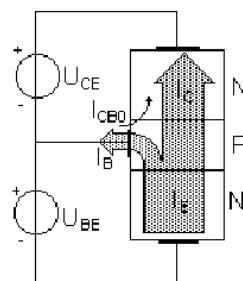
4.5.10. Bipoláris tranzisztor

A bipoláris tranzisztor működése az úgynevezett pn-átmeneten alapul. Az egyszerű tranzisztor három, egymáson elhelyezkedő rétegből - egy p-, egy n- és ismét egy p-vezető zónából (npn tranzisztor), illetve npn tranzisztor esetén fordított sorrendű rétegekből - áll. A külső két réteget (a trióda anódjának és katódjának megfelelően) kollektornak (C) és emitternek (E) nevezik, a középsőt az elektroncső rácsának megfelelően bázisnak (B) hívják. Az egyes rétegeket kezdetben germánium alapra építették fel, ma elsősorban az olcsóbb szilícium alapra készül. A bázis jóval vékonyabb, mint a másik két réteg. Ha a bázison nincs megfelelő bázisfeszültség, akkor a tranzisztor nem vezet a kollektor és az emitter között. Amennyiben a bázisra feszültséget kapcsolnak, a tranzisztor a feszültség értékének megfelelő mértékben vezetővé válik. Mivel a bázisáram rendkívül kicsi a kollektor-emitter áramhoz képest, nagy áramerősítés érhető el az eszközzel, s erősítőként, valamint kapcsolószereként egyaránt jól használható.



4.5-6. ábra. NPN és PNP tranzisztor áramkori jele és kivezetései

4.5.10.1. Tranzisztorok működése



4.5-7. ábra. NPN bipoláris tranzisztor működése

A fenti ábra segítségével kívánjuk szemléltetni a tranzisztorhatást, továbbá az alábbiakban ismertetésre kerül a működés definíciója:

Az NPN tranzisztorra kapcsolt U_{BE} feszültség nyitja a D_{BE} diódát, az U_{CB} feszültség pedig zárja a D_{CB} diódát. Az U_{BE} feszültség hatására meginduló I_E áramnak csak egy része folyik I_B áramként, az elektronok többsége a Bázisban felgyorsulva, és a pozitív Kollektor feszültség szívó hatására a Kollektorban folyik át. Ez az I_C kollektoraáram. A záróirányban előfeszített D_{CB} diódán I_{CB0} visszáram is folyik, amelynek nagysága a gyakorlatban elhanyagolható. Tehát a tranzisztorra az $I_E = I_B + I_C + I_{CB0}$ csomóponti egyenlet érvényes.

Konstans U_{BE} és U_{CB} feszültségek mellett az I_B és I_C áram aránya is konstans.

Statikus áramerősítési tényező:

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Dinamikus áramerősítési tényező:

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

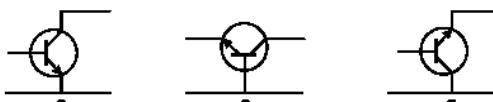
Korszerű tranzisztoroknál: $B \approx \beta$, továbbá a nagy értéke miatt az $I_C \approx I_E$ közelítés nagyon gyakran megfelelő.

4.5.10.2. Tranzisztor alapkapsolások

Attól függően, hogy a tranzisztor három csatlakozási pontja közül melyiket csatlakoztatjuk állandó potenciálú pólusra, megkülönböztetünk:

- földelt emitteres,
- földelt bázisú,
- földelt kollektoros

alapkacsolásokat. A felsoroltak mindegyike rendelkezik egy megadott felhasználási eset szemszögéből nézve előnyösebb vagy hátrányosabb adottságokkal, ezért a gyakorlatban mindenkor alkalmazásra kerül.



4.5-8. ábra. Tranzisztor alapkapsolások (földelt emitteres, -bázisú, -kollektoros)

4.5.10.3. Tranzisztorok típusai

Sokfajta tranzisztor gyártanak és hoznak forgalomba. A tranzisztorok frekvencia és teljesítmény szerint osztályozhatók. A frekvencia szerinti osztályozás alapján megkülönböztetünk hangfrekvenciás, középfrekvenciás és nagyfrekvenciás tranzisztorokat. A terhelhetőség szempontjából megkülönböztetünk: kis, közepes, és nagy teljesítményű tranzisztorokat. Külön csoportokat képeznek a kapcsolótranzisztorok és egyéb különleges felépítésű bipoláris tranzisztorok.

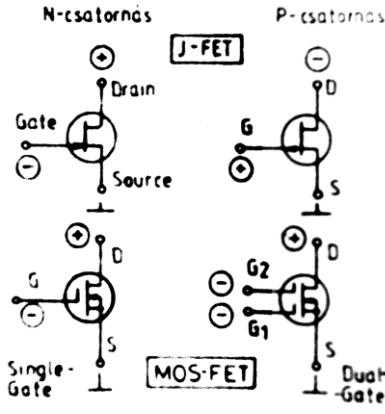
4.5.11. Térvezérlésű tranzisztorok (FET-ek)

A térvezérlésű tranzisztorok (Field Effect Transistor = FET) működési elve alapjaiban eltér a bipoláris tranzisztoroktól. Itt az áramvezetés mértéke statikus feszültséggel befolyásolható, továbbá mivel nincs vezérlőáram, a vezérléshez teljesítmény sem szükséges, így a bementi ellenállása közel végtelen.

A FET-ek alábbi típusait különböztetjük meg:

1. JFET
2. MOSFET

Mindegyik típusnál megkülönböztetünk N-, és P- csatornás változatot.



4.5-9. ábra. FET-ek típusai

4.5.11.1. JFET család

Történelmileg a JFET családot fejlesztették ki először.

Felépítése: a *gate* vezérlőelektródát egy záróirányban előfeszített félvezető réteg (Junction) választja el az áram útjától.

Működése: vezérlés nélküli állapotban a JFET vezet, azaz maximális áram folyik D és S között, míg a vezérlőfeszültség (U_{GS}) növekedésével az áram csökken D és S között.

4.5.11.2. MOSFET család

A később kifejlesztett MOSFET-ek két típusát különböztetjük meg: a kiürítést és a növekményest.

Felépítése: a fémiből kialakított vezérlő *gate* elektródát egy, a szilíciumkristályon kialakított oxidréteg választja el az áramúttól.

Működése: A kiürítéses MOSFET-eknél vezérlés nélküli állapotban, mikor $U_{GS} = 0$ maximális áram folyik S és D között, majd a vezérlőfeszültség növekedésével az áramerősség csökken (nullához tart). A növekményes MOSFET-eknél vezérlés nélkül ($U_{GS} = 0$) nem folyik áram az S és D között, a feszültség növekedésével egy bizonyos szint felett indul meg az áramlás S és D között ($I_{DS\max}$ -hoz tart).

4.5.11.3. A FET-ek alkalmazási területei

A FET tranzisztorok tipikus alkalmazási területe részben megegyezik, részben eltér a bipoláris tranzisztorétől.

Tipikus alkalmazási területek:

- lineáris erősítőkben,
- digitális kapcsolóáramkörökben;
- feszültségvezérelt ellenállásként;
- feszültségvezérelt áramforrásként.

4.5.12. Tranzisztor, mint erősítő elem

A tranzisztor gyakorlatilag egy vezérelt áramgenerátor. Láthattuk, hogy a bázison folyó áram nagyságrendekkel kevesebb, mint a kollektorban átfolyó áram. Továbbá elmondható, hogy a tranzisztor kollektor áramát a BE diódával lehet szabályozni; vagyis a BE elektródák közötti feszültséggel.

A kollektor általában egy ellenállásra dolgozik, mely a kollektor áramot feszültséggé alakítja. Így az eredő kapcsolásból egy feszültségerősítőt nyerhetünk. Ezeket a kapcsolásokat a rádiótechnikában nagyon sokat használjuk.

Belátható, hogyha egy erősítő kimenetét valamilyen visszacsatoló hálózaton keresztül visszacsatoljuk a bemenetre, akkor így egy olyan állapotba kerülhet az erősítő, melyben bemenő gerjesztés nélkül is kimenő jelet produkál. Ezt a jelenséget oszcillációt nevezzük. A jelenség lehet káros is, amikor nemkívánatos utakon kerül az erősítőnk bemenetére a kimenetén lévő jel. Ekkor azt mondjuk, hogy az erősítő begerjed. Ebben a helyzetben az erősítőt nem lehet tovább erősítésre használni.

Ha tudatosan hozunk olyan állapotba egy erősítőt, hogy az oszcillálni kezdjen, akkor oszcillátor kapcsolásról beszélünk. Ezekben a kapcsolásokban általában egy vagy több frekvencia-meghatározó elem van, mely az oszcilláció frekvenciáját az általa meghatározott frekvenciára hangolja.

4.6. Elektroncsövek

Az elektroncsövek voltak az erősítőelemek úttörői. Az elektroncsöveget egy évszázada találták fel. Eleinte csak a hangfrekvenciás tartományban használták.



4.6-1. ábra Elektroncső

Ma elmondhatjuk, hogy az elektroncsövek minden frekvenciatartományban, szélsőséges teljesítmény viszonyok mellett is képesek üzemelni. Máig használnak elektroncsöveget rádió-adóberendezésekben, radar berendezések oszcillátoraiiban, és végül, de nem utolsó sorban professzionális audiótechnikában, valamint az egyre kevésbé elterjedt CRT típusú TV készülékekben, valamint monitorokban. Elmondható azonban, hogy az elektronikának a része volt mindig.

4.6.1. Elektroncsövek felépítése, működése

A felépítése nagyon egyszerű. A katódot izzítani kell, hogy belőle kiléphessenek elektronok. Az elektronok az anód feszültség függvényében gyorsulnak, majd az anódba ütköznek. Az anód és a katód között egy harmadik elektróda is elhelyezkedik. Ezt az elektródát rácsnak hívják. A rácsot, ahogy neve is sugallja, egy rácsként kell elképzelni, mely szerkezetei között az elektronok el tudnak suhanni. Azonban ha feszültséget kapcsolunk a katód és a rács közé, a fellépő térről befolyásolja a katód felé áramló elektronok intenzitását. Ez a hatás lehet erősítő és csillapító hatású. Ez a vezérlés erősítést eredményez.

4.6.2. Elektroncsövek tulajdonságai

Az elektroncsövek rácsellenállása a FET tranzisztorokhoz hasonlóan nagyon magas. Ezért nagyon jó előerősítőt lehet belőlük készíteni.

Az elektroncsöveget azért szorította ki a tranzisztor, mert nagyon magas anódfeszültséget követelt meg. Ez a feszültség néhány száz volt nagyságrendben van. Továbbá gondoskodni kellett a csövek katódjainak fűtéseiről. Amíg a katód hideg volt, a cső nem működött. A bemelegedési idő akár néhány perct is igénybe vehetett.

4.7. Integrált áramkörök

4.7.1. A digitális technika alapjai

Az integrált áramkörök a modern elektronika talán legfontosabb építőelemei, nélkülük a mai elektronikai ipar elköpzelhetetlen lenne.

Az integrált áramköröket az eredeti angol elnevezésüknek megfelelően IC-knek (Integrated Circuit) hívják.

Integrált áramkörök gyakorlatilag diszkrét elemek összezárása egyetlen tokban. Az első integrált áramkörök valós ellenállásokból, kondenzátorokból, félvezetőkből álltak. Kézzel szerelték össze, majd egy tokba helyezték őket és kiöntötték gyantával. Ma azonban lehetőség van a félvezető lapkán létrehozni ezeket az alkatrészeket. Manapság néhány négyzetcentiméteren több millió tranzisztor képes megvalósítani.

Az IC-ket ma már számtalan helyen és cérla alkalmazzák. Léteznek univerzális típusok, de vannak csak egy egészen speciális cérla szolgáló IC-k is.

Az integrált áramkörök két típusát különböztetjük meg:

- digitális IC-k,
- analóg IC-k.

4.7.2. Az integrált áramkörök előnyei

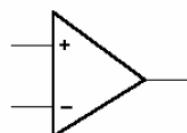
Sok minden szól az integrált áramkörök használata mellett. A négy legfontosabb érv:

- 1) **Megbízhatóság:** A modern, bonyolult kapcsolások jóval terjedelmesebbek lennének, ha önálló – „diszkrét” – alkatrészek összeállítással készülnének. Az IC használata csökkenti a hibalehetőségek számát, s ezáltal növeli az összetettebb kapcsolások megbízhatóságát.
- 2) **Gazdaságosság:** Egy integrált áramköri elem ára jóval alacsonyabb, mint ha az áramkört diszkrét elemek sokaságából építenénk fel.
- 3) **Helytakarékos szerelés:** Az integrált áramköri elemekből felépített áramkörök kis helyigényteljesek, így könnyű és jól hordozható adó-vevők készíthetők. Ugyanez diszkrét alkatrészekkel nagyobb méretű és nehezebb eszközök eredménye.
- 4) **Könnyű javíthatóság:** Az esetleges fellépő hibákat egy IC-kkel megépített kapcsolásban könnyebben behatárolhatjuk, tokokat használva pedig könnyen cserélhetjük azokat.

4.7.3. Műveleti erősítők

Az integrálási technika lehetővé teszi olyan többfokozatú, általános célú és felhasználású erősítők kialakítását is, amelyek diszkrét elemekkel nem, vagy nem azonos minőségen állíthatók elő. Az áramkörök kialakítása során kihasználják azt a lehetőséget is, amit a közel egyforma, azonos paraméterű és nagy számban integrálható aktív elemek kínálnak. Hátrányt jelent azonban, hogy néhány passzív alkatrész egyáltalán nem vagy csak korlátozott értékben integrálható, pl. közepes és nagy kapacitású kondenzátorok, induktivitások, transzformátorok. Alapvetően a műveleti erősítőkkel közvetlenül csatolt (egyenáramú erősítők, DC csatolt) valósíthatók meg minimális külső alkatrész igényteljesítése.

Jele:



4.7-1. ábra Műveleti erősítő jele

A műveleti erősítő bemeneteinek tulajdonsága:

- A ‘+’ -al jelölt bemenet neve nem invertáló bemenet, mert az ide kapcsolt jel a kimeneten a bemenetivel azonos fázisban jelenik meg.
- A ‘-’ -al jelölt bemenet neve invertáló bemenet, mert az ide kapcsolt jel a kimeneten a bemenetihez képest 180 fokos fázisfordítással jelenik meg.
- A bemenetekre egyidejűleg is kapcsolhatunk jelet, ekkor a kimeneten a jelek előjeles különbségét kapjuk.

A műveleti erősítőkkel az alábbi kapcsolások valósíthatók meg:

- lineáris erősítő (negatív visszacsatolással)
- nem-invertáló erősítő
- invertáló erősítő
- összeadó áramkör
- kivonó áramkör
- integráló áramkör
- differenciátor
- késleltető áramkör

4.8. Hődisszipáció

Mint ahogy azt már korábban részleteztük, az áramnak hőhatása is van. Általánosságban elmondható, hogy minden elemen a $P = UI$ képlettel lehet kiszámolni a rajta fellépő hőteljesítményt. Ezt a teljesítményt megfelelő hűtő eszközökkel (hűtőcsillag, hűtőborda) el kell vezetni.

4.8.1. Hődisszipáció diódákon

Nyitó irányban a diódán 0.6V esik. A rajta fellépő hőteljesítmény a $P_D = 0.6V * I$ képlettel számítható, ahol I a diódán átfolyó áramerősség.

Zártirányban p1. Zener diódáknál a diódára jellemző zárófeszültség és a rajta átfolyó áram szorzata adja meg a disszipált teljesítményt.

4.8.2. Hődisszipáció tranzisztoroknál

Tranzisztoroknál az kollektoráram, valamint a kollektor és az emitter között eső feszültség szorzata adja a disszipált teljesítményt.

5. fejezet

Rádióhullám és moduláció

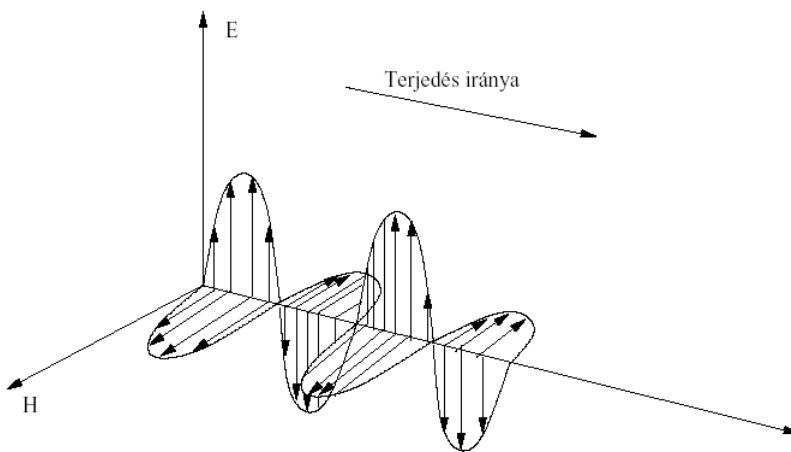
Jónap Gergő HG5OJG

5.1. Rádióhullámok

Az elektromágneses hullámok keletkezése minden az elektronok mozgására vezethető vissza. Rádióhullámoknak nevezzük azokat az elektromágneses hullámokat, amelyek frekvenciája 30 kHz - 3000 GHz közé esik. Legfontosabb fizikai tulajdonságai, hogy energiát és információt hordoznak, valamint térben közel fénysebességgel terjednek (300000 km/s). Az elektromágneses hullámok a tér egy-egy pontjában az elektromos és mágneses terek átalakulásából keletkeznek. Az elektromágneses hullámokat egy energiaforrásból gerjeszteni kell. Az így kapott energiát az elektromágneses hullám átviszi az adott közegen keresztül és a tér minden egyes pontjának átadja. Ha a szétterülő elektromágneses hullámokkal információt akarunk továbbítani, akkor egyes jellemzőit időben változtatnunk kell. Ilyen jellemzők lehetnek: amplitúdó, frekvencia és a fázis. Az elektromágneses hullámok frekvenciája és hullámhossza között az alábbi összefüggés van, ahol a c a hullám terjedési sebessége, λ a hullámhossz, melynek mértékegysége m (méter).

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Az elektromágneses teret szemléletes módon vektorokkal is jellemezhetjük (5.1.1. ábra). Az elektromágneses hullámok egyik legfontosabb jellemzője a polarizáció. Polarizációnak nevezzük az elektromágneses hullámok elektromos vektorának (E) végpontja által végzett rezgések irányát. Viszonyításnak minden a földfelszínt vesszők vízszintesnek. Háromféle polarizációt különböztetünk meg: lineáris, körkörös és elliptikus polarizációt. Lineárisnak nevezzük a polarizációt, ha az E vektor végpontja egyenes mentén rezeg. A földfelszínhez viszonyítva beszélhetünk függőleges (vertikális) és vízszintes (horizontális) polarizációról. Az elliptikus polarizáció esetén az elektromos komponens iránya körmözgást végez. A körforgás irányától függően beszélünk jobbra vagy balra forgó körpolarizációról. Az elliptikus polarizációt elsősorban magasabb frekvenciákon alkalmazzák (pl. ürtávközlés).



5.1-1. ábra. Elektromágneses hullám terjedése

5.2. Modulált jelek

A rádiófrekvenziás közeg (éter) jól alkalmazható hírközlési csatornaként, amely segítségével információ továbbítható nagy távolságra és egyszerre több vételi helyre egyaránt. Az információ (kép, hang, adat) rádiófrekvenziás csatornákon történő átvitelénél a legfontosabb cél az, hogy az információ továbbítási helyéről (adó) a fogadási helyéig (vevő) változatlan formában megérkezzen (vagyis értelmezhető legyen, a lehető legkisebb információveszteséget szenved el).

A rádiófrekvenziás átvitelnél az üzenetjelet az adó a csatorna bemenetére csatolja, ahol az üzenetjel átalakítása is megtörténik. Az üzenetjel átalakítása azért szükséges, mert azt közvetlenül a hírközlő (rádiós) csatornán átvinni nem lehet. Az üzenetjel átalakításának főbb lépései: erősítés, szűrés és a moduláció. Ezek közül a legfontosabb a moduláció, amely egy olyan eljárás, amelyben egy alkalmasan választott vivőhullámmal a továbbítandó jel tulajdonságait úgy változtatja meg, hogy az jól illeszkedjék az átviteli csatorna tulajdonságaihoz. A moduláció során egy nagyfrekvenziás jel elektromágneses jellemzőit változtatjuk meg. Ilyen jellemzők: pl. az amplitúdó, a frekvencia, a fázis és a nulla átmenetek távolsága. Bármilyen jellemző megváltozását is tüzzük ki célul, a nagyfrekvenziás jelnek az alábbi követelményeket kell kielégítenie: periodikus jelnek kell lennie, jó hatásfokkal továbbíthatónak és más elektromágneses jelről megkülönböztethetőnek, szérválaszthatónak kell lennie. Továbbá az információátvitel szempontjából olyan jellemzőkkel kell rendelkeznie, amelyek nem hatnak egymásra. Az ilyen tulajdonsággal rendelkező elektromágneses jelet vivőnek nevezünk. A vivő hullámformájának és modulációs rendszerének megválasztása (adott esetben melyik módszert alkalmazzák) függ a megengedett sávszélességtől, és teljesítményétől, a csatorna jel/zaj viszonyától stb. A vivők legtöbb esetben végig jelen van az átvitelben, más esetben részben vagy egészben el van nyomva.

A modulációs eljárással előállított jelet modulált jelnek, míg az eredeti információt hordozó jelet modulálójelnek nevezünk.

A modulálandó jel (vivő) frekenciája mindenkor nagyobb, mint a moduláló jel (eredeti információ) legnagyobb frekvenciájának kétszerese. Pl: 4 kHz-es jel átviteléhez minimum 8 kHz-es nagyfrekvenziás jel kell.

A rádiófrekvenziás átvitelnél a vevő fő funkciója, hogy kitermelje a csatorna kimenetén vett leromlott paraméterű átvitt jelből a bemeneti üzenetjelet. A vevő ezt a feladatot a moduláció inverz műveletével a demoduláció alkalmazásával oldja meg.

A modulációs eljáráson, illetve az információforrás kimenő üzenetének formáján alapulva a hírközlési rendszereket három fő csoportra oszthatjuk:

1. Analóg hírközlő rendszerek, amelyeket analóg információk analóg modulációval való továbbítására terveztek (a fejezet további részében ezzel foglalkozunk bővebben);
2. Digitális hírközlő rendszerek, amelyeket digitális információk digitális modulációval való továbbítására terveztek;
3. Hibrid hírközlő rendszerek, amelyeket analóg jellegű üzenetjelek mintavételezett és kvantált értékeinek digitális modulációval való átvitelére terveztek.

5.2.1. Amplitúdó moduláció (AM)

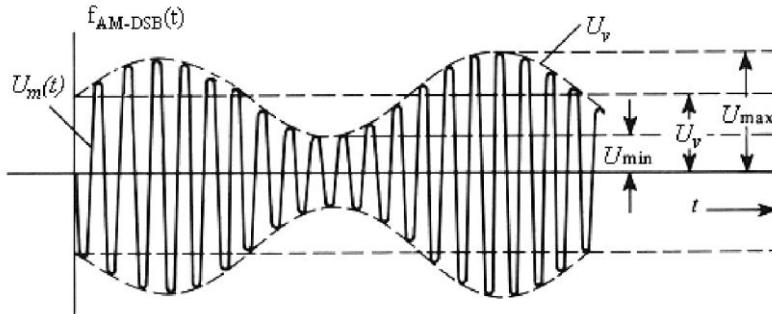
Ha egy szinuszos lefolyású vivőhullám amplitúdóját a moduláció ütemének megfelelően változtatjuk, a frekvencia változatlanul hagyása mellett, akkor amplitúdómodulációról beszélünk (5.2.1. ábra). Tehát az AM esetén az információt a vivőhullám amplitúdója tartalmazza. A moduláló jelet pl. a mikrofon, a vivőhullámot az adó állítja elő.

5.2.1.1. Két oldalsávos amplitúdómoduláció (AM-DSB)

A hagyományos értelemben vett AM esetében egyetlen moduláló jel esetén is két jel keletkezik a vivőhullám mellett. Ez a típusa az amplitúdómodulációt az AM-DSB (két oldalsávos amplitúdómoduláció). Természetesen, ha nem egyetlen jel a moduláció, hanem egy hangfrekvenziás spektrum, akkor ennek megfelelően nem oldaljelek, hanem két oldalsáv keletkezik.

Az AM jel jellemzésére használjuk a modulációs mélység fogalmát. Ez a moduláló- és vivőhullám amplitúdójának hányadosa, amit %-ban adnak meg. Ezt m hányadossal kifejezve:

$$m = \frac{U_m}{U_v}$$



5.2-1. ábra. Két oldalsávos AM (AM-DSB) jel

A 5.2.1-es ábrán feltüntettük az AM-DSB jel függvényeit. Látható, hogy a vivőhullám burkolója pontosan megegyezik a moduláló jel alakjával. A feltételek szerint az U_v (burkoló) legfeljebb éppen eléri a nulltengelyt, vagy felette marad, ezért a modulációs mélység m értéke 0 és 100 % közötti lehet. Így 0% a modulálatlan vivőt, míg 100% a maximálisan megengedett modulációt jelenti. (100%-nál nagyobb modulációs mélység esetén a jel túrvezérelt lesz és torzul).

A rendszer sávszélessége: $B = 2f_m$ (a moduláló jel maximális frekvenciájának kétszerese).

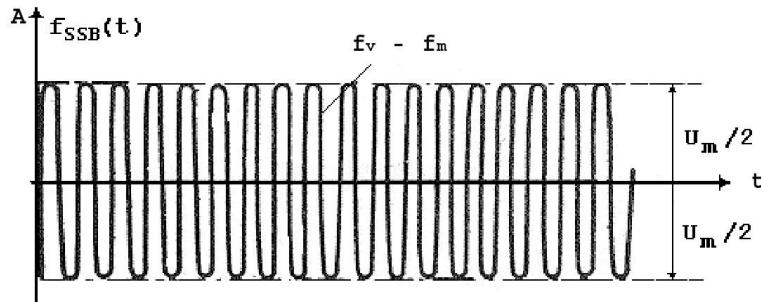
A vivő frekvenciája legalább a moduláló jel maximális összetevőjének kétszerese kell, hogy legyen, mert ellenkező esetben a moduláló jel alapsávi spektruma átlapolódik, összekeveredik a modulált jel spektrumával és azok többé már nem szétválaszthatók.

5.2.1.2. Egy oldalsávos elnyomott vivős amplitúdómoduláció (AM-SSB/SC)

Mint a fentiekben bemutattuk az AM-DSB jel kétszer akkora sávszélességet foglal el, mint a moduláló jel sávszélessége. A kialakult két oldalsáv ugyanazt az információt hordozza – feleslegesen – a vivő pedig nem hordoz információt. Az elmondottakból következik, hogy az AM-DSB eléggyé pazarló modulációs eljárás. Nagy a sávszélesség igénye és a legkedvezőbb modulációs mélység (100 %) esetén is a kisugárzott teljesítménynek csak egynegyedét fordítja az információt tartalmazó egy oldalsávjára. A másik negyedet, az ugyanazt az információt tartalmazó másik oldalsáv, további kétnegyed teljesítményt a vivő kisugárzása emészti fel. Az AM-DSB előnye viszont az egyszerű előállíthatósága, vagyis nem igényel bonyolult technológiai folyamatokat.

Az AM-DSB hátrányait orvosoló megoldás a következő: meg kell szabadulni az egyik oldalsávtól és a vivőtől, azok elnyomásával, így a kisugárzott teljesítmény egésze az információt tartalmazó megmaradt oldalsávra fordítódik.

Az egy oldalsávos elnyomott vivős AM jelölése az AM-SSB/SC vagy rövidebben SSB. Ennek a modulációnak az előállítása az AM-DSB-ból történik a következő módon: a vivőt teljesem elnyomják, azaz amplitúdóját nulla-ra csökkentik, továbbá a két oldalsávú elnyomott vivőjű jelet átvezetik egy nagy oldalmeredekségű, keskenysávú szűrőn, ahol az egyik oldalsáv kiesik. Az így kapott jel már csak az egyik oldalsávot tartalmazza. Amennyiben a felsőt, abban az esetben (Upper Side Band) USB, ha az alsót akkor (Lower Side Band) LSB-nek szokták hívni (Lásd: 8.3.3. ábra).



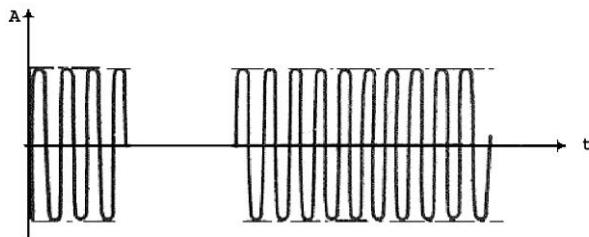
5.2-2. ábra. Egy oldalsávos elnyomott vivős AM (AM-SSB/SC) jel

SSB esetén, ha nincs moduláció, nincs modulált jel sem. A 5.2.2-es ábráról szembetűnő továbbá, hogy a modulált jel amplitúdója állandó és a moduláló jel amplitúdójának fele, tehát nincs értelme burkológörbéről beszélni.

5.2.2. Táviró üzemmód (CW)

A rádiófrekvenciás átviteli üzemmódok legrégebbi változata a táviró üzemmód. Táviró üzemmódú adatátvitelhez olyan csatornát kell alkalmazni, amely két állapotot meg tud különböztetni (klasszikus esetben, pl. vezeték (van feszültség, nincs feszültség). Az egyik, nyugalmi állapotot szünetnek (space), míg a másik állapotot jelnek (mark) nevezik. Az egymást váltó jelek és szünetek hosszának aránya a távirás lényege. Az előbb említett 2 állapot könnyen előidézhető: jel (adás) és szünet (nincs adás). A táviró üzemmód az AM speciális esete, ahol segédvivő (moduláló jel – hangfrekvenciás jel) alkalmazása nélkül egy nagyfrekvenciás jel (vivő) megléte vagy hiánya a kommunikáció alapja.

A táviró üzemmódhoz kell a *legkisebb sávszélesség* az összes üzemmód közül, továbbá egyszerűsége miatt nagyon könnyű adó- és vevőberendezést építeni hozzá, ezért régen kizárolag ezt az üzemmódot használták a hírközlés minden területén (hőskor). A 5.2.3. ábrán látható egy táviró jel alakja. Az ábra akár egy „a.” betű kódja is lehetne.



5.2-3. ábra. Táviró (CW) jel alakja – egy „A” betű esetén

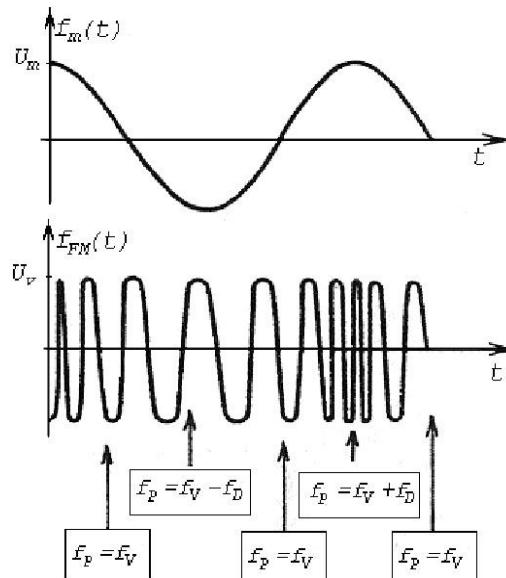
5.2.3. Frekvenciamoduláció (FM) és fázismoduláció (PM)

A frekvenciamoduláció az URH frekvenciák használatbavételével jelent meg, mint új modulációs megoldás, amely az amerikai Edwin Armstrong nevéhez fűződik (1939). A módszer a második világháború után vált népszerűvé.

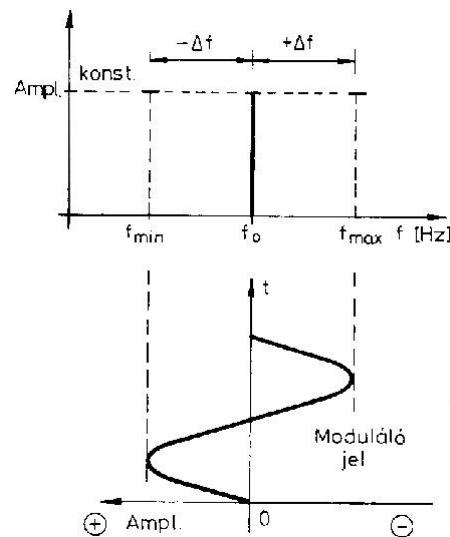
A frekvenciamoduláció lényege a következő: egy szinuszos vivőhullám pillanatnyi frekvenciáját a moduláció ütemében úgy változtatjuk, hogy közben az amplitúdója változatlan marad. A frekvenciamoduláció és a fázismoduláció között az a különbség, hogy a moduláció során FM esetében a frekvenciát, míg fázismoduláció (PM) esetén a φ-fázisszöveget befolyásoljuk, amely vételi szempontból nem lényeges (a két eljárás demodulálása egyformán történik). A frekvenciamoduláció gyakrabban alkalmazott eljárás, így a továbbiakban ezt részletezzük. Az FM rendszerben (az amplitúdómodulációval ellentétben) a vivőfrekvencia nem marad állandó, hanem a moduláló frekvenzia amplitúdójának megfelelően változik. (5.2.4-es ábra). Az ábrából jól látható, hogy a moduláló hangfrekvenciás szinuszos jel pillanatnyi amplitúdó-értékei szerint a konstans amplitúdójú vivőhullám frekvenciája a nyugalmi érték körül szinuszosan változik egy pozitív és egy negatív szélső érték között. A vivőfrekvenciától számított maximális frekvencia-eltérést frekvencialökötnek nevezzük. Jelölése: Δf . Nagysága azonos a moduláló jel

amplitúdójával és megadja a maximális frekvencia-eltérést a modulálatlan vivőhöz képest. (5.2.5-ös ábra). A lóket dimenziója: H_z . A frekvencialöket olyan elsődleges jellemzője az FM üzemmódnak, mint az AM-nél a modulációs mélység. A két jellemző között a legfontosabb különbség, hogy az AM mélység – amely azonos a modulációs indexsel – értéke legfeljebb 0 és 1 között (0-100%) között változhat, míg az FM lóket mértéke elvileg tetszőleges nagyságú lehet. Az FM üzemmódnál is meghatároztak egy modulációs indexet, amely a lóket és a moduláló frekvencia hányszáma:

$$m = \frac{\Delta f}{f_{\text{mod}}}$$



5.2-4. ábra. FM moduláció bemutatása (moduláló jel és a modulált jel időfüggvényei)



5.2-5. ábra. Frekvencialöket alakulása és moduláló jel amplitúdójának összefüggése

A fent leírtakból könnyen belátható, hogy a különböző frekvenciájú, de azonos amplitúdójú jelek esetén a frekvencialöket állandó értékű. A frekvenciamodulációnál fontos paraméter a sávszélesség, amely elsősorban a löket nagyságától függ, másodsorban a moduláló jel vagy spektrum maximális frekvenciájától. Ha a löket állandó, de a moduláló frekvenciát változtatjuk meg, akkor a spektrum-amplitúdók sűrűsége változik meg. Az FM jel sávszélessége min. $f_B = 2f_{m\max}$, ahol $f_{m\max}$ a moduláló jel maximális frekvenciája.

Az alábbiakban felsoroljuk az FM előnyeit és hátrányait az AM-hez képest.

Az FM előnyei:

- kevésbé érzékeny a külső eredetű zajokra, mert azok az amplitúdot befolyásolják, míg most az információt a frekvencia változása hordozza;
- az adó hatásfoka jobb;
- a vett állomás hangereje nem függ az adó teljesítményétől (pl.: 5 vagy 50 W), csak a löket nagyságától.

Az FM hátrányai:

- nagyobb sávszélesség

Az FM üzemmód sávszélességétől függően két típusát különböztetjük meg: keskenysávú (NBFM) és szélessávú (WFM) változatát. Az NBFM változat esetén a löket értéke: $\Delta f = 2.5\text{kHz}$ lehet. Rádiós összeköttetések alkalmával (rádióamatőr összeköttetések esetében is) a keskenysávú változatát alkalmazzuk, amelynél a csatornatávolság – frekvencialöket és maximális modulációs frekvencia összefüggéseket az alábbi táblázatból olvashatjuk le:

Csatorna-távolság [kHz]	Maximális frekv.löket [kHz]	$f_{m\max}$ [kHz]
25	± 5	3
20	± 4	3
12,5	$\pm 2,5$	2,5
10	± 2	2,5

5.2-6. ábra. NBFM sávszélességi táblázata

5.2.4. Analóg modulációk előnyei és hátrányai (összefoglalás)

1. AM (DSB) moduláció:

- előnye: könnyű előállítás és demodulálhatóság,
- hátránya: rossz jel/zaj viszony, a vivő és a két oldalsávból az egyik nem hordoz plusz információt (felesleges energia).

2. AM-SSB moduláció:

- előnye: a kisugárzott teljesítmény 100%-a információt hordoz,
- hátránya: bonyolult a jel előállítása és demodulálása.

3. CW moduláció:

- előnye: a moduláció lényegében a vivő megléte, vagy hiánya, így könnyű előállítani és detektálni. Zajtűrő, kis sávszélességet igényel;
- hátránya: nem fónia üzemmód.

4. FM moduláció:

- előnye: kitűnő jel/zaj viszony jellemzi; kevésbé érzékeny a külső eredetű zajokra, mert azok az amplitúdót befolyásolják, míg most az információt a frekvencia változása hordozza; a vett állomás hangereje nem függ az adó teljesítményétől, csak a löket nagyságától.
- hátránya: a kisugárzott teljesítmény nagy része nem hordoz információt. Rádióamatőr felhasználás esetén nagy sávszélességet kíván (a többi modulációhoz képest).

5.2.5. Digitális modulációk

A digitális modulációk analóg csatornán digitális jelek átvitelét biztosítják. A digitális információ általában kettes számrendszerben áll elő. Ha ez nem így lenne, akkor a rádióhoz (DCE) kapcsolódó berendezés (DTE) – általában számítógép - ezt kettes számrendszerre alakítja. Fontos megjegyezni, hogy kettes számrendszer bitjeit elég átvinni a csatornán.

Ahogyan a fónia átvitelnél is, több lehetséges moduláció típus jöhét számításba. Ezek közül csak néhánnyal foglalkozunk:

- FSK - Frequency Shift Keying
- BPSK - Bit Phase Shift Keying
- QPSK - Quadrature Phase Shift Keying
- QAM - Quadrature Amplitudo Modulation

Ezek az eljárások hasonlítanak a AM, FM valamint a fázis-modulációkhöz. Lényeges különbség, hogy ezeknél a moduláció típusoknál a modulálandó jel diszkrét értékeket vehet csak fel.

5.2.5.1. FSK

FSK modulációnál egy szinuszos vivőjelnek a frekvenciáját billentyűzzük. Tehát pl. logikai 0 és logikai 1 értékeknél különböző frekvenciaértékeket bocsátunk ki. A vevő pedig a különböző frekvencia értékekhez a megfelelő logikai szintet adjja ki.

5.2.5.2. BPSK

Ennél a modulációjánál egy szinuszos jelnek a fázisát billentyűzzük. Általában két állapot lehetséges, így a 0 és a 180 fok. Ez egy fokkal bonyolultabb, mint az FSK, de nem kell két különböző frekvenciát alkalmazni, így kisebb a jel sávszélessége.

5.2.5.3. QPSK

Ennél a moduláció fajtánál a kettő darab szinusz jelet billentyüzünk, melyek azonos frekvenciájúak, bár egymástól 90 fokra helyezkednek el. Mind a két szinusz jel általában két fázis értékkel vehet fel, mint a BPSK eljárásnál. Így a rendszernek négy állapota lehet. (Innen az elnevezés Quadrature). Egy állapotot quad-nak hívunk. Ennek az eljárásnak az az előnye, hogy egy időpillanatban 4 bit értékét képes átvinni. Ez azonban jelentősen megbonyolítja az eljárást (A moduláció előtti vivő jelet fázishelyesen elő kell állítani a vevőben.).

5.2.5.4. QAM

Hasonlóan quad-ok kerülnek átvitelre. A különbség a QPSK-tól, hogy itt a szinusz jelek amplitúdóját moduláljuk, és nem a fázisát. Ennél a modulációjánál is igaz, hogy a demodulátorban szükség van a szinusz jelek pontos fázishelyes létére. Léteznek olyan rendszerek, melyeknél az egyes szinusz jelek nem csak 4 állapotot vehetnek fel, hanem többet. Így létezik QAM-16, QAM-64, valamit QAM-256. Ez utóbbi egyetlen állapota egy teljes byte-ot képes kódolni.

5.2.5.5. Digitális modulációk jellemzői

Bitsebesség: az adott csatornán a másodpercenkénti bit sebesség mértéke.

Baud-sebesség: ez a szám azt mutatja meg, hogy egy másodperc alatt hány szimbólumot (állapotot) vehet fel a rendszer.

5.3. Analóg jelek átvitele digitális csatornákon

Analóg jeleket közvetlenül nem lehet digitális csatornákon továbbítani. Mivel a digitális csatorna csak diszkrét időpillanatokban diszkrét amplitúdójú értékeket (számokat) képesek átvinni, ezért az átvitelre szánt analóg jelekből meghatározott időpillanatokban *mintákat kell venni. Ezeket mintáknak az értékeit valamelyen eljárás (függvény) szerint kódolni kell, majd a kapott kódokat kell a csatornán átvinni.*

A csatorna másik oldalán a kódokat a megfelelő mintákra kell dekódolni.

Felvetődik a kérdés, hogy milyen szerűn, és milyen precizitással kell mintákat venni. A mintavételezés utáni számszerűsítést kvantálásnak nevezzük. Ez a folyamat gyakorlatilag megfelel a bejövő jelfolyam bizonyos időközönkénti mérésével. A mért értékeket eltároljuk. A kérdés csupán az, hogy milyen pontosan mérünk? Azaz milyen pontosan kvantálunk, és milyen szerűn végezzük a méréseinket. Ez utóbbi a mintavételezési frekvencia jellemzi.

Belátható, hogy ha nagyon szerűn veszünk mintákat (nagy mintavételezési frekvencia), akkor az eredeti jelünket nagyon precízen tudjuk majd visszaállítani, de ehhez nagyobb szükséges csatorna. Ha viszont kisebb frekvenciával mintavételezünk, bizonyos részletek eltűnhetnek.

Elméletileg bebizonyítható hogy az az analóg jelünkben megtalálható legmagasabb frekvenciakomponens kétsszeresével történő mintavételezés után még elmeletileg visszaállítható a digitalizált jel. A valóságban azonban ennél a határnál magasabb frekvenciával kvantálunk. Például a nemzetközi telefonhálózatban az átvitt 100Hz-3.1kHz hangfrekvencia sávot 8kHz-en mintavételezik. (és 8bit-en kódolják). Egy jó minőségű zenei műsor átvitelére érdemes biztosítani az emberi fül teljes érzékelési tartományát, tehát a 20Hz-20kHz-et. Mégis például a CD lemezen a minták 44.1kHz-el vannak kódolva 16biten.

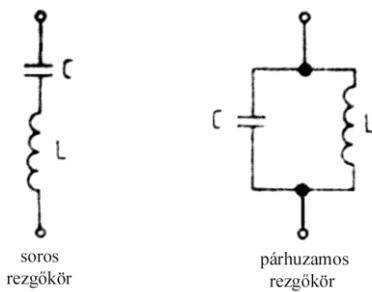
6. fejezet

Áramkörök

Jónap Gergő HG5OJG, Kovács Levente HA5OGL

6.1. Rezgőkörök

A 3-as fejezetben bemutatásra került a tekercs és a kondenzátor. A rezgőkör ezeknek az elemeknek a kombinációja, mely kombináció határozza meg a rezgőkör fajtáját: így beszélhetünk párhuzamos és soros rezgőkörről.

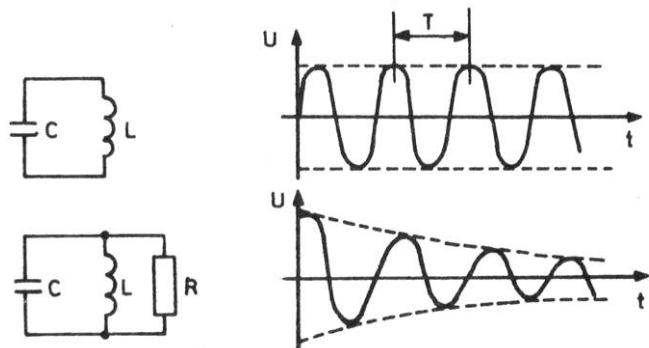


6.1-1. ábra. Rezgőkörök típusai

A rezgőkör működése a következő folyamaton alapul: a rezgőkör két eleme között energiacsere, -átadás zajlik le. A kondenzátor elektromos energiája mágneses energiává alakul a tekercsen, amely önindukciós feszültséget kelt. Ez az energia ellentétes polaritással feltölti a kondenzátort. A kondenzátorban tárolt elektromos energia ismét átalakul a tekercsen és így tovább.

A rezgőkör feszültsége és árama szinuszos lefolyású. Amennyiben nem számolunk a veszteségekkel, akkor megállapíthatjuk, hogy a kondenzátorban tárolt energia teljes mértékben átalakul mágneses energiává, tehát az alábbi ábrán látható első eset következik be, folyamatos csillapítatlan szinuszos hullám keletkezik.

Vizsgáljuk azonban azt az esetet, amikor a veszteségek nem nullák. A valóságos rezgőkörnél soha nem számíthatunk veszteségmentes állapotot. Ilyenkor egy véges értékű veszteségi ellenállással kell számolnunk, amely ellenállás megjelenik a körben, mint konstans érték. Ebben az esetben a veszteségi ellenállás hatására exponenciálisan csillapodó szinuszos hullámot kapunk, tehát egy rezgőkör szabad rezgései (magára hagyott állapotban) lecsillapodnak.



6.1-2. ábra. Rezgőkör feszültsége és árama (veszteség nélkül, veszteséggel számolva)

6.1.1. Rezgőkör rezonanciafrekvenciája

A rezgőköröket alkotó kondenzátorok és tekercsek váltakozó áramú körökben, mint tudjuk látszólagos ellenállást képviselnek, amely mint tudjuk frekvenciafüggő. A rezgőkör rezonanciafrekvenciája az a frekvencia lesz, amelyeken a tekerces és a kondenzátor reaktanciája egyenlő.

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \text{ (tekerces)}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \text{ (kondenzátor)}$$

Rezonanciafrekvencián:

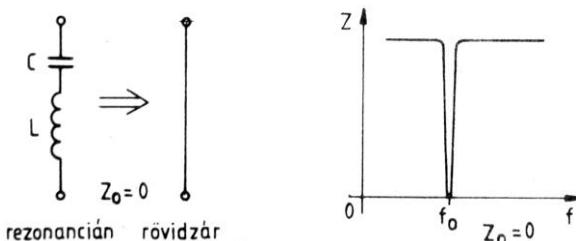
$$\begin{aligned} X_L &= X_C \\ 2\pi f_0 L &= \frac{1}{2\pi f_0 C} \end{aligned}$$

Amennyiben a fenti egyenletet f_0 -ra átrendezzük, felírhatjuk a rezonanciafrekvencia kiszámításának képletét (Thomson képlet):

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

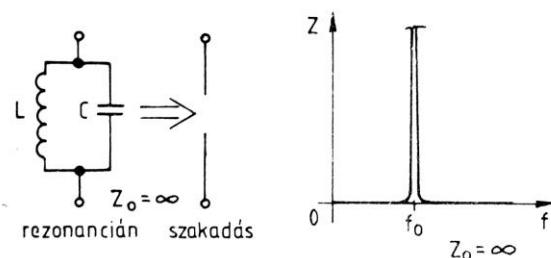
6.1.2. Ideális soros és párhuzamos rezgőkörök

A rezgőkörök látszólagos ellenállása, impedanciája (Z_0) rezonanciafrekvencián szélsőértéket (minimumot, ill. maximumot) mutat és tiszta ohmos jellegű. Az ideális soros rezgőkör rezonanciafrekvencián rövidzárként viselkedik. Az ideális soros rezgőkör impedancia menetében a rezonanciafrekvencián minimumot ($Z_0=0$) találunk.

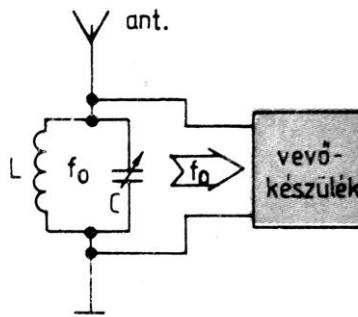


6.1-3. ábra. Ideális soros rezgőkör viselkedése rezonanciafrekvencián.

Az ideális párhuzamos rezgőkör rezonanciafrekvencián szakadásként viselkedik, az impedancia menetében itt szakadást találunk. A párhuzamos rezgőkör kiválóan alkalmazható modulátorban, így a kívánt frekvencia (rezonanciafrekvencia) bevezethető a vevőkészülékbe, a többi kiszűrésre kerül. A párhuzamos rezgőkör ilyen alkalmazásánál a rezgőkör rezonanciafrekvenciáját hangolhatóvá teszik egy változtatható értékű kondenzátorral. (6.1.5-ös ábra).



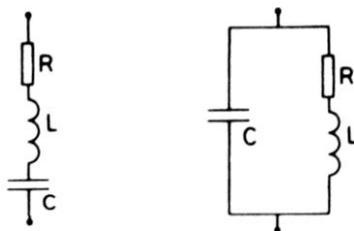
6.1-4. ábra. Ideális párhuzamos rezgőkör viselkedése rezonanciafrekvencián.



6.1-5. ábra. Párhuzamos rezgőkör alkalmazása a vevőkészülék modulálókörében.

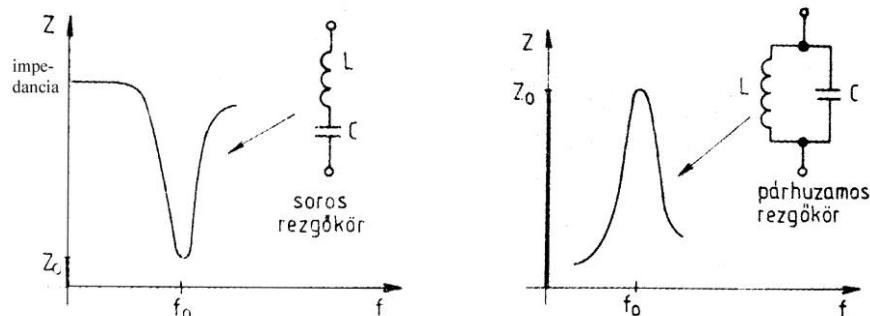
6.1.3. Valóságos soros és párhuzamos rezgőkörök

A valóságos rezgőkörök közelítik az előzőekben felvázolt eseteket. Az alábbi ábrán látható a valódi rezgőkör áramkori képe, veszteségi ellenállással.



6.1-6. ábra. Soros és párhuzamos rezgőkör veszteségi ellenállással

A soros rezgőkör rezonancián alacsony (Ω nagyságrendű) rezisztív ellenállást képvisel; a párhuzamos pedig nagy értékű ($k\Omega$ nagyságrendű) rezonancia-ellenállást mutat f_0 -án.



6.1-7. ábra. Soros és párhuzamos rezgőkör impedanciája

A soros körnél az elemeken mérhető feszültségek, a párhuzamos körnél az elemeken folyó áramok összegeződnek, és így egymás megfelelői.

Soros rezgőkör impedanciája (RLC):

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

Párhuzamos rezgőkör impedanciája:

$$Z = \frac{R + j\omega L}{1 - \omega^2 LC + j\omega CR}$$

6.1.4. Rezgőkör jósági tényezője és a sávszélesség fogalma

A valóságos rezgőköröknel a veszeségi ellenállás mértéke határozza meg az ún. jósági tényező értékét, vagyis a rezgőkörök rezonancia-ellenállása annál jobban közelíti az ideális esetet, a rövidzárat vagy a szakadást, minél nagyobb a rezgőkör jósági tényezője (Q_0).

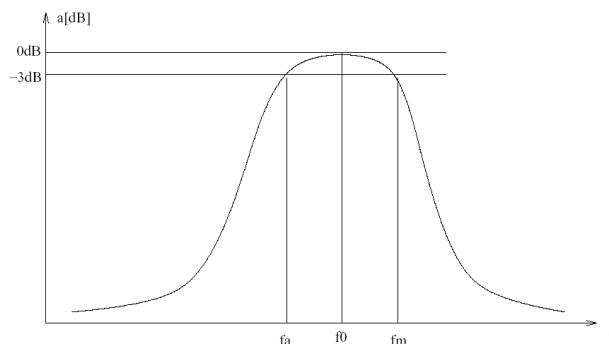
Gyakorlatban a veszeségek szempontjából a tekercs a meghatározó, így jó közelítéssel a rezgőkör Q_0 -ját a tekercs jósági tényezője korlátozza.

A rezgőkörök csillapítása a jósági tényező reciproka: $D_0 = \frac{1}{Q_0}$;

A rezgőkörök jóságától nemcsak a rezonanciagörbe „magassága” ill. „mélysége” függ, hanem az is, hogy az f_0 környezetében mekkora a görbe sávszélessége. Ez a szélesség határozza meg az átvitt ill. lezárt frekvenciatartományt.

A Sávszélességet értelmezhetjük az átviteli szakasz átviteli görbéből, úgy, hogy kivonjuk a felső határfrekvenciából az alsó határfrekvenciát. Mind a két határfrekvencia a $-3dB$ -es pontknál van értelmezve. Az ábrán p1. egy soros rezgőkör átviteli függvényét láthatjuk, és ebből a sávszélességet a következő módon számíthatjuk ki:

$$B = \frac{f_0}{Q_0} = f_m - f_a$$



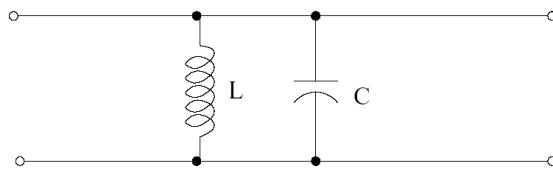
6.1-8. ábra. Soros rezgőkör feszültségmenete (sávszélessége)

6.2. Szűrők

6.2.1. Sáváteresztő szűrő

Az előző fejezetrészről nyilvánvalóan belátható, hogy a rezgőkör sáváteresztő vagy sávzáró tulajdonságokkal rendelkezik. Ezt alkalmazzuk most ebben a fejezetrészben, tehát a rezgőköröket, mint szűrőket mutatjuk be. A 6.1.8. ábrán egy sáváteresztő szűrő átvitelét (frekvenciamenetét) láthatjuk. Mint a neve is mutatja a határfrekvenciák közötti frekvenciasávot engedi át. Ezeket a szűrőket röviden sávszűrőknek hívjuk.

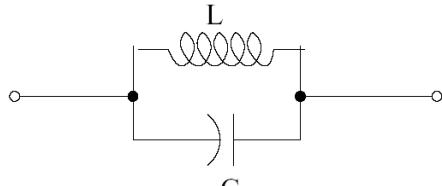
A szűrő (6.2.1 ábra) a következőképpen működik: a szűrő alapja egy párhuzamos rezgőkör, amelynél nagyfrekvencián a C kapacitás zárra rövidre a kört, kisfrekvencián az L tekercs rövidzár. Rezonanciafrekvencián az elemek eredő impedanciája végtelen, tehát az áramkör bemenetéről a jel akadálytalannal haladhat át.



6.2-1. ábra. Szávszűrő LC párhuzamos rezgőkörrel

6.2.2. Sávzáró szűrő

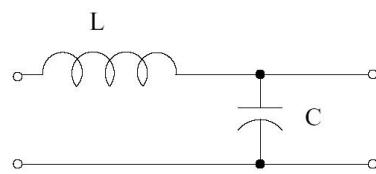
Mint a neve is mutatja a sávzáró szűrő egy bizonyos frekvenciasávot (rezonanciafrekvencia körül) frekvenciátartományt nem engedi át. Ilyen tulajdonságú szűrőt készíthetünk soros LC rezgőkörből és párhuzamos LC rezgőkörből is. Az alábbiakban az utóbbit mutatjuk be, ahol a párhuzamos LC-kört befordítva (záró-irányban) alkalmazzuk. A szűrő (6.2.2 ábra) a következőképpen működik: a szűrő alapja itt is egy párhuzamos rezgőkör, amelynél a rezonanciafrekvencia közelében az LC kör impedanciája maximális, tehát szakadásként viselkedik. A szűrő a 2 határfrekvencia közötti jeleket nem engedi át.



6.2-2. ábra. Sávzáró szűrő párhuzamos LC rezgőkörrel

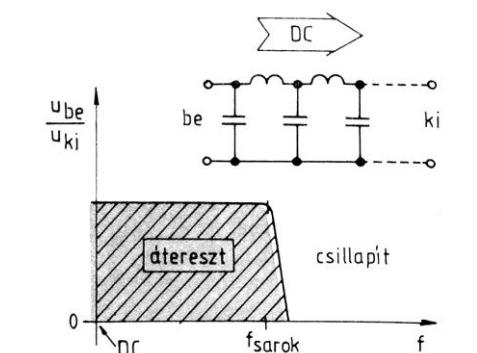
6.2.3. Aluláteresztő szűrő

Az aluláteresztő szűrő minden frekvenciát átereszt, mely rá jellemző ún. sarokfrekvencia (határfrekvencia) alatt van. Jellemzője, hogy soros tekercsek, párhuzamos ágaiban kondenzátorok vannak. (Így az egyenáramot is átereszi a kapcsolás).



6.2-3. ábra. Aluláteresztő szűrő

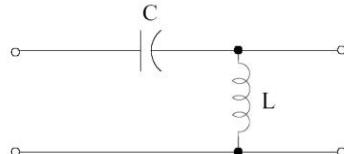
Az alábbi ábrán feltüntettük az aluláteresztő szűrő frekvenciamenetét és egy kibővített (több fokozatú) aluláteresztő szűrő kapcsolását.



6.2-4. ábra. Aluláteresztő szűrő frekvenciameneté

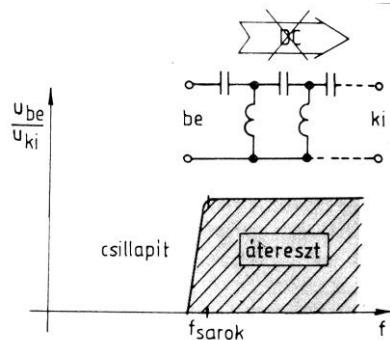
6.2.4. Felüláteresztő szűrő

A felüláteresztő szűrő mindenben ellentettje az aluláteresztőnek. Itt is fontos jellemző a határfrekvencia mely frekvenciáérték felett van kis csillapítású jelátvitel. Felépítésére a soros ági kondenzátorok és a párhuzamos ági tekercsek jellemzők.



6.2-5. ábra. Felüláteresztő szűrő

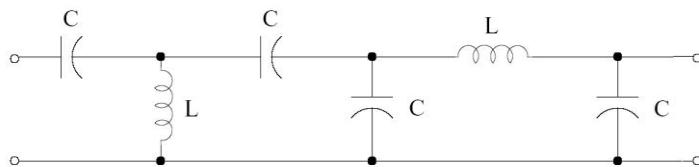
Az alábbi ábrán feltüntettük az felüláteresztő szűrő frekvenciamenetét és egy kibővített (több fokozatú) felüláteresztő szűrő kapcsolást.



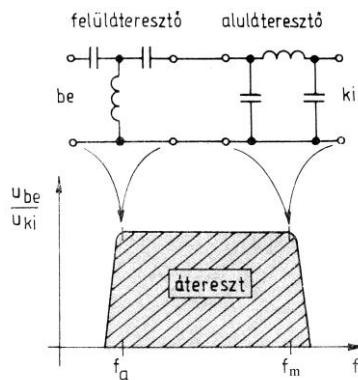
6.2-6. ábra. Felüláteresztő szűrő frekvenciamenete

6.2.5. Sávszűrő kialakítása alul- és felüláteresztő szűrőkkel

Sávszűrőt készíthetünk alul- és felüláteresztő szűrők összekacsolásával is. Az ilyen kapcsolásra jellemző a két sarokfrekvencia közötti átvitel (f_a és f_m).



6.2-7. ábra. Sávszűrő kialakítása alul- és felüláteresztő szűrőkkel



6.2-8. ábra. Sávszűrő frekvenciamenete (alul- és felüláteresztő kombináció)

6.3. Tápegységek

Az elektronikus rendszerek egyik fontos és kritikus eleme a tápegység. A tápegységeket rádiók, és egyéb törpefeszültségű eszközök táplálására használjuk.

A tápegységek nagyobb részt feszültség kimenetűek, de ritkábban alkalmaznak áram stabilizált kimenetű tápegységeket is pl. akkumulátor töltők esetén. Ebben a fejezetben a feszültség kimenetű tápegységekkel foglalkozunk.

A tápegységek a hálózati feszültségből vagy más feszültségforrásból alakítanak át a készülékek üzemeltetéséhez szükséges feszültséget a megfelelő áramellátás mellett. Tehát a tápegységekre jellemző paraméter a kimeneti feszültség és a terhelhetőség, pl.: 12V, 6A. A tápegységek többsége DC kimeneti feszültséget produkál, így ebben a fejezetben a DC kimeneti feszültségű tápegységeket vesszük nagyító alá.

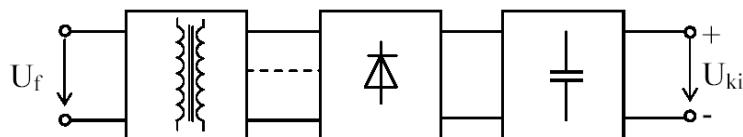
Tápegységeket sokféle megközelítés szerint csoportosíthatjuk, az alábbi lista egy lehetséges csoportosítás:

1. Stabilizálatlan kimeneti feszültségű tápegységek
 - a. Fix kimeneti feszültségű kialakítás
 - b. Változtatható kimeneti feszültségű kialakítás
2. Stabilizált kimeneti feszültségű tápegységek
 - a. Visszacsatolás nélküli kialakítás
 - b. Visszacsatolással stabilizált tápegységek

A fejezet további részében a fenti lista szerint végighaladunk az egyszerű felépítésű (stabilizálatlan) tápegységektől a visszacsatolt stabilizált tápegységekig terjedő kapcsolásokon és elvi kialakításokon.

6.3.1. Stabilizálatlan tápegységek

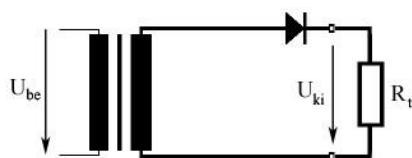
A stabilizálatlan AC-DC tápegységek legfontosabb fajtái a diódás egyenirányítós transzformátor leválasztású tápegységek. A kimeneti jel hullámosságának csökkentésére simító/szűrő elemeket alkalmazunk, ahol a kondenzátoros szűrés terjed el.



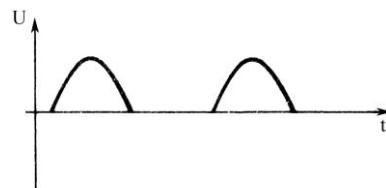
6.3-1. ábra. Stabilizálatlan AC-DC tápegységek megvalósítása diódás egyenirányítóval

6.3.1.1. Diódás egyenirányító alkalmazása

A legegyszerűbb egyenirányító kapcsolás az egyetlen diódát tartalmazó ún. egyutas egyenirányító. Itt a váltófeszültség pozitív fél periódusában folyik áram a terhelő ellenálláson, amely egy lüktető egyenáram. Az ilyen jellegű egyenfeszültség általában alkalmatlan elektronikus kapcsolások működtetésére, ezekhez igazi, sima (időben állandó) egyenfeszültségre van szükség.

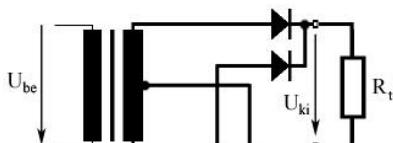


6.3-2. ábra. Egyutas egyenirányítás

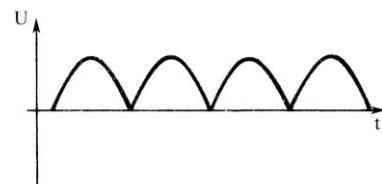


6.3-3. ábra. Egyutas egyenirányító kimeneti feszültsége

Látható, hogy a dióda csak a pozitív félhullámokat engedi át. A megoldás hátránya a gyenge hatásfok (maximum 50% lehet), és a hiányzó szinuszos félperiódus miatt nagyon erős lüktetést eredményez a kimeneten, tehát nagyon erős szűrést igényel.

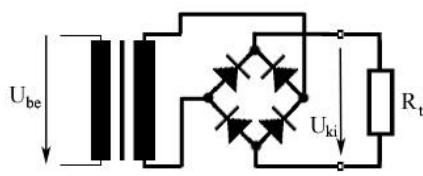


6.3-4. ábra. Kétutas egyenirányítás

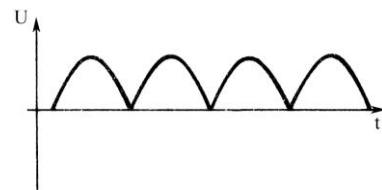


6.3-5. ábra. Kétutas egyenirányító kimeneti feszültsége

Két dióda alkalmazásával a hálózati feszültség minden félperiódusát kihasználhatjuk, ha olyan transzformátort alkalmazunk, amelynek két egyforma féltekercsén a középkivezetéshez képest ellenkező fázisú feszültség jelenik meg. Így a két tekercsvéghöz kötött diódák egyike az egyik félperiódusban vezet míg a másik dióda ilyenkor zárva van, majd a másik félperiódusban szerepet cserél a két dióda, és emiatt minden félperiódusban van kimeneti feszültség. Hátránya, hogy csak középleágazásos tekercsű transzformátorral működik.



6.3-6. ábra. Graetz hidas egyenirányítás



6.3-7. ábra. Graetz egyenirányító kimeneti feszültsége

A másik lehetőség az (középleágazásos transzformátor hiányában), amikor megfelelően összekötött dióda négyessel ún. Graetz kapcsolással hozzuk létre a kétutas egyenirányítást. A dupla nyitó feszültségtől eltekintve ugyanazt az eredményt kapjuk, mint az előző kapcsolásnál.

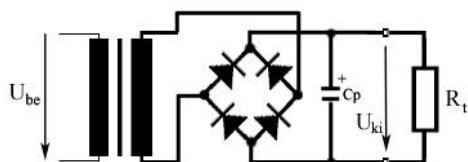
6.3.1.2. Kondenzátoros szűrés

A egyutas és kétutas egyenirányítók esetében a kimeneti egyenfeszültség tartalmaz váltakozófeszültségű komponenseket is. A búgofeszültség (brumm feszültség) periodikus, de nem szinuszosan periodikus váltakozó feszültség.

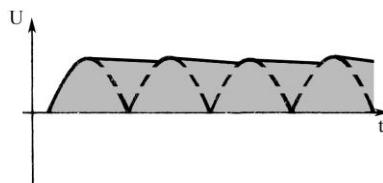
A brummfeszültség értékének csökkentése céljából a tápegységekben szűrőköröket használunk. A legegyszerűbb szűrőkör a pufferkondenzátor használata.

A egyenirányítókban alkalmazott szűrő-simító kondenzátorok feladata az egyenirányított jel hullámosságának csökkentése (simítás) és energiatárolás/leadás a fogyasztó felé, amikor a diódák nem vezetnek (bár ez is a simításhoz köthető).

A kondenzátor értékének növelésével a brummfeszültség csökkenthető (a feszültség hullámalakja simítható), azonban ez a diódák vezetési idejének lecsökkenéséhez és a periodikus csúcsáram növekedéséhez is vezethet, így a kondenzátort egy megadott hullámosságra méretezik (tipikus és a gyakorlatban bevált méretezési érték, hogy a brummfeszültség csúcsértéke 5%-a a névleges kimeneti feszültségnek).



6.3-8. ábra. Graetz hidas egyenirányítás

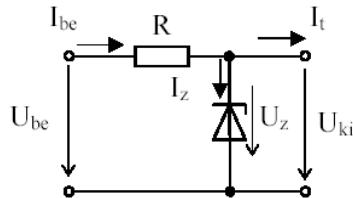


6.3-9. ábra. Graetz egyenirányító kimeneti feszültsége

6.3.2. Stabilizált tápegységek

6.3.2.1. Visszacsatolás nélküli stabilizált tápegységek

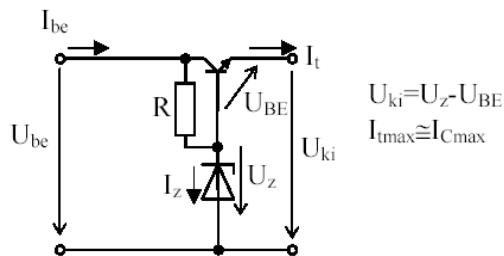
A visszacsatolás nélküli tápegység egyszerűbb igényeket elégítenek ki, mivel stabilitásuk alacsony. Tipikus képviselőjük a Zener-stabilizált tápegységek. A legegyszerűbb Zener diódás stabilizátort az alábbi ábra szemlélteti.



6.3-10. ábra. Zener-diódás stabilizátor felépítése

A 6.3.10-es ábrán feltüntetett stabilizátor kimeneti feszültsége egyenlő a Zener diódán eső feszültséggel, terhelhetősége pedig $I_{t\max} = I_{z\max} - I_{z\min}$. A kapcsolás stabilitása nagyban függ a Zener tulajdonságaitól (pl.: hőmérsékletfüggés).

A kapcsolás stabilitása és kimeneti terhelhetősége növelhető egy tranzisztoros kiegészítéssel. Az alábbi ábrán feltüntetett kapcsolás egy áteresztő-tranzisztoros stabilizátor legegyszerűbb megvalósítását szemlélteti.

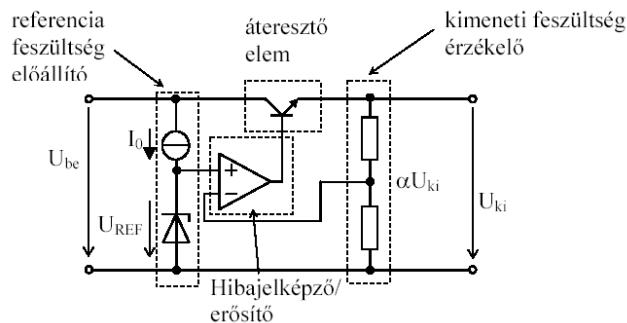


6.3-11. ábra. Zener diódás stabilizátor, áteresztő tranzisztorral kiegészítve

A fenti kapcsolás terhelhetőségét az áteresztő tranzisztor maximális kollektorárama határolja be, a kimeneti feszültség pedig a Zener diódán eső feszültség és a bázis-emitter feszültség különbsége. A stabilitást csak a Zener-feszültség változása határozza meg (éppen emiatt gyakran alkalmaznak ellenállásos Zener táplálás helyett áramgenerátoros megoldást). A terhelési érzékenység a fenti kapcsolás esetében jobb, mint az egyszerű Zener diódás stabilizátornál, de még mindig elég nagy. Ezen lényegesen javítani csak visszacsatolással lehet.

6.3.2.2. Visszacsatolást alkalmazó stabilizált tápegységek

A visszacsatolást tartalmazó tápegységek esetén a kimeneti feszültség (vagy azzal arányos feszültség) és egy referencia feszültség összehasonlításából nyert hibajel alapján szabályozzák a beavatkozó szerv működését (az áteresztő elemet).

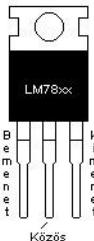


6.3-12. ábra. Szabályzott üzemű visszacsatolt tápegység elvi felépítése

Az áramkör működése a következő: a bemeneten lévő referenciafeszültség előállító (általában egy ellenállás és Zehnerdióda páros) a referenciagenerátor. A hibajelképző erősítő végzi a kimeneti és a bemeneti jel összehasonlítását (hibadetektor). A hibadetektor kimenete vezérelti az áteresztőtranzisztorot. Ha a kimenő feszültség alacsonyabb lesz a referenciafeszültségnél, akkor a hibajelképző erősítő kimenő feszültsége növekedni kezd, ami az U_{ki} kimeneti feszültség növekedését okozza. Ez a folyamat fordítottan is igaz, tehát így demonstrálható az áramkör stabilizációs működése.

6.3.2.3. Monolitikus integrált tápegységek (stabilizátor „kockák”)

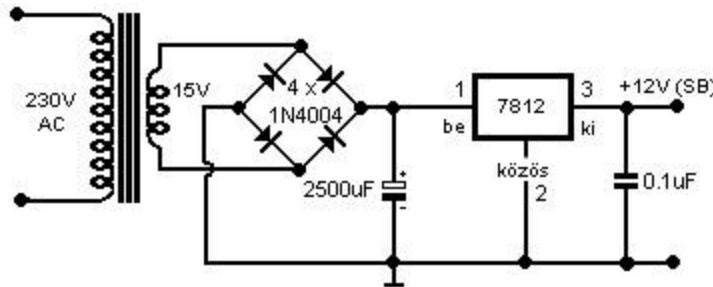
A leggyakoribb pozitív és negatív feszültségekre különböző áramtartományokban gyártanak fix kimeneti feszültségű integrált tápegységeket. Ennek megfelelően ezek az áramkörök általában három csatlakozó lábbal rendelkeznek csak (be- és kimeneti, valamint közös láb).



Az áramkörök előnye az alacsony külső alkatrész igény, a kézben tartható és jó stabilizálási paraméterek, széles beépített védelmi lehetőségek.

A leggyakoribb feszültségek: $\pm 5, \pm 6, \pm 9, \pm 12, \pm 15, \pm 18, \pm 24$ V.

A leggyakoribb áramkategóriák, amelyre integrált tápegység áramköröket gyártanak: 0.1-5A.

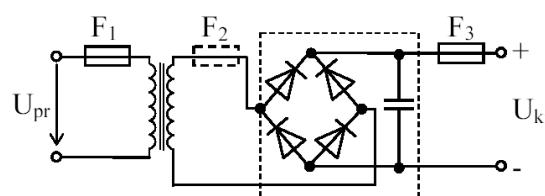


6.3-13. ábra. 12V-os stabilizált tápegység megvalósítása integrált stabilizátor elemmel

A fenti ábrán egy 12V-os stabilizált tápegység kapcsolási rajza látható, melyben egy 12V-os (7812-es) stabilizátor „kockát” alkalmazunk, az áramkör maximális terhelhetősége 1A.

6.3.3. Túláram-védelem

A tápegységek tartós túláram-védelmét olvadóbiztosítókkal oldják meg. Az olvadóbiztosítók különböző kiolvadási karakteristikával és sebességgel rendelkeznek (lomha, gyors). Méretezésük a tápegység különböző paraméterei szerint történik.



6.3-14. ábra. Túláram-védelem alkalmazása tápegységeknél

Az F_1 biztosító feladata a tápláló hálózat megvédeása a tápegység hibájától.

Méretezése:

- lomha biztosító esetén a periodikus csúcsáramra
- gyors biztosító esetén a bekapcsolási csúcsáramra.

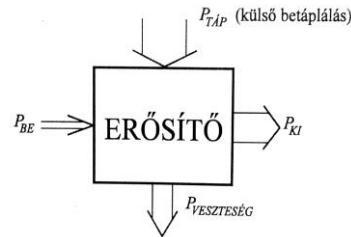
Az F_2 biztosító opcionális, feladata a transzformátor védelme az egyenirányító és a tápegység hibájától.

Méretezése:

- lomha biztosító esetén a periodikus csúcsáramra
- gyors biztosító esetén a bekapcsolási csúcsáramra.

Az F_3 biztosító a terhelésből származó túlterheléstől véd. A statikus védelem miatt általában lomha biztosítót használunk. Méretezése az egyenirányító kapcsolás maximális kimeneti árama alapján: $I_h \geq 1,1 \dots 1,2 * I_{kmax}$

6.4. Erősítők



Az erősítő működése: a P_{BE} úgy „csapolja meg” a P_{TAP} -ot, hogy a kimenetre jutó P_{KI} alakulása utánozza a P_{BE} változásait. A $P_{KI} > P_{BE}$ relációhoz szükséges többlet-energiát a P_{TAP} fedezzi. Az erősítő működése során többféle okból teljesítményvesztés is fellép, de ezt is a P_{TAP} kompenzálja.

Az erősítőket csoportosíthatjuk erősített jellemzőjük alapján, mint:

- feszültségerősítők,
- áramerősítők,
- teljesítményerősítők.

Az erősítő kapcsolásokra jellemző:

- típusuk (mit erősít, mire használjuk),
- átviteli karakterisztikájuk (lineáris ill. nem lineáris) és a frekvenciamenetük,
- erősítési tényezőjük,
- be- és kimeneti paramétereik (be- és kimeneti ellenállás és feszültség, teljesítmény, áram továbbá a tápfeszültség).

Az erősítés (az elektronikai gyakorlatban gyakrabban alkalmazott skalár mennyiségekkel kifejezve) attól függően, hogy mi az erősített jellemző:

$$\begin{aligned}
 A_u &= \frac{u_{ki}}{u_{be}} \\
 A_i &= -\frac{i_{ki}}{i_{be}} \\
 A_p &= \frac{P_{ki}}{P_{be}} = \frac{u_{ki}i_{ki}}{u_{be}i_{be}}
 \end{aligned}$$

Az ideális erősítő nagy bemeneti ellenállású, hogy ne terhelje a megelőző, meghajtó hálózatot és kis kimeneti ellenállású, hogy az általa meghajtott fokozat működési feltételei legkedvezőbbek lehessenek.

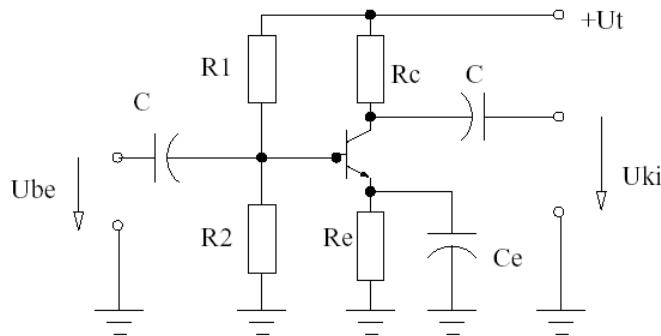
Ideális erősítő természetesen a gyakorlatban nem létezik, így a gyakorlati megvalósításnál csupán törekedhetünk az ideális állapot megközelítésére (jó erősítő).

Az erősítők sokféle megoldásban léteznek: létezik tranzisztoros, FET-es és műveleti erősítők kialakítás. Tranzisztoros esetében megkülönböztetünk földelt emitteres, földelt kollektorú és földelt bázisú erősítőket.

6.4.1. Kisfrekvenciás erősítők

Kisfrekvenciás erősítőket általában hangfrekvenciás jelek erősítésére használunk.

Ezek az erősítők általában tranzisztorokból állnak, de nagyon elterjedt a FET-ek és műveleti erősítők alkalmazása is. A következőkben egy nagyon elterjedt tranzisztoros ún. földelt emitteres alapkapsolást ismertetünk.



6.4-1. ábra. Földelt emitteres erősítő alapkapsolás

6.4.1.1. Egyenáramú működés

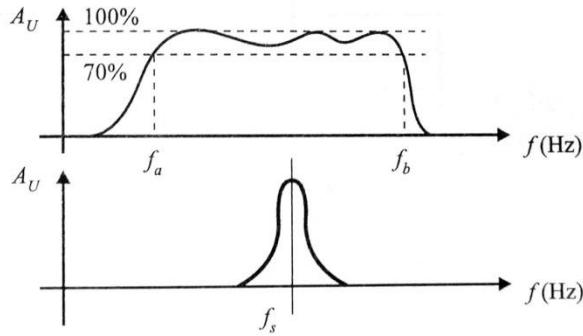
Mint látható, az áramkör $+U_t$ feszültség táplálja. Ez a feszültség rákerül az R_1 és R_2 -ból kialakított bázisosztóra, mely az egyenáramú munkapontot biztosítja a tranzisztoroknak. C kondenzátorokra azért van szükség, hogy leválassza a fokozat ki- és bemenetéről az egyenfeszültséget. Ezeket a kondenzátorokat csatoló kondenzátoroknak nevezzük. A tápfeszültség szintén rákerül az R_c ellenállásra, mely a tranzisztor munkaelenállása. Ez az ellenállás (és az R_e emitter ellenállás) állítja be a kollektoráramot. Az R_e -nek munkapontstabilizációs szerepe van.

6.4.1.2. Váltóáramú működés

Ha az áramkör bemenetére váltófeszültséget kapcsolunk, akkor a kondenzátorok is részt vesznek a működésben. Mint ismeretes, a kondenzátorok váltóáram hatására rövidzárként viselkednek. Ezért az R_e ellenállást a C_e kondenzátor lesöntöli, és így a tranzisztor emittere közvetlenül földpotencián lesz. Tételezzük fel, hogy a bemenő jel egy szinuszos jel. A kondenzátoron áthaladva rászuperponálódik a bemeneti jel a bázisosztó által leosztott tápfeszültségre. Amikor a jel a pozitív félperiódusban van, akkor jobban zárja a tranzisztor, tehát a tranzisztor Kollektor-Emitter-ellenállása kisebb lesz. Ezáltal a kimenő feszültség csökken. Negatív félperiódusban a tranzisztor Bázisán kisebb feszültség lesz, így a kimeneten a feszültség növekedni kezd. A tranzisztor Kollektorán lévő jelnek is van egyen komponense, melyet a kimeneten lévő kondenzátor választ le.

6.4.2. Nagyfrekvenciás erősítők

Nagyfrekvenciás erősítőket gyakran alkalmazunk a rádiótechnikában előforduló áramkörökben. A nagyfrekvenciás erősítő lehet: szélessávú, és szelektív. Felépítését tekintve lehet FET-es, tranzisztoros, vagy integrált áramkörből felépített fokozat. Vannak olyan erősítők, amelyeknek lehet szabályozni az erősítését. Ilyen erősítőket egyszerűen lehet építeni un. dual-gate-MOS-FET eszközökből.



6.4-2. ábra. Szélessávú és szelektív erősítők átviteli karakterisztikája

6.4.2.1. Szélessávú erősítők

A tranzisztoros (FET-es) alapkapcsolások nagyfrekvenciás tulajdonságait az erősítés és a visszacsatoló szort kapacitás határozta meg. Nagy sávszélesség esetén alacsony erősítést lehetett megengedni. A nagy sávszélesség előállításához speciális kapcsolásokat –általában erősítő láncokat- hoznak létre. Kedvező sávszélességű kapcsolások, pl. a KE+KK kapcsolásokkal.

6.4.2.2. Szelektív erősítők

A szelektív erősítők a frekvenciatartomány egy meghatározott tartományát erősítik.

Nagyfrekvenciás szelektív erősítők hangolt LC köröket tartalmazó erősítők, tulajdonképpen ezek aktív sávszűrők, amelyek behatárolják az erősítő üzemi frekvenciatartományát (alsó és felső határfrekvenciáját).

6.4.3. Teljesítményerősítők (A,B és C osztály)

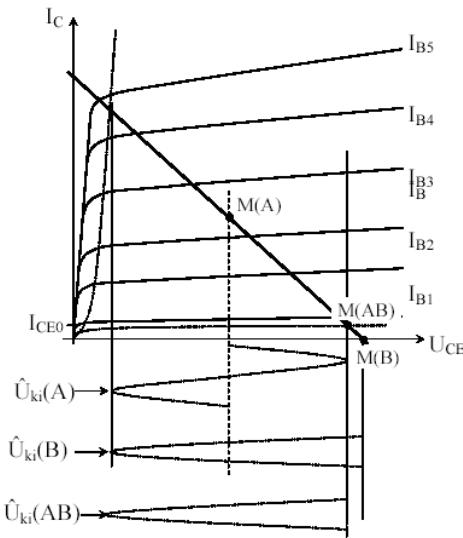
A teljesítményerősítők a nagyjelű erősítők kategóriájába tartoznak és az erősítő láncban elfoglalt helyük alapján gyakran nevezik őket végerősítőknek is.

$$A_p = \frac{P_{KL}}{P_{BE}}$$

A teljesítményerősítőket osztályokba sorolják, amelynek alapja, hogy a végerősítő tranzisztor / MOSFET üzemidejének hány százalékában vezet. (Egy más megfogalmazás szerint a végerősítő tranzisztort / MOSFET-et szinuszos jelrelével vezérelve az hány fok tartományban vezet -folyási szög-.). Ennek megfelelően vannak A, B, AB, C osztályú erősítők. Az analóg technikában elsősorban az A, B és az AB osztályú erősítőknek van különösen nagy jelentőségek, lineáris átvitelük miatt. A rádiotechnikában egyes üzemmódok esetében alkalmazható a C osztályú erősítő is, amely ugyan nem lineáris átvitelű, de nagyon jó hatásfokkal rendelkezik.

Teljesítményerősítők tulajdonságai:

- A osztályú: a bemeneti jel 100%-a kerül felhasználásra (fordítási szög: $a = 360^\circ, 2\pi$)
- AB osztályú: a bemeneti jel több mint 50%-a, de kevesebb mint 100%-a kerül felhasználásra (fordítási szög: $181^\circ - 359^\circ, \pi < a < 2\pi$)
- B osztályú: a bemeneti jel 50%-a kerül felhasználásra (fordítási szög: $a = 180^\circ, \pi$)
- C osztályú: a bemeneti jel kevesebb mint 50%-a kerül felhasználásra (fordítási szög: $0^\circ - 179^\circ, a < \pi$)



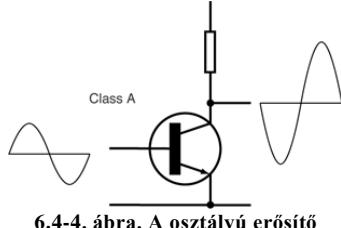
6.4-3. ábra. A, B és AB osztályú erősítő átviteli karakterisztikája

6.4.3.1. A osztályú erősítő

Az A osztályú erősítők végtranzisztorai optimális munkapontba állítva üzemelnek (a munkapont a lineáris karakterisztika felére vannak állítva), így a tranzisztorok 100%-ban vezetnek (folyási szög 360°).

Az A osztályú erősítők nyugalmi áramfelvételle nagy, így hatásfokuk hatásfoka nagyon alacsony (kb. 50%), kivezérlés nélkül akár nulla is lehet.

Az A osztályú teljesítményerősítők legfontosabb előnye a nagyon kedvező torzítási tényező, amely elsősorban hangfrekvenciás erősítőknél fontos.



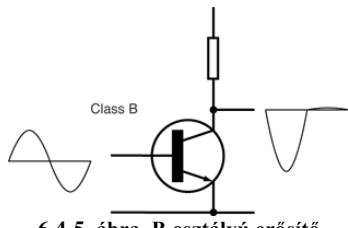
6.4-4. ábra. A osztályú erősítő

6.4.3.2. B osztályú erősítő

A B osztályú erősítő munkapontja a bemeneti karakterisztika zárokönyökébe kerül (lásd az ábrán). Nyugalmi állapotban a tranzisztoron nem folyik áram. Szinuszos jelet feltételezve ez azt jelenti, hogy egy végtranzisztorral egy fél periódust lehet erősíteni, tehát a másik fél periódus erősítéséhez egy az előzővel ellentétes fázisban működő másik végtranzisztorra van szükség.

A B osztályú erősítőket olyan alkalmazásokban használjuk elsősorban, amikor lényeges a jó hatásfok, de nem kritikus a torzítás.

A B osztályú erősítők hatásfoka megközelítőleg 70-75%.



6.4-5. ábra. B osztályú erősítő

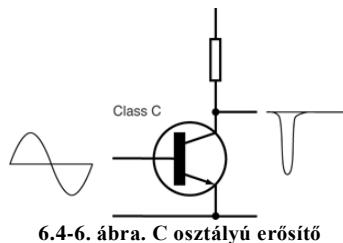
6.4.3.3. AB osztályú erősítő

Az AB osztályú üzem a nullpont körüli nemlineáritás okozta torzítások (B osztály) kivédésére szolgál. A tranzisztorokat a nyitás határáig előfeszítjük (U_0 egyenfeszültség alkalmazásával). Ez azt eredményezi, hogy a kapcsolás kivezérlés nélküli esetben is vesz fel teljesítményt (bár lényegesen kisebbet, mint A osztályú üzem esetén), így hatásfoka akár nulla is lehet. A maximális kivezérlésnél elérhető hatásfok is csökken (bár nem jelentősen) a B osztályúhoz képest. Hatásfoka: 60-65%.

A rádiótechnikában a leggyakrabban alkalmazott lineáris erősítők AB osztályban dolgoznak.

6.4.3.4. C osztályú erősítő

A C osztályú erősítők munkapontja a bemeneti karakterisztika zárókönyökétől eltolva (nagyobb negatív előfeszítéssel) helyezkedik el. Tehát a kollektoráram egy félperiódus idejénél is rövidebb ideig folyhat, így a C osztályú erősítők lineáris erősítésre nem alkalmasak. Azonban nagyon jó hatásfokkal rendelkeznek (75%-85%).



6.4-6. ábra. C osztályú erősítő

6.4.4. Erősítők visszacsatolása

Az erősítők nemlineáris elemeket tartalmaznak, amelyek általában hőmérsékletfüggők is, ami instabil működést, valamint torzítást eredményez. A negatív hatások csökkentésére visszacsatolást alkalmazunk. A visszacsatolások lehet negatívak vagy pozitívak azszerint, hogy a visszacsatolt jel a bemeneti jelhez képest azonos vagy ellentétes fázisban kerül hozzáadásra. Pozitív visszacsatolást valamely jelenség felnagyítására, míg a negatív visszacsatolást annak csökkentésére használjuk, így lineáris erősítőkben csak a negatív visszacsatolás alkalmazható.

6.4.5. Erősítők nemlinearitása (torzítása)

Az aktív elemek alapvetően nemlineáris elemek. Kapcsolási megoldásokkal (pl. negatív visszacsatolás) a nemlienaritás csökkenthető, azonban - különösen a nagyjelű erősítőknél - teljesen nem szüntethető meg. A nemlineáritás hatására az erősített jellemző torzul. A torzulás bekövetkezhet amplitúdóban, fázisban és frekvenciában is.

Szinuszos vezérlő jelet feltételezve a torzulás lehet harmonikus torzulás, amikor a szinusz jel amplitúdójának torzulása következtében megjelennek a felharmonikusok (a nemszinuszos periodikus jeleknek megfelelően).

Az erősítő karakteristikájának nemlinearitása következtében két frekvencia létrehozhat egy harmadik (az eredeti jelben nem szereplő) frekvenciát is (intermodulációs torzítás).

Az erősítő fázis-karakteristikájának nemlineáritása azt eredményezheti, hogy a különböző frekvenciájú jelek eltérő fázishelyzetben jelennek meg az erősítő kimenetén.

6.4.6. Automatikus erősítésszabályozás (AGC)

Automatic Gain Control. Ez az áramkör biztosítja az erősítő kimenetén az optimális szintet (pl.: KF optimális erősítését). A működése igen egyszerű. KF esetében: a detektált hangnak a szintjével vezérelünk egy a KF fokozatban elhelyezett feszültségvezérelt erősítőt. Természetesen invertáló üzemmódban. Tehát minél nagyobb a kimenő jel, az AGC annál alacsonyabbra állítja a KF erősítését. Ezzel természetesen a kimenő szint is kevesebb lesz.

A szabályzás tehát a KF erősítőnk erősítését a kellő szintre állítja. Modern rádiókban az AGC bemenetén egy kikapcsolható, hangolható sávszűrő található, melyet CW üzemben ráállíthatunk az ellenállomásunk hangsínire. Tehát az AGC a kiválasztott állomás jelére szabályozza vevőnk KF erősítését.

6.4.7. Többfokozatú erősítők

A gyakorlati esetek jelentős részében egy erősítő fokozat nem elegendő a kívánt erősítés eléréséhez. A stabilitás, a zavarérzékenység csökkentése és a szükséges határfrekvencia érdekében egy erősítő fokozattal reálisan csak 10..50-szeres erősítés érhető el (közelebb az alsó határhoz). A többfokozatú erősítők kialakításának célja lehet a nagyobb erősítés (ált. feszültségerősítés elérése, pl. egyenáramú erősítők, jelkondicionálók), de lehet egy nagyobb teljesítményű erősítő fokozat meghajtása is (előerősítő és főerősítő).

Az erősítő láncok több szempont szerint is csoportosíthatók.

Az egyik ilyen lehetőség a fokozatok közötti csatoláson alapul. Az egyes fokozatok közötti csatolás lehet:

- a) Közvetlen csatolás
- b) RC csatolás
- c) Transzformátoros csatolás
- d) Optoelektronikai csatolás

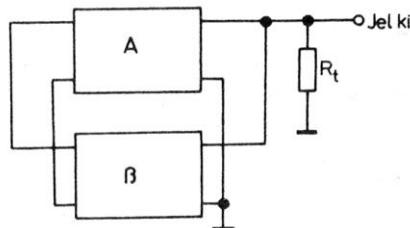
A többfokozatú erősítőknél az egyes fokozatok általában láncba kapcsolódnak, így az eredő erősítésre a következők írhatók fel n fokozat esetében:

$$A = \prod_{i=1}^n A_i$$

6.5. Oszcillátorok

Oszcillátorok nevezzük azokat az áramköröket, amelyek elektromos rezgések keltésére alkalmasak. Alapvetően két fajta oszcillátort különböztetünk meg: a hangolható (VFO), és a stabil frekvenciás oszcillátorokat.

Az általunk tárgyalott oszcillátorok szinuszos jel előállítására alkalmasak, továbbá mindegyik tartalmaz egy frekvencia-meghatározó elemet, továbbá jellemző rájuk a szolgáltatott jel amplitúdójának nagysága és annak időbeli állandósága.



6.5-1. ábra. Oszcillátor tömbvázlata

A fenti ábrán látható az oszcillátor tömbvázlata. Az egyszerű oszcillátor az alábbi elemeket kell, hogy tartalmazza:

- erősítő,
- visszacsatoló áramkör,
- frekvencia-meghatározó elem,
- amplitúdó-szabályozó áramkör.

Észrevehető az ábrán, hogy az oszcillátor nem rendelkezik bemeneti kapcsokkal, mert a felvázolt rendszer $A\beta = 1$ érték elérésekor vezérlés nélkül is jelet szolgáltat. Fontos, hogy ez az egyenlőség fennmaradjon, hiszen $A\beta > 1$ esetben a visszacsatoláson keresztül az amplitúdó növekedés elvileg végtelen, $A\beta < 1$ esetben pedig az amplitúdó nullára csökken (lecseng a rezgés).

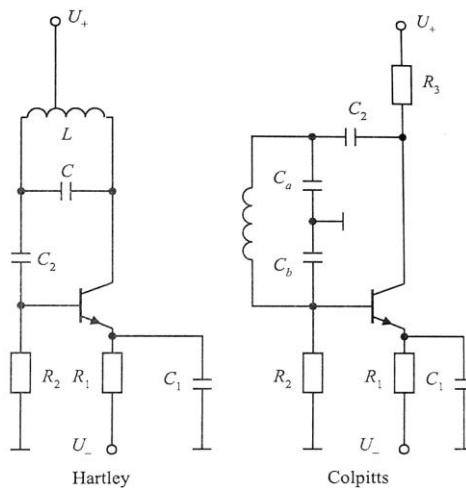
A stabil frekvenciás oszcillátort létrehozhatunk rezgőkör vagy rezgőkvárc segítségével. A változtatható frekvenciájú oszcillátorok legegyszerűbb változatában szintén egy rezgőkör a frekvencia-meghatározó elem.

Az oszcillátor legfontosabb jellemzője a frekvenciastabilitás. Az oszcillátorok frekvencia ingadozását a külső környezeti hatások válthatják ki. Ilyenek a hőmérséklet, változása, és a tápfeszültség változása is. Az oszcillátorokat mindenféleképpen stabilizált tápegységről kell üzemeltetnünk. Nagyon elterjedt a kétszeres stabilizálás alkalmazása, mely egy kimondottan csak az oszcillátornak fenntartott külön stabilizátor beiktatásával érhetők el. Fokozottan ügyelünk kell az oszcillátorok mechanikai stabilitására is, mivel a frekvencia meghatározó elem érzékeny a mechanikai hatásokra is. Általában a rádiók vezéroszcillátorát külön dobozban helyezik el, külön árnyékolással, és nagyon gyakori a termosztát alkalmazása is. Ekkor az egész oszcillátor egy 'kemencében' van, ahol egy automatika (szabályozó) gondoskodik a pontos hőmérsékletről.

6.5.1. LC oszcillátorok

Az LC oszcillátorok legalább egy csatolt rezgőkörből és egy aktív elemből állnak. A rezgőkör határozza meg az oszcillátor frekvenciáját, a keltett rezgés nagysága az aktív elemtől függ.

Az egyes LC oszcillátor-kapcsolások a csatolt rezgőkör kialakításában térnek el egymástól. Az alábbi ábra mutatja a két legismertebb kapcsolást: a Hatley jellegzetessége az induktívan, a Colpitts- kapcsolásé a kapacitívan csatolt rezgőkör.



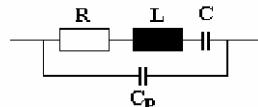
6.5-2. ábra. LC oszcillátorok

Az LC oszcillátor frekvencia-stabilitása nem túl jó, így fix-frekvenciájú oszcillátorok esetében előnyösebb a kvarcoszcillátor alkalmazása.

6.5.2. Kvarcoszcillátorok

A hagyományos LC rezgőkörökkel két nagyságrenddel jobb frekvenciastabilitású oszcillátorok építhetők rezgőkristályokkal. A kvarcoszcillátorokat olyan helyen alkalmazzuk, ahol stabil frekvenciájú jelre van szükségünk. A nagyobb stabilitás érdekében a kristályt kemencébe szokták rakni, melynek hőmérsékletét szabályozzák.

A megfelelően csiszolt kvarckristály úgy viselkedik elektromosan, mint egy soros rezgőkör:

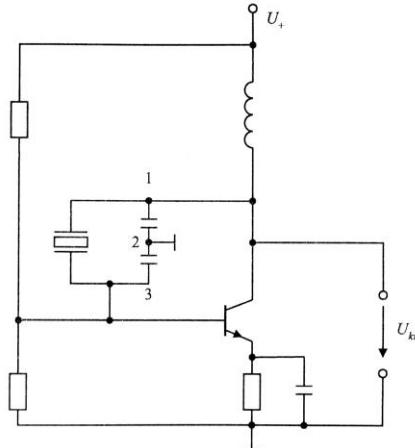


6.5-3. ábra. A kvarckristály helyettesítő képe

A kvarcoszcillátor frekvencia stabilitása:

$$\frac{\Delta f}{f} \approx 10^{-6} \dots 10^{-10}$$

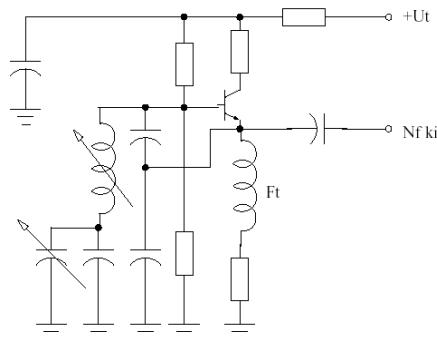
Az alábbi ábrán egy kvarckristállyal stabilizált, klasszikus hárompontos kapcsolású oszcillátort rajzolunk fel szemléletesen:



6.5-4. ábra. Kvarccal stabilizált oszcillátor

6.5.3. VFO (Változtatható Frekvenciájú Oszcillátor)

A VFO olyan oszcillátor, melynek a frekvenciáját változtatni lehet. Ezt úgy érjük el, hogy egy oszcillátor frekvenciameghatározó elemeként rezgőkört alkalmazunk, és ennek az egyik tagját (állatalában a kondenzátort) változtatjuk.



6.5-5. ábra. Egyszerű VFO kapcsolási rajza

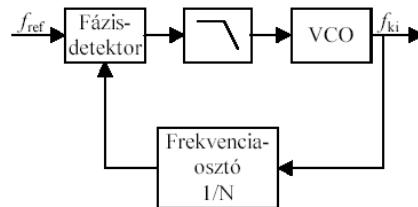
A 6.5.5. ábrán egy nagyon egyszerű VFO kapcsolási rajzát láthatjuk. Ez a kapcsolás is lényegében egy visszacsatolt erősítő, melyben frekvencia-meghatározó elem helyezkedik el a visszacsatoló láncban. Látható, hogy a soros rezgőkör olyan elemekből vannak felépítve, melyek értékei változtatni tudjuk. Ezeket az áramköröket általában leválasztó fokozattal is ellátják a nagyobb stabilitás miatt.

6.5.4. PLL (Fáziszárt hurok)

Napjainkban rohamosan nő az igény rádióösszeköttetések kialakítására. A rádiófrekvencia nagyon drága erőforrás. A rádiócsatornákat tehát igyekeznek minél jobban kihasználni, ennek megfelelően a szomszédos rádiócsatornák között igen csekély védősávok maradnak. Ezért egy-egy rádióátvitelnél a vivőfrekvenciát nagy pontossággal a névleges értéken kell tartani, mert a legkisebb eltérés esetén már zavarának a szomszédos rádiócsatornát. Bizonyos alkalmazásokban már a megfelelő minőségű átvitel biztosításához is nagy stabilitású vivőfrekvenciára van szükség. A kérdés az, hogy állítsunk elő ilyen nagy stabilitású vivőfrekvenciát. Hagyományos R, L, C elemekből nyilván nem lehet olyan oszcillátort készíteni, mely ezeknek az előírásoknak

megfelelne. A kvarcoszcillátorok is igen jó stabilitással rendelkeznek, de sajnos kimenő frekvenciájuk általában még a 100MHz-et sem éri el. Így pont a jelenleg a figyelem középpontjában álló 100MHz-10GHz frekvenciatartomány lefedése okoz gondot.

A problémát úgy oldhatnánk meg, hogy kifejlesztették a PLL szintézereket. A PLL (Phase Locked Loop=fáziszárt hurok) alapú jelszintézis az integrált PLL áramkörök megjelenésével olcsóvá és a legtöbb alkalmazás számára megfelelő minőségűvé vált.



6.5-6. ábra. PLL szintézer blokkvázlat

A PLL egy VCO-ból (feszültségvezérelt oszcillátorból), egy frekvenciaosztóból, egy fázisdetektorból és egy aluláteresztő szűrőből kialakított szabályozási folyamat, mely képes a VCO kimenő jelét fázisban és frekvenciában egy referenciajelhez szinkronozni. Igen sok alkalmazási területe ismeretes, jelenlegi feladatunk szempontjából azonban a PLL frekvenciaszintézerként való alkalmazása a legfontosabb.

PLL alkalmazási területei:

- frekvencia-moduláció/-demoduláció
- amplitudó-demoduláció
- vivőszinkronizáció
- frekvenciaszintetizálás
- fordulatszám-szabályozás

6.5.4.1. A PLL szintézer működése

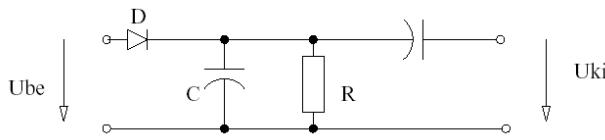
Egy PLL szintézer blokkvázlat látható a 6.5.6. ábrán. A referenciajelet tipikusan egy nagy stabilitású, kis fáziszajú kvarcoszcillátor állítja elő. A fázisdetektor e referenciajel fázisát összehasonlíta a frekvenciaosztó kimenő jelének fázisával, és a fáziskülönbségnek megfelelő szabályozójelet képez. Ez a jel szűrés után úgy módosítja a VCO kimenő jelét, hogy az a frekvenciaosztás után azonos fázisban legyen a referenciajellel. A kimenőjel frekvenciája ($N \cdot f_{ref}$) elvileg tetszőlegesen nagy lehet, a frekvenciaosztó osztásarányának változtatásával pedig diszkrét lépésekben hangolható. A kimenő jel stabilitása megegyezik a referenciajel stabilitássával, fáziszaját pedig alapvetően a referenciajel fázisjára és a frekvenciaosztó osztási aránya határozza meg.

6.6. Detektorok

A demoduláció vagy detektálás az az eljárás, amivel az információt tartalmazó kisfrekvenciás jelet leválsztjuk a nagyfrekvenciás hordozóról. Az előzőekben ismertetett amplitúdómodulált és frekvenciamodulált különböző detektorokkal állítjuk vissza a moduláló hangfrekvenciás jelet.

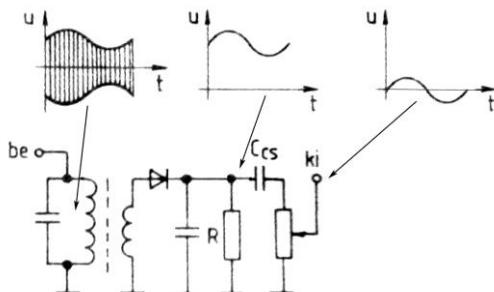
6.6.1. AM jel demodulálása

Egy AM-DSB/SC (röviden AM) jel demodulálásához nagyon egyszerű kapcsolás is elegendő. Ez a kapcsolás egyetlen diódából, és egy RC tagból áll (6.6.1. ábra).



6.6-1. ábra. AM demodulátor rajza

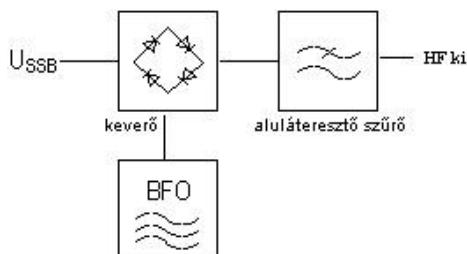
A kapcsolás működése is nagyon egyszerű. A D dióda egyenirányítja a nagyfrekvenciás jelet, majd az RC-kő kiszűri a nagyfrekvenciát, és így megmarad a hangfrekvenciás jel. A csatolókondenzátor pedig leválasztja az egyenáramú komponenseket. Ezt a folyamatot a 6.6.2. ábrán lehet jól követni. Látható, hogy a nagyfrekvenciás jelben az információ a burkológörbe.



6.6-2. ábra. Diódás AM demodulátor működése

6.6.2. SSB és CW jelek demodulálása

Az SSB jelek demodulálása bonyolultabb, mint az egyszerű AM jel detektálása. Mivel itt nincsen vivő, ezért a demodulátor részét kell képezze egy beat oszcillátor. Az SSB demodulátor tulajdonképpen egy keverőből, egy BFO-ból és egy aluláteresző szűrőből áll. A beat oszcilláltort (más néven üttető, vagy lebegtető) SSB és CW jelek demodulátorában alkalmazunk. Mivel ezeknél a modulációknál nincs kisugárzott vivő, nekünk kell a vevőben előállítani.



6.6-3. ábra. SSB és CW demodulátor blokkvázlata

Az ábrán a keverő végzi az SSB jel és a BFO keverését, felépítését tekintve diódákból áll. A beat oszcillátor általában egy kvarcoszczillátor, melynek a frekvenciáját kis mértékben el lehet hangolni (USB és LSB vételnél a KF frekvencia fölé vagy alá kell hangolnunk 1.5 kHz-el). Távíró jelek vételénél teljesen mindegy, hogy felül vagy alul van a BFO jele, bár itt kb. 1 kHz az eltérés.

6.6.2.1. Produkt detektor

Ez az áramköri elem gyakorlatilag egy keverő, melyhez az SSB valamint CW üzemmódú vevők KF fokozatai kapcsolódnak. Továbbá ezeknél az adásmódonál szükséges a nem kisugárzott vivő jelenléte is. Ezt a jelet egy helyi BFO biztosítja. Ennek a jelnek a frekvenciája általában 1.5kHz-el tér el a KF frekvenciától. USB/LSB adásmódot a +1.5Khz, valamint -1.5kHz nagyságúra kell hangolni a BFO-t.

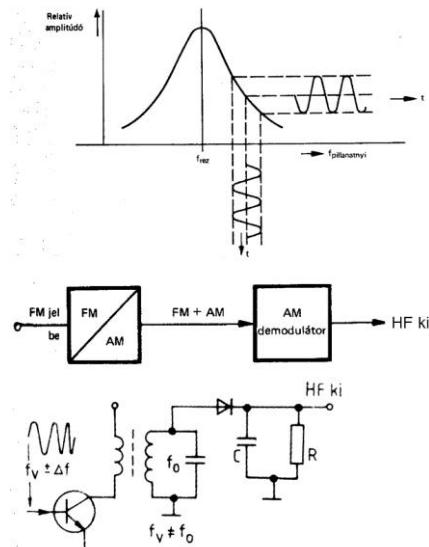
6.6.3. FM jel demodulálása

Az FM jeleknel az információt a frekvencia változása hordozza. Ezek demodulálása kissé bonyolultabb, mint az AM rendszerekben megszokott módszer.

Az FM jel demodulálására alkalmazott eljárások:

- FM-AM átalakítás,
- fázisátalakítás,
- impulzusszámlálás,
- PLL (fázissárt hurok) segítségével

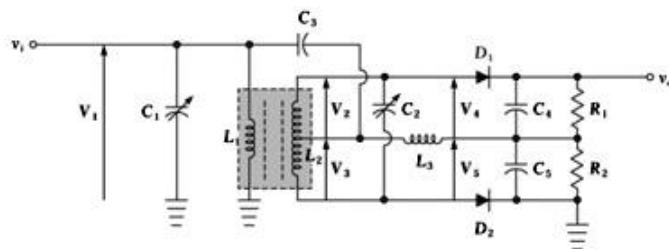
Az FM jel detektálása legegyszerűbben egy FM-AM átalakítással történik, ahol a jelet egy félrehangolt rezgőkörre vezetik, ezáltal a frekvencia változása amplitúdó változást is eredményez. Az így kapott jelet egy egyszerű AM demodulátorral demodulálhatjuk.



6.6-4. ábra. FM demodulátor FM-AM átalakítással

FM jel detektálásánál általános elv, hogy a frekvenciamodulált jelet detektálás előtt limitálni kell. Az erősen limitált frekvenciamodulált szinuszjel FM-elt négyzetjelnek tekinthető. A limitálás az FM-jelre ült zavaramplitúdókat távolíthatjuk el.

6.6.3.1. Fázisdiszkriminátoros FM detektor



6.6-5. ábra. Foster-Seely diszkriminátor

Az ábrán látható diszkriminátor működési elve: az induktív csatolt hangolt körnek rezonanciafrekvencián a primer és a szekunder feszültség fáziseltérése 90° , míg rezonancia alatt e fázisszög nő, felette pedig csökken (vagy ennek a fordítottja, a tekercselési irányuktól függően). A szekunder kör két végére egy-egy soros diódás burkolódemodulátor csatlakozik. A primer és a fél szekunder feszültség fázishelyes összeadásával az FM jel pillanatnyi frekvenciájával közel arányosan változó, AM jel jön létre.

Elönye: viszonylag jó a linearitása és aránylag nagy kimeneti feszültséget ad.

7. fejezet

Vevők

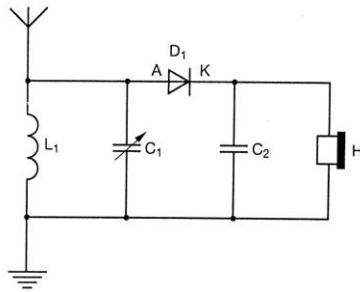
Kovács Levente HA5OGL, Jónap Gergő HG5OJG

Napjainkban alkalmazott legolcsóbb vevőkészülékek (zseb-, táskarádiók) is mind szuperheterodin elv alapján működnek, a hőskorban használt egyenes vevőkészülékeket már csak muzeális tárgyaknak tekinthetjük. Ezért a fejezet elején említett egyenes vevőkészülékek ismertetése elméleti jelentőségű.

7.1. Az egyenes vevők

7.1.1. A detektoros vevő

A detektoros vevő a legrégebbi és a legegyszerűbb egyenes rádió-vevőkészülék. Az egyenes vétel azt jelenti, hogy az antennától a demodulátorig azonos vivőfrekvencián megy végbe a jelátvitel.



7.1-1. ábra. A legegyszerűbb detektoros egyenes vevő

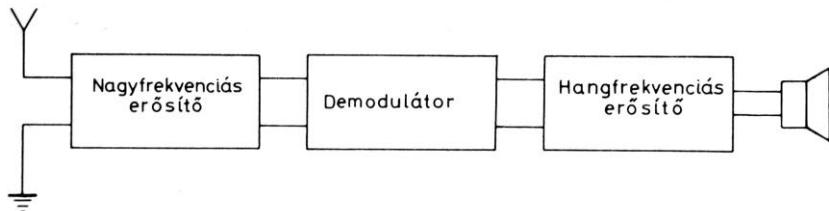
A legegyszerűbb detektoros vevő kapcsolási rajza a 7.1.1-es ábrán látható. Működéséhez nagyszintű NF jel szükséges, amit pl.: egy helyi AM adó biztosíthat. A szelekciót egy párhuzamos rezgőkör adja. A rezgőkör után a jel egy germániumdiódán halad keresztül. A hangfrekvenciás egységet egy nagyimpedanciás fejhallgató képviseli. A nagyfrekvenciás szűrést a fejhallgatóval párhuzamosan kötött C_2 -es kondenzátor végzi. A vétel a dióda bekötésétől független, mivel a kétoldalsávos AM-nál minden oldalsáv ugyanazt az információt hordozza. A készülék nem erősít, így a jelamplitúdó kizárolag az antenna jelfeszültségtől függ.

7.1.2. Audion kapcsolás

A detektoros vevőkészülékkal erősítés hiányában maximum 1-2 helyi állomás fogható, így szükséges egy nagyfrekvenciás erősítőfokozatot beépíteni a vevőkészülékünkbe ahhoz, hogy megfelelő vételi eredményeket tudunk elérni. A nagyfrekvenciás erősítőfokozatot az audion kapcsolásban egy tranzisztoros visszacsatolt erősítőfokozat képviseli, továbbá az olyan visszacsatolt erősítőfokozatot, amely a bemenetére kerülő AM jelből a kimenetén közvetlen hangfrekvenciás jelet szolgáltat, audion kapcsolásnak nevezzük.

7.1.3. Távolsági egyenes vevőkészülékek

Aktív erősítőelemek felhasználásával érzékeny vevőkészülékek építhetők. A távolsági egyenes vevő tömbvázlata az alábbi ábrán látható:



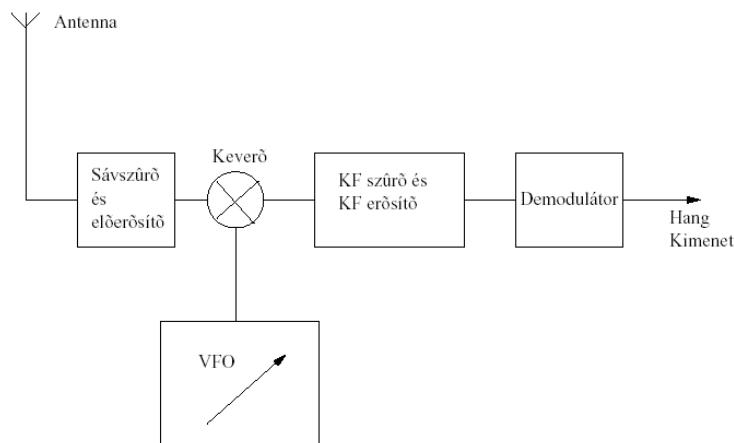
7.1-2. ábra. Az egyenes vevőkészülékek tömbvázlata

A fejlődés első szakaszában a vevőkészülékek egyenes vevők voltak. Ezekben a készülékekben a beérkező jelet két vagy három hangolt körös erősítőfokozat az eredeti vivőfrekvencián erősíti. A felerősített jel a demodulátorba kerül. A hangfrekvencia – esetleg még egy hangfrekvenciás előerősítő után – a hangfrekvenciás végerősítőbe jut. Az ilyen rendszerű vevőkészülékek hátránya a kis szelektivitás és a kis érzékenység. Ezek a hibák főleg rövidhullámon jelentkeztek.

7.2. Szuperheterodon rendszerek

A szuperheterodon rendszer elve az, hogy a vett jelet csak egy nagy sávszélességű szűrővel szűrik meg. Ez a szűrő mindenkor a készülék üzemi frekvencia tartományára van hangolva fixen. Ez a szűrő a sávszelektivitásért felel. Ezután a még üzemi frekvenciájú jelet, egy középfrekvenciára keverjük. A keverőben létrejön a főoszcillátor (helyi oszcillátor, VFO), és a bemeneti üzemi frekvencia keverési terméke a KF-frekvencia. (KF = Közép Frekvencia). A KF-frekvencia, és a helyi oszcillátor frekvenciának összege vagy különbsége adja a vételi frekvenciát.

$$f_v = f_h \pm f_{KF}$$



7.2-1. ábra. Szuper rendszerű vevő

Tehát a helyi oszcillátor frekvenciája 2 különböző vételi frekvenciát határozza meg. Ennek kiküszöbölésére kell a sávszűrő a keverőfokozat elő. A szűrőfokozat beiktatásával jelentősen csökkenhető a másik nem kívánt vételi frekvencia vétele. Ezt a frekvenciát tükrösfrekvenciának hívjuk. A tükrösfrekvencia elnyomást pedig tükröszelektivitásként deklaráljuk, és dB-ben adjuk meg.

$$a_t = 10 \lg \frac{P_v}{P_t}$$

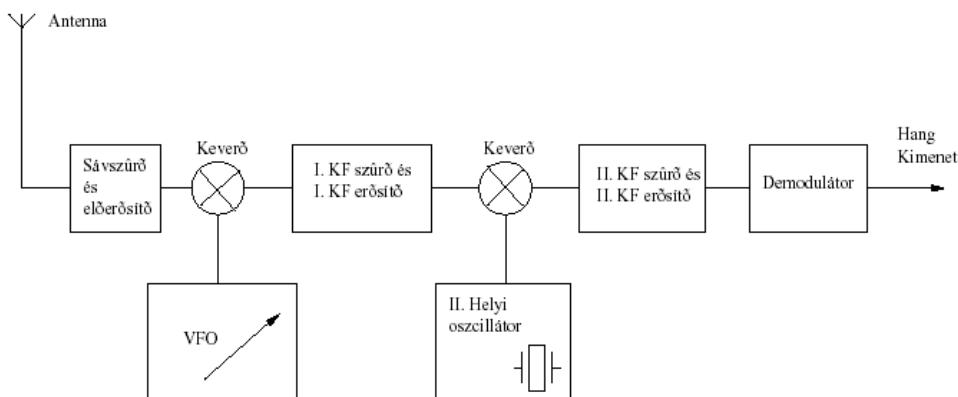
A KF-frekvencia egy konstans frekvencia. Fix frekvenciára sokkal könnyebb nagyszelektivitású szűrőket készíteni. A KF frekvenciára hangolt szűrőt KF szűrőnek nevezzük. A gyakorlatban a KF szűrők kerámia, vagy mechanikus szűrők. Ezeknek kicsi a méretük, és megfelelően jó minőséggel rendelkeznek. Általában a KF-frekvencia kisebb, mint az üzemi frekvencia, tehát a jel erősítése is jóval egyszerűbb feladat. A vételi frekvencia beállítását a VFO frekvenciájának változtatásával végezzük, ami egyetlen eszköz hangolásával könnyedén megoldható.

A 7.2.1. ábrán egy egyszeres keverésű, szuperheterodin rendszerű vevőkészülék tömbvázlatát láthatjuk. A KF erősítő a csatornaszelektivitásért felelős. Az így megszűrt jelet a demodulátor demodulálja, és a kimeneten megjelenik a hangfrekvenciás jel, melyet tovább erősítve és hangszóróra vezetve érzékelhetővé válik számunkra.

7.3. Többszörös transzponálású rendszerek

Nagyobb szelektivitás, és jobb minőség elérése érdekében 2, de néha 3-szoros keverésű rendszereket is alkalmaznak. Ez még bonyolultabbá teszi a vevőkészüléket, de minősége jelentősen javul. Egy manapság használatos közepes minőségű amatőr rádió is 2-szoros keverésű.

A kétszeres keverésű vevőkészülékben a már megismert KF erősítő és szűrőfokozat után egy további keverőfokozatot, oszcillátort, és KF erősítőt/szűrőfokozatot kapcsolnak. Mivel mind a 2 KF frekvencia konstans értékű, a 2. helyi oszcillátor is stabil frekvenciájú, általában kvarc oszcillátor. A demodulátor fokozat a 2. KF fokozatot követi.



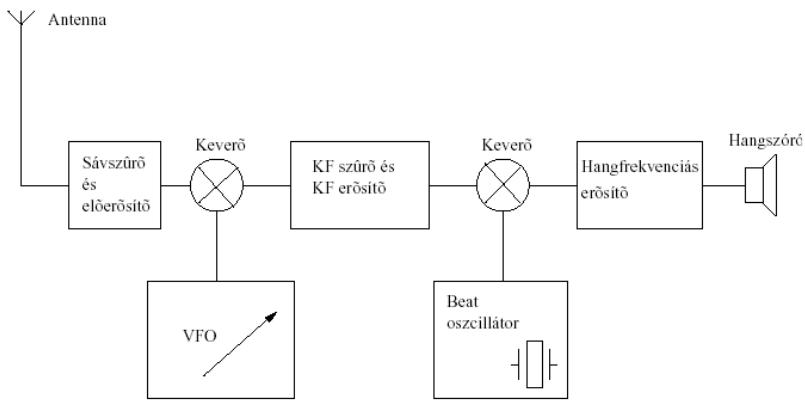
7.3-1. ábra. Kétszeres keverésű szupervevő

A 7.3.1. ábra egy kétszeres keverésű, szuperheterodin rendszerű vevőkészüléket ábrázol. A II. helyi oszcillátor frekvenciája a 2. KF frekvencia összege vagy különbsége. (a keverőfokozatokról, és a keverésről részletesen a keverőfokozatok tárgyalásánál esik szó) Egyszeres és kétszeres transzponálású szuperheterodin vevő.

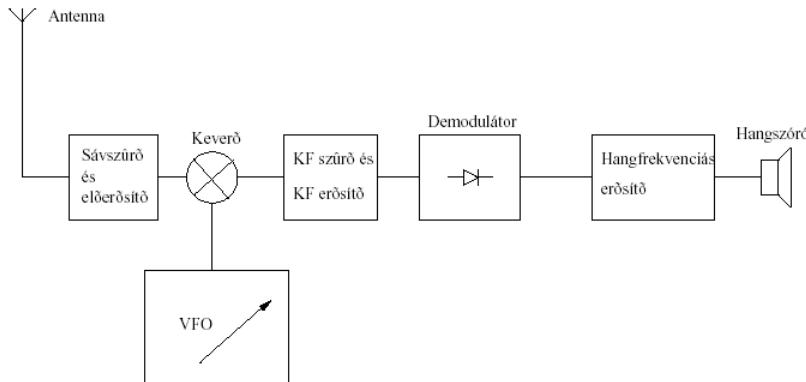
7.4. Tömbvázlatok

Ebben a fejezetben részletesen tárgyaljuk a rádióvevőt felépítő részegységek működéseit, tulajdonságaikat. A fokozatoknál igyekszünk az egyszerűségre, és a könnyebb érthetőségre törekedni, azonban tudni kell, hogy az amatőr tulajdonaikban lévő készülékek jóval bonyolultabbak is lehetnek. A leírások, rajzok elvi jellegűek, a gyakorlat eltérhet ezektől.

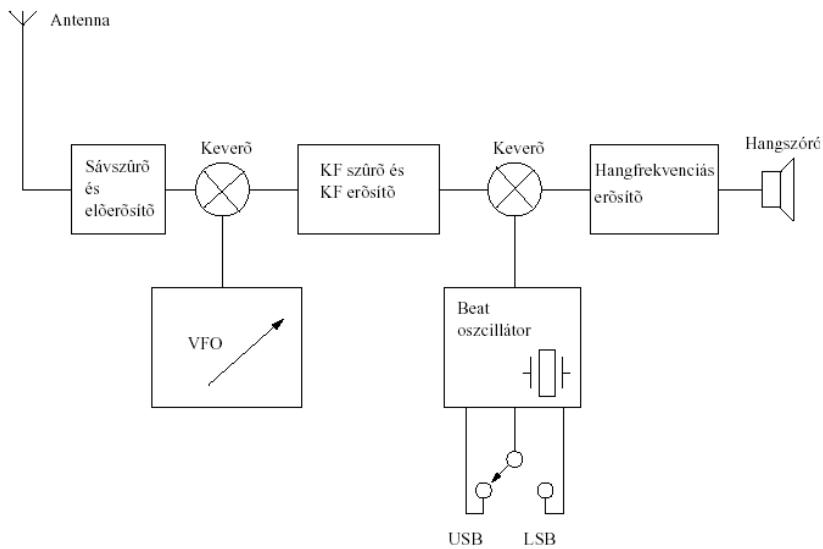
7.4.1. CW vevő felépítése



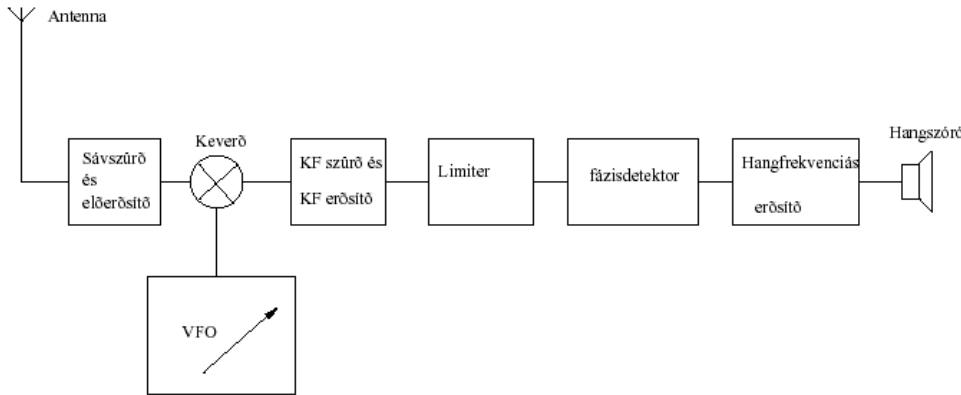
7.4.2. AM vevő felépítése



7.4.3. SSB vevő felépítése



7.4.4. FM vevő felépítése



7.5. Az egymást követő fokozatok működése és funkciója

7.5.1. Nagyfrekvenciás egység

A nagyfrekvenciás egység fogadja a nagyfrekvenciás jelet az antennáról, így az első egység az antennaillesztő áramkör. Bármilyen felépítésű is legyen a rádió-vevőkészülék, az antennajelet minden egy rezonáns körökből felépített hálózaton keresztül kell a nagyfrekvenciás előfokozatra bejuttatni.

Az antennacsatoló áramkör feladata:

- az antenna kellő elválasztása a modulátorról,
- a megfelelő sávszelekció biztosítása,
- a tükröszelektivitás növelése,
- a KF elnyomás (szuper rendszerű vevő esetében).

Az antennacsatoló áramkört követi a nagyfrekvenciás előerősítő. Vevőkészülékek nagyfrekvenciás előerősítői szelektívek. Megfelelő szűrők alkalmazásával érik el a kellő sávszélességet (sávszelektivitás mértékét).

A NF előerősítők modernebb változatai AGC szabályozott erősítők, tehát szabályozható az erősítésük mértéke.

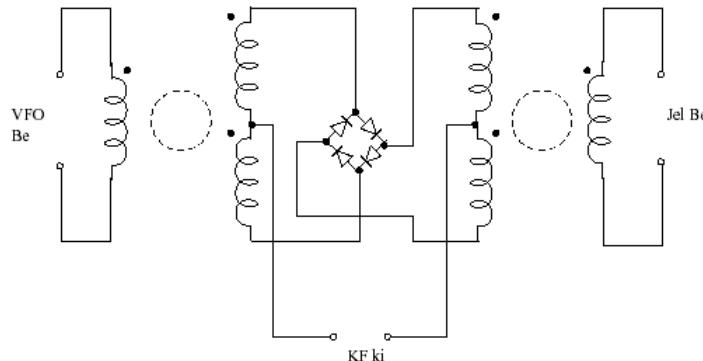
Az erősítők stabilitása és a gerjedés megakadályozása érdekében a nagyfrekvenciás erősítőkben negatív visszacsatolást alkalmaznak.

7.5.2. Oszcillátor és keverőfokozat

A vevőkészülékek oszcillátora állítja elő az ún. helyi oszcillátorjelet. Ez az oszcillátor lehet egy egyszerű VFO (LC körrel), de lehet bonyolultabb PLL rendszerű kialakítás is. A helyi oszcillátor jelét és az NF előerősítőről érkező jelet a keverőfokozatba vezetik. A keverőfokozat kimenetén megjelenik a két jel összege és különbsége, valamint ezek kombinációs frekvenciái. Tehát a keverőfokozat segítségével állítjuk elő a középfrekvenciát (KF-et). A többi kombinációs jelet csillapítjuk (80...90 dB), így azok nem vesznek részt a vételben.

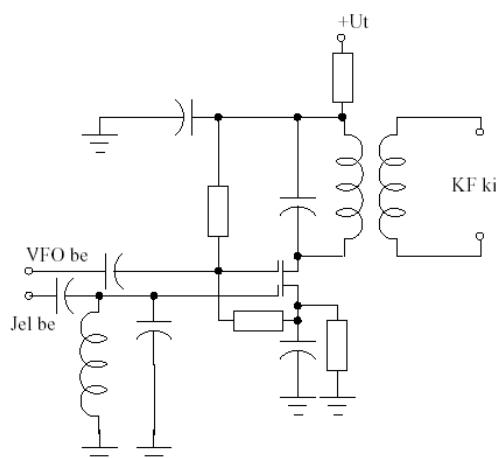
A keverés lényege a következő: a modulátorjel vivőfrekvenciáját áttranszponáljuk a KF-re, így a KF lesz az új vivőfrekvencia, amely az eredeti jel teljes modulációját tartalmazza, vagyis a nagyfrekvenciás jel modulációját átvittük az új vivőfrekvenciára (KF-re).

Egyszerű keverőt építhetünk ringmodulátor segítségével, amelyre egy példát az alábbi ábrán láthatunk:



7.5-1. ábra. Keverő kialakítása ringmodulátorral

De gyakoribb megoldás az aktív elemet tartalmazó keverőfokozat használata. Ez aktív elem egy dual-GATE-MOSFET, amely segítségével könnyen megvalósítható a keverés elve.



7.5-2. ábra. Keverő kialakítása dual-gate MOSFET-tel.

7.5.3. Középfrekvenciás erősítő

A középfrekvenciás erősítő a keverő- és a demodulátorfokozat között helyezkedik el. A KF erősítőfokozat rendeltetése, hogy megfelelő szintű KF jelet biztosítson a demodulátor számára. Továbbá a megfelelő sávszélesség biztosítása, ami szorosan összefügg a szelektivitás fogalmával. A modern integrált áramkörös KF erősítőkben a szükséges szelektivitásgörbét keramikus szűrőkkel valósítják meg.

A minőségi követelményeknek megfelelően a KF erősítők lehetnek:

- LC hangolt körös,
- sávszűrő,
- koncentrált szűrővel a KF erősítő előtt,
- keramikus szűrővel, IC-vel

felépített típusok.

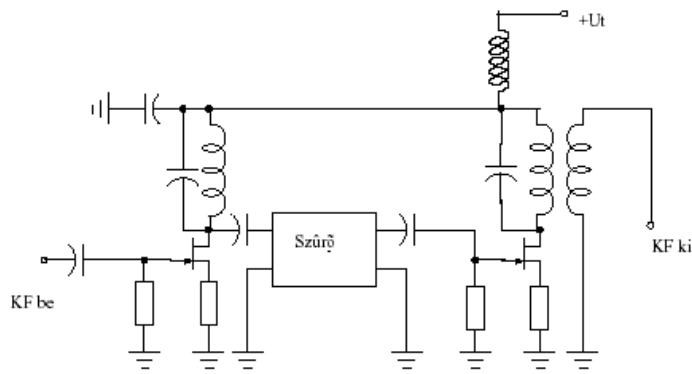
A középfrekvenciás erősítők általában többfokozatúak.

A szupervezők jó szelektivitásukat, és nagy érzékenységüköt a KF-erősítőknek köszönhetik, tehát ez az erősítő gondoskodik a csatornaszelektivitásról. KF erősítőkben manapság már nem alkalmaznak LC szűrőket, inkább kristályszűrőket, és mechanikus szűrőket, bár az utóbbi is kezd kifutni a gyakorlati alkalmazásból. Amatőr berkekben nagyon elterjedt megoldás a rezgőkvarcokból felépített kristályszűrő. Ez a megoldás a

legolcsóbb, minősége közepes, fizikai helyigénye relatív nagy.

Gyakori az erősítőfokozatként alkalmazott integrált áramkör. Manapság külön erre a célra un. cél-IC-keket fejlesztenek, amiknek a minősége is megfelelő. Az erősítőfokozat erősítése általában automatikusan szabályozott. Ezt a rendszert AGC-nek (Automatic Gain Control) hívják. Azért szükséges, hogy az ingadozó bemeneti jelet időben kvázi egyenletessé változtassa. Az AGC-t általában át lehet kapcsolni manuális szabályozásra (MGC).

A KF erősítőt általában úgy alakítják ki, hogy 2 (vagy több) erősítő fokozat közé egy kristálysűrűt iktatnak. A 7.5.3. ábrán egy nagyon egyszerű KF szűrő rajzát láthatjuk.



7.5.3. ábra. Egyszerű KF erősítő

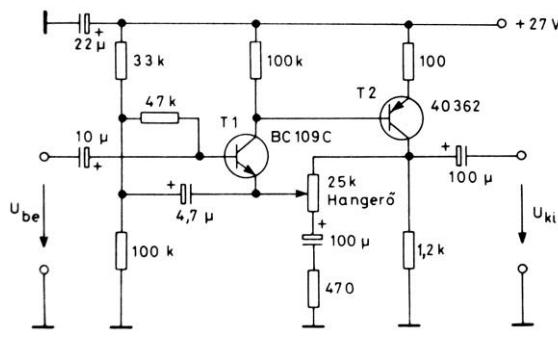
Komolyabb berendezésekben a KF frekvenciája, sávszélessége is változtatható. Ez lényegesen megbonyolítja a készüléket, és tetemes árnövekedést is jelent, de nagyon hasznos SSB és CW üzemmódoknál.

7.5.4. Demodulátorok

A demodulátorok végzik a KF jelre ültetett jel demodulálását, vagyis az eredeti moduláló jel visszaalakítását, így a kimenetükön hangfrekvenciás jelet szolgáltatnak. A demodulátorok felépítése üzemmódfüggő (AM, FM, SSB és CW), kapcsolási rajzukra példát az előző fejezetben szemléltettünk.

7.5.5. Hangfrekvenciás erősítők

Kisfrekvenciás erősítőket a rádiótechnikában a hangfrekvenciás jelek erősítésére használunk. Vételi oldalon ezek a demodulátor után helyezkednek el, általában kétfokozatú (elő és vég) erősítőként, mely a hangszórónak szolgáltatják a megfelelő teljesítményt (max. 1-2 watt). Ezek az erősítők általában tranzisztorból állnak, de elterjedt a FET-ek és a műveleti erősítők alkalmazása is.



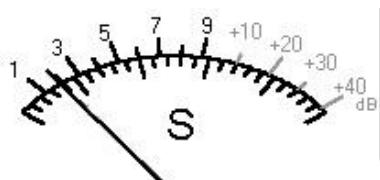
7.5.4. ábra. HF előerősítő hangerő szabályzóval

7.5.6. Zajzár (Squelch) áramkör

Rádiófrekvenciás zajzár arra szolgál, hogyha a rádiófrekvenciás jel erőssége a vevőben egy bizonyos szint alá csökken, akkor a vevő kapcsoljon ki, és ne erősítse a légkörből származó egyéb zajokat „ne kezdjen el sisteregni”.

Amennyiben állítható küszöbszintű zajzárral rendelkezik a vevő, akkor a kezelő annak szintjét tudja változtatni: ha hasznos jel vétele közben bekapcsol (elnémítja a vevőt), csökkentsük a küszöbszintjét, ha viszont a zajzár nem kapcsol be esetleges sistergés esetén, akkor növeljük a küszöbszintjét.

7.5.7. Vételi-jelerősség mérő (S mérő)



7.5-5. ábra. S mérő skálája

A rádióamatőr vevőkészülékeknél a vett jel erősségeinek kijelzésére szolgál az S mérő. A gyári és az amatőrök által készített készülékek többségén megtalálható ez a műszer, amelyről leolvasható az S értéke.

Az S mérők hitelesítésére nincs kötelező előírás így lehet, hogy két készüléken azonos antennával, azonos helyen egy adott állomás esetében más-más értéket olvashatunk le.

Az S érték 0-9-ig terjedhet. Az S érték alapja a vételi jelfeszültség-érték, amelyet itt decibelben veszünk figyelembe. 1 S érték 6 dB-es értékváltozást jelent, és általánosságban elmondható, hogy a 9-es S érték ($S\ 9 \approx 50\ \mu V$) jelfeszültségnek felel meg.

Vannak olyan műszerek, ahol a 9-es S érték felett is van skála, azok a dB-es kiegészítésű műszerek. Itt maximálisan +40 dB-t tüntetnek fel, amely jelerősségnél nagyobb a gyakorlatban ritkán fordul elő (normál körülmények között soha), mivel az $S9 + 40\ dB$ egyenlő 5000 μV vételi jelszinttel.

7.6. Vevők jellemzői

7.6.1. Szelektivitás

Alapvetően 2 félre szelektivitásról beszélünk:

1. Csatornaszelektivitásról;
2. Sávszelektivitásról.

7.6.1.1. A csatornaszelektivitás

Csatornaszelektivitás vagy más néven középszelektivitás az a tulajdonsága a rádiónak, hogy meg tudja különöztetni, azaz ki tudja emelni a forgalmi csatornát az összes többi közül. Ezt a feladatot a KF szűrő végzi.

7.6.1.2. Sávszelektivitás

A sávszelektivitásért, valamint a tükröszelektivitásért a bemeneti sávszűrő felel.

8. fejezet

Adók

Kovács Levente HA5OGL

8.1. Adók típusai

Alapvetően 2 félle adótípust különböztetünk meg:

1. Az adási frekvenciát keveréssel előállított adók.

Ezeket az adókat általában adó-vevőkben alkalmazzák, ahol egy vezéroszcillátor van (VFO), amely vezérli mind az adót, mind a vevőt. Ez biztosítja, hogy az adási, és a vételi frekvencia mindenkor ugyanaz legyen.² A manapság használatos rádiók nagy része ilyen rendszerű.

2. Frekvenciasokszorozással előállított kimeneti frekvenciájú adók.

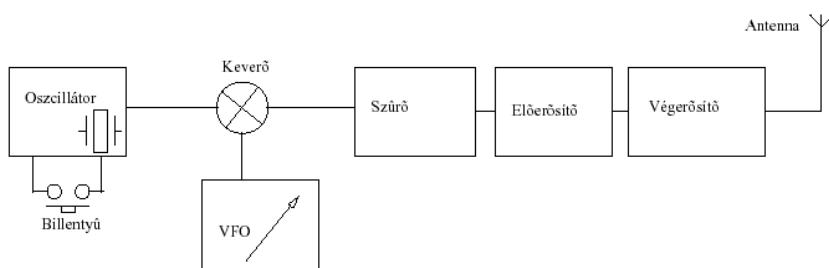
Ezt a konstrukciót csak FM üzemmódnál alkalmazzák, de manapság már nem gyártanak ilyen rendszerű adókat, azonban még sok ilyen üzemel belőlük.

8.2. Tömbvázlatok

A következőkben ismertetjük a különböző adásmódú adókészülékek tömbváltozatait.

8.2.1. CW adó

Távíró jelek előállítására többfajta módszert alkalmaznak. Nagyon elterjedt módszer az, hogy egy KF frekvencián rezgő oszcillátor tápfeszültségét billentyűzik. Létezik olyan megoldás is, ahol az oszcillátor folyamatosan működik, és kimeneti jelet billentyűzik. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy sohasem lehet teljesen csillapítani ezt a jelet, ezért nagy kimenő teljesítménynél is pár watt folyamatosan kisugárzódik. Természetesen az arányok megmaradnak, tehát jóval nagyobb teljesítmény kerül az antennára, amikor a távirász megnyomja a billentyűt.



8.2-1. ábra. CW adó blokkvázlata

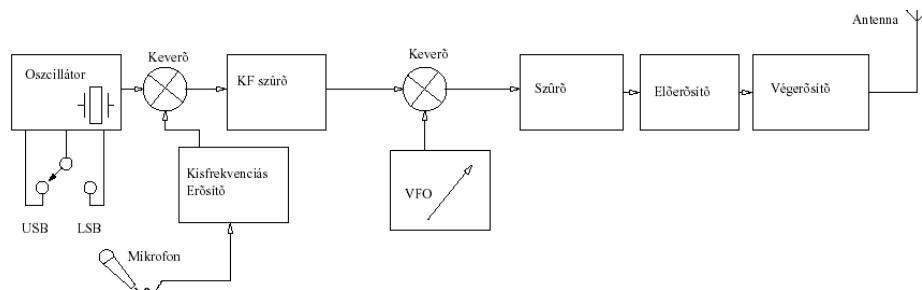
Mint (8.2.1. ábra) látható egy távíró adó nagyon egyszerű. Könnyen lehet adó-vevőt készíteni kommersz, olcsó alkatrészekből Integrált áramkörök alkalmazásával pedig egészen kicsire lehet szerelni a rádiót.

² Természetesen néhány kHz-el el kell tudni hangolni az SSB, és a CW üzemű rádiókat

8.2.2. SSB adó

SSB adó készítése jóval bonyolultabb feladat, mert biztosítani kell a kisugárzott jel megfelelő spektrumát. Nem lehet szélesebb az előírtnál, mert ezzel zavarokat okozunk, ha pedig keskenyebb a modulált jel szélessége, akkor pedig nem lesz megfelelően jó minőségű az adásunk. Ezeket a feltételeket meredek átvitelű, és megfelelő sávszélességgű, un. SSB szűrőkkel valósítjuk meg. Természetesen van más megoldás is. Csak a teljesség kedvéért emlíjtük meg a fázistolós SSB moduláltort. Ez az eljárás régen volt használatos, amikor még nem voltak elérhetők amatőrök számára jó minőségű kristályszűrök. Magyarországon az első SSB üzemű rádióban is ilyen eljárást alkalmazott a konstruktör!

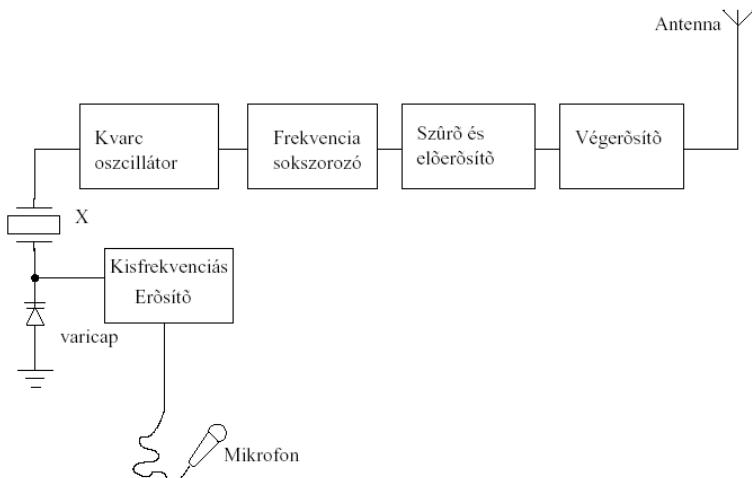
Adó-vevő készülék esetében ugyanazt a szűrőt használjuk a vételi szelektivitás elérésére, és az adó oldalon a megfelelő moduláció és sávszélesség előállítására.



8.2-2. ábra. SSB rendszerű adókészülék tömbvázlata

8.2.3. FM adó

A frekvenciamodulált adástechnika eléggé bonyolult matematikával irható le. A fázis- és frekvenciamoduláció bizonyos szinten ekvivalens (egymás integráljai), tehát egy FM jelet lehet demodulálni egy PM detektorral, és fordítva. Sokszor használatos fázismodulációt (pl. PLL áramkörökben), gond nélkül tudnak demodulálni az FM vevők.



8.2-3. ábra. Frekvenciatöbbszörözéses FM adó

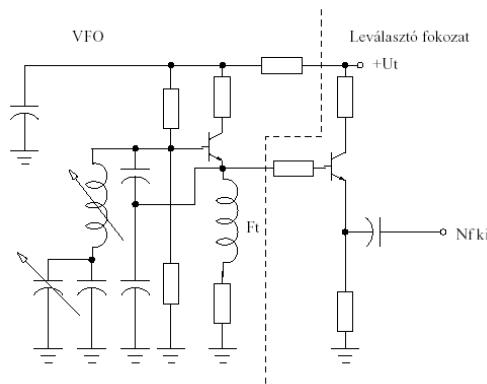
A 8.2.3. ábrán látható FM üzemmódú adó működése a következő: A kvarcoszcillátor úgy van megépítve, hogy a kvarc alatt egy varicap dióda van, ami elhangolja egy kicsit a kvarcot. Ez az elhangolás a záróirányú előfeszítéstől függ, tehát a hangfrekvenciás erősítőből jövő jelről. Így létrejön a frekvenciamoduláció. A kvarcnak a jelét a frekvenciaszorozó áramkör szorozza fel az üzemi frekvenciára. A moduláltort úgy kell méretezni, hogy a szorozó áramkör a moduláció mértékét is szorozza.

8.3. Az egymást követő fokozatok működése és funkciója

Ebben a fejezetben csak azoknak a fokozatok ismertetése kerül sorra, amelyeket csak az adó tartalmaz. A többi fokozat a vevőknél már tárgyalunk (lásd: 7.5)

8.3.1. Elválasztó fokozat

Elválasztó fokozatot akkor kell beépíteni két fokozat közé, ha az előző fokozat nem képes meghajtani a következőt. Vannak olyan oszcillátorok, melyeknél a jel kicsatolása rezgőkörből történik, ezért az nagyon érzékeny a terhelésre. Ebben az esetben a következő fokozat el is húzhatja a rezgési frekvenciát. Elválasztó fokozat általában egy tranzisztorból áll, emitter követőként kialakítva.



8.3-1. ábra. VFO leválasztó fokozattal

A leválasztó fokozat (8.3.1. ábra) munkapontját a VFO emitter feszültsége szolgáltatja. A kollektor köré ellenállása kis értékű (100Ω körüli).

8.3.2. Meghajtó fokozat

Ez a fokozat a végfokozatnak biztosítja a megfelelő bemenő rádiófrekvenciás teljesítményt. Ez általában hasonló kapcsolás, mint a végfokozat, de kisebb félvezetőkkel. Ennek az egységnek minden össze $10-20\text{ mW}$ -ból kell kb. $0.5-2\text{ W}$ -os teljesítményt kell produkálnia.

8.3.3. Frekvenciasokszorozó

A vezéroszcillátor modulátor jelét a megfelelő frekvenciára kell sokszoroznunk. Ezt úgy érjük el, hogy az oszcillátor jelét nemlineáris elemre vezetjük, így felharmonikusokban gazdag jelet kapunk, majd ebből kiszűrjük a megfelelő frekvenciájú terméket. A sokszorozó egy többfokozatú áramkör. Egy fokozat maximum 4-5x-esen tud sokszorozni. Fontos, hogy a már modulált jel frekvencialökete is szorzódik, tehát a modulátor ennek megfelelően kell beállítani.

8.3.4. Teljesítményerősítő

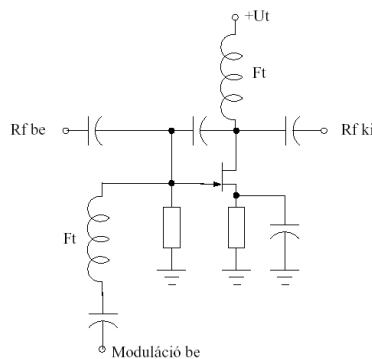
A teljesítményerősítő szolgáltatja a kívánt rádiófrekvenciás kimenő teljesítményt. Általában egy fokozatú, bár nagyobb teljesítményeknél külön meghajtóból fokozat szükséges. Néhány száz Watt teljesítményig RH-n, illetve száz wattig URH-n FET vagy tranzisztor alkalmazunk aktív elemként, nagyobb teljesítménynél kizárolag elektroncsövet. Létezik azonban olyan eljárás is, mellyel több kisebb teljesítményű fokozatot tudunk párhuzamosítani, így azok teljesítménye összeadódik. Ezek az erősítők SSB modulációnál AB-osztályúak, CW és FM üzemmódnál C-osztályúak is lehetnek. 2 Watt felett már biztosítani kell az aktív elem hőelvezetését hűtőborda, csöves kivitelnél ventillátorok segítségével.

8.3.5. Kimeneti szűrő

Mivel a végfokozat B vagy C osztályban működik, kimenő jele kisebb nagyobb mértékben tartalmaz nem kívánatos felharmónikusokat. Ezeket ki kell szűrni, mert adásunkkal zavarokat okozhatunk! Ezeket a szűrőket általában Collins körökből alakítják ki. Nagyon fontos, hogy a tekercsek kellően vastag vezetékből készüljenek, és a kondenzátorok elég nagy átütési szilárdsággal rendelkezzenek, mert ellenkező esetben nem lesznek képesek a megfelelő teljesítményt átvinni.

8.3.6. Frekvenciamodulátor

Kvarcoszcillátoros frekvenciamodulációról már volt szó a 8.2.3. fejezetben. Vannak más lehetőségek is: ilyen a fázismoduláció. Mint ismeretes a fázismodulációt FM rendszerű vevő is tudja venni. Fázismodulácionál a vivő fázisát változtatjuk meg a moduláló jel függvényében.

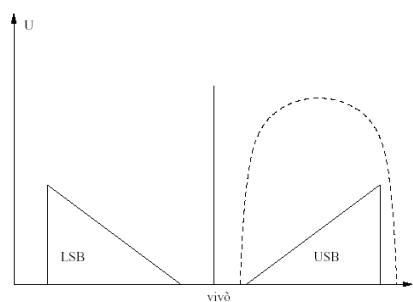


8.3-2. ábra. Fázismodulátor kapcsolási rajza

A modulátor (8.3.2. ábra) felépítését tekintve egy RC tag, melynek az ellenállás része maga a FET. Az ellenállást a változtatjuk a hangfrekvencia ütemében, így a fázistolás is változik. A modulátor és a hangfrekvenciás erősítő közé egy vágó áramkör is szükséges, amely korlátozza a moduláló jelet.

8.3.7. SSB modulátor

Ez az áramkör lényegében 3 részből áll: Egy kvarcoszcillátorból, modulátorból, és egy szűrőből. A működése egyszerű. A kvarcoszcillátor jelét hagyományos DSB/SC modulációval moduláljuk, majd az SSB szűrővel kiszűrjük a kívánt oldalsávot. A kvarcoszcillátor nem a vivő frekvencián rezeg, hanem 1.5 kHz-el feljebb vagy alatta, alsó vagy felső oldalsáv használatának függvényében. A modulátor blokkvázlatát a 8.3.3. ábra mutatja.



8.3-3. ábra. SSB modulátor működése

A 8.3.3. ábrán szaggatott vonallal jeleztük az SSB szűrő átvitelét. Jól látható, hogy a vivőt, és a nem kívánatos oldalsávot nem ereszti át a szűrő. USB és LSB váltásnál nem a szűrőt hangoljuk át, hanem a vivő frekvenciát változtatjuk meg úgy, hogy a másik oldalsáv essen a szűrő átviteli tartományába. SSB szűrőként a KF szűrőt szokták alkalmazni adó-vevőkben.

8.4. Adók jellemzői

8.4.1. Frekvenciastabilitás

A frekvenciastabilitás fontos jellemzője egy rádiónak. Általában ez megegyezik a VFO stabilitásával. Az oszcillátorok tárgyalásánál tárgyalunk ezek stabilitását.

8.4.2. Rádiófrekvenciás sávszélesség

Ezt a jellemzőt a modulátorok, és az SSB szűrők, valamint FM-nél a hangfrekvenciás frekvenciahatároló fokozatok befolyásolják. Fontos, hogy optimálisan legyen beállítva a készülékünk, mert különben adásunkat ellenállomásunk nehezen tudja venni.

8.4.3. Oldalsávok

Jellemző a rádiókra a kisugárzott oldalsávok száma, SSB üzemnél pedig az elnyomott oldalsáv és az üzemi oldalsáv teljesítményeinek aránya. Ezeket általában dB-ben adjuk meg a már megismert elvek szerint.

8.4.4. Kimenő teljesítmény

Ez az érték a végerősítőről függ, és Wattban adjuk meg.

8.4.5. Nemkívánatos nagyfrekvenciás kisugárzások

A 8.3.5. fejezetben ismertettük a nemkívánatos nagyfrekvenciás jeleknek az elnyomási módszerét. A kimeneti szűrő csillapítja ezeket a jeleket, de egészen nem tudja elnyomni őket. A kisugárzott üzemi frekvencia, és a felharmónikusok aránya adja meg ezt a paramétert.

Nemcsak a végfokozat nonlinearitásából keletkezhetnek nemkívánatos jelek. Az adókban lévő keverők intermodulációs termékeikből, áthalásokból is képződhetnek ilyen fajta jelek. Árnyékolással, valamint helyes beállításokkal megfelelően kiküszöbölni tudjuk ezeknek a meglétét.

8.5. Adókészülékek kezelőszervei

Minden adókészülék vezérelhető, a vezérlés típusa és a vezérelhetőség mértéke függ az adott adókészülék rendeltetésétől, bonyolultságától és adási paramétereitől (pl.: üzemmód).

Rádióamatőr adóvezérlő készülékeken az alábbi általános adó-vezérlőszervek találhatók:

- PTT (Push To Talk): fónia üzemmódoknál (SSB, FM) az adóvezérlő adóüzemmódba kapcsolása, megnyomásával a készülék adója üzemel (kisugározza az adó az adásunkat).
- KEY (Billentyű): Morzebillentyű, CW azaz távíró üzemmódban az adó vezérlésére és a jelek „billentyűzésére” szolgál.
- PWR control: adóteljesítmény vezérlés, az adó kimeneti teljesítményét tudjuk állítani (típushoz függően: lépésekkel (pl.: 0.5 W; 5 W) vagy fokozatmentesen.)
- MIC GAIN, RF GAIN: a különböző fokozatok erősítését állíthatjuk (a MIC GAIN tipikusan SSB üzemmódban használatos).
- VOX: moduláció vezérelt adáskapcsolás, ennek segítségével PTT használata nélkül a modulációval adásra kapcsolhatunk. Amennyiben ez nem csak egy kapcsoló, hanem állítható értékű, akkor a modulációs adáskapcsolás érzékenységét is tudjuk változtatni.
- TUNE: az adó hangolására szolgál, segítségével tudjuk behangolni az adó köreit a megfelelő frekvenciára (a maximális teljesítmény kisugárzása érdekében).

9. fejezet

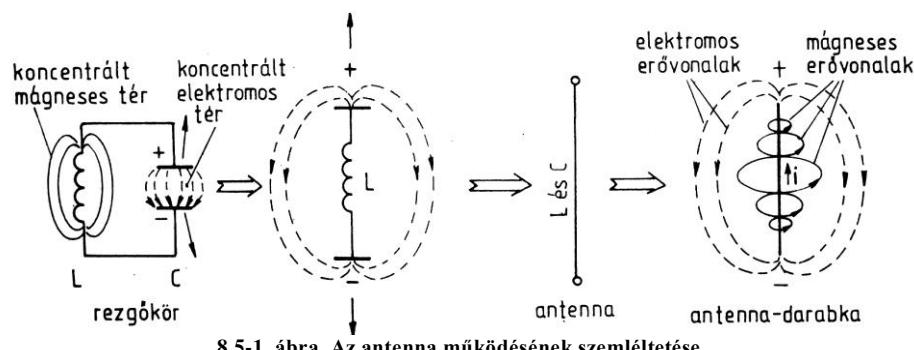
Antennák és tápvonalak

Jónap Gergő HG5OJG

Az antenna a rádióamatőr állomás legfontosabb kelléke. Az antennát ugyanis adásra és vételre is használjuk, tehát ha az rossz minőségű, hatásfokú, akkor mellette a legprofessionálisabb adóvevő készülék sem ér semmit. Az antennáról szóló minden rádióamatőr könyv, cikk már a bevezetőben idézi a régi amatőr igazságot:

„A jó antenna a legjobb erősítő!”

Az antenna feladata tehát kettős, mert adásra és vételre is használjuk. Működési elvét a nyitott rezgőkörös magyarázat adja meg a legszemlélethez (8.5.1. ábra).



8.5.1. ábra. Az antenna működésének szemléltetése

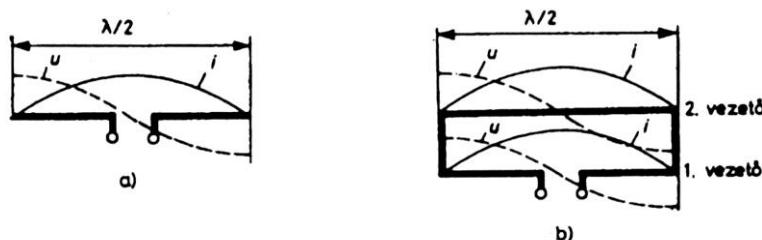
A rezgőköröknel bemutatásra került, hogy bennük periodikus elektromos-mágneses energiacsere zajlik. Miután az antenna nyitott rezgőkörként fogható fel, így abban igen nagy az elektromos és mágneses terek szórása.

Az antenna a bevezetett rádiófrekvenciás teljesítményt elektromágneses erőtér formájában kisugározza. Ez a sugárzás akkor jó hatásfokú, ha az antenna saját rezonanciafrekvenciája megegyezik a tápláló jel frekvenciájával.

A vevőantennák illetve az antennák vételi tulajdonságait tekintve az elektromágneses erőtérből energiát vesznek fel és alakítják elektromos jelekké, amely jeleket a tápvonal továbbít a vevő felé.

9.1. Félhullámú dipólus

Az antennatechnika legegyszerűbb, ugyanakkor legelterjedtebb rezonanciaképes szerkezete az ún. félhullámú dipólus. Úgyszován valamennyi antennatípus közös eleme, továbbá a decibelben megadható antennanyereség (lásd később) vonatkozásai alapja.



9.1-1. ábra. Feszültség- és árameloszlás a dipólus antennán

Dipólus antennának nevezik az olyan antennát, amely tükörszimmetrikus a tápvonal csatlakozási pontján átmenő síkra. A két darab $\lambda/4$ hosszúságú egyenes vezetőből kialakított dipólus az egyenes dipólus. HA ennek a két végét egy vele párhuzamos, azonos hosszúságú vezetővel összekapcsoljuk, akkor hurokdipólusról beszélünk.

A dipólusantenna sugárzási jellemzői szoros összefüggésben vannak geometriai méretével és a földfelszín feletti magasságával. Mint minden elektromos vezetőnek a dipólusnak is kapacitása és induktivitása van, amelyek a huzal vagy cső hosszában egyenletesen oszlanak el.

A szabad térben elhelyezett, végtelenül vékony egyenes és hajlított dipólusantenna áram- és feszültségeseloszlását láthatjuk a 9.1.1. ábrán.

9.1.1. A dipólusantenna impedanciája

Az antennáknak is mint a rezgőköröknek kiszámítható az impedanciájuk, ami antennák esetében a talpponti impedanciát jelenti. Ez kiszámítható az áramerősség és a feszültség ismeretében is.

A szinuszos árameloszlású, ideális dipólus talpponti impedanciája $73,2 \Omega$, míg a hurokdipólusé épp a négyeszerese, tehát 293Ω .

Véges vastagságú antennáknál elmondható, hogy a dipólus talpponti ellenállása befolyásolható a hullámhossz (λ) és a dipólusátmérő (d) viszonyának megváltoztatásával.

A λ/d viszonyt karcsúsági tényezőnek nevezik.

9.1.2. Rövidülési tényező

Az antennák elektromos hossza és geometriai hossza csak akkor egyezne meg, ha a szabad térben lévő sugárzó átmérője végtelen kicsi lenne. A valódi sugárzó csak akkor kerül rezonanciába, ha geometriai hosszát csökkentjük a kiszámított elektromos hosszhoz viszonyítva.

Az adott hullámhossznál a rezonancia eléréséhez szükséges rövidülési tényező értékét a karcsúsági tényező befolyásolja.

9.1.3. Az antenna sávszélessége

Általánosságban elmondható, hogy a sugárzó vastagságának növelésekor a talpponti ellenállás és a rövidülési tényező csökken, viszont növekszik a sugárzó sávszélessége, rezonanciafrekvenciája pedig lecsökken.

9.1.4. Sugárzási ellenállás és hatásfok

A sugárzási ellenállás az antenna sugárzási tulajdonságai szempontjából fontos jellemző. Azzal az ellenállással egyenlő, amelyet ha a sugárzó antenna helyére kötnénk, akkor ugyanannyi teljesítményt fogyasztana el.

Értéke:

$$R_s = \frac{P_s}{I_{\max}^2}$$

ahol a P_s az antenna által kisugárzott teljesítmény, I_{\max} pedig az antennaáram effektív értékének maximuma.

A valóságos dipólust valamelyen vezető anyagból készítik, ennek megfelelően valós („ohmos”) veszeségi ellenállása is van (R_v), így a rezonciában lévő antenna talpponti ellenállása: $R_{be} = R_s + R_v$.

Az antenna hatásfoka kiszámítható az alábbi képlettel:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_v}{R_s}}$$

9.1.5. Az antennák sugárzási tulajdonságai

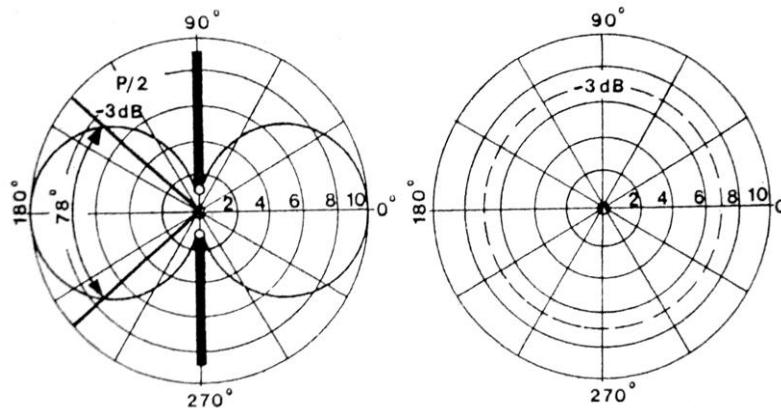
Az antennák sugárzási tulajdonságainak elemzésénél be kell vezetnünk egy fiktív, úgynevezett izotróp sugárzó (izotróp antenna) fogalmát:

Az izotróp sugárzó a tér minden irányában azonos intenzitással sugárzó, pontszerű energiaforrásként kezelhető antenna. Az izotróp antenna tehát azonos teljesítménysűrűséggel sugároz a tér minden irányába (mint egy gömbfelületet belülről egyenletesen megvilágító fényforrás).

Az ideális gömbsugárzó a gyakorlatban nem létezik, tehát minden antenna csupán a tér egy bizonyos hányadát képes besugározni. Ezért az antennáknak irányhatása van. Az irányhatást az E és a H síkbeli sugárzási jelleggörbékkel tudjuk jellemezni.

Az iránykarakterisztika megadja a sugárzási irány függvényében a térerősségek relatív értékeit a fő sugárzási irányra vonatkoztatva.

Az alábbi ábrán a szabad térben elhelyezett félhullámú dipólus E és H síkbeli sugárzási jelleggörbét polárkoordináta-rendszerben láthatjuk.



9.1-2. ábra. A félhullámú dipólus iránykarakterisztikája a polarizációs síkban (E-síkban és H-síkban)

Elméleti számítások és mérések egyaránt bizonyítják, hogy a félteljesítményű pontok (-3dB-es pontok) távolsága az E síkban $\approx 78^\circ$. A H síkban a félhullámú dipólus körsugárzó. Ezért szokták függőleges elhelyezés esetén (függőleges polarizáció) körsugárzóként alkalmazni.

9.1.6. Az antennák nyeresége

Az iránykarakterisztika ismertetése után beláthatjuk, hogy változatlan adóteljesítmény mellett, az antenna által az adott irányban kisugárzott teljesítmény csak akkor növelhető, ha a többi irányba kisugárzott teljesítményt csökkentjük.

Az antennanyereség az antenna irányítottságának mértékét határozza meg. Ezért a következő összefüggéssel definiálhatjuk:

$$G = \frac{S_1}{S_{REF}}$$

Ahol S_1 a vizsgált antenna teljesítménysűrűsége, S_{REF} pedig a referencia antenna teljesítménysűrűsége. Az antennanyereséget decibelben szokták megadni:

$$G_{(dB)} = 10 \lg \frac{S_1}{S_{REF}}$$

Amennyiben az elméleti izotróp sugárzóra vonatkoztatjuk a nyereséget (jelölése: G [dBi]), akkor $S_{REF} = S_0$. A gyakorlatban többnyire a félhullámú dipólusra vonatkoztatott nyereséget használjuk, mert a félhullámú dipólussal történő összehasonlító mérés könnyen megvalósítható. A szokásos jelölése: G [dBd]. A félhullámú

dipólus nyeresége az izotróp sugárzóhoz képest 2,14 dB.

9.1.7. Az antennák hatásos felülete

Az antenna hatásos felülete az illesztetten lezárt, elegendően nagy távolságra elhelyezett vevőantenna által szolgáltatott maximális teljesítmény és a teljesítménysűrűség hányadosa az adott helyen:

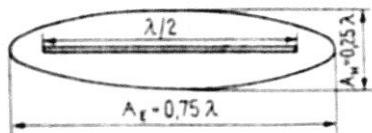
$$A_H = \frac{P_v}{S_1}$$

Mivel az antenna által a térből felvett teljesítmény az antenna geometriai méreteivel áll szoros összefüggésben, ezért a kifejezés elnevezése erre a kapcsolatra utal.

Az így meghatározott hatásos felület azonban nem azonos az antenna geometriai felületével! A hatásos felület és az antenna nyeresége között az alábbi összefüggés teremt kapcsolatot:

$$A_H = \frac{G\lambda^2}{4\pi}$$

Az alábbi ábrán a félhullámú dipólus hatásos felületét láthatjuk:

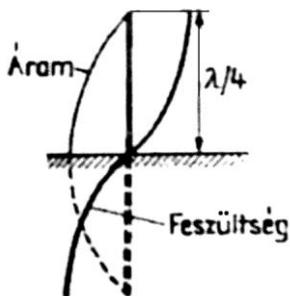


9.1-3. ábra. A dipólus antenna hatásos felülete

9.2. Függőlegesen polarizált antennák

9.2.1. Marconi-antenna

Az eddig tárgyalt antenna a dipólus félhullámú vízszintes sugárzó, azonban ha egy jól vezető talaj felett függőleges irányban állítunk fel egy antennát, akkor elhagyhatjuk az egyik $\lambda/4$ -es tagot. Ilyenkor elvileg továbbra is félhullámú sugárzóról van szó, mert többé-kevésbé a jó vezetőnek tekinthető talaj tükörképszerűen félhullámú sugárzóvá egészít ki a negyedhullámú rudat.



9.2-1. ábra. Marconi-antenna az áram- és feszültségesztéssel

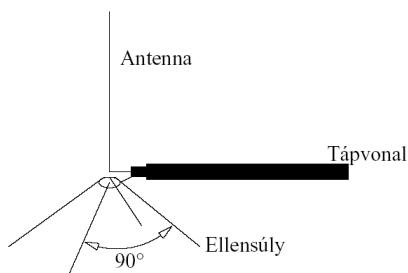
A föld fölött felállított negyedhullámú rudat aszimmetrikus antennának is nevezzük, mert a vízszintes helyzetű félhullámú dipólussal ellentétben nem földszimmetrikus.

9.2.2. Függőleges körsugárzók ellensúlyval

A klasszikus Marconi-antennát ma már az amatőrök nem használják, mert kizártlag rövidhullámon vagy az RH-nál hosszabb hullámon alkalmazhatóak, és a földfelszínre való telepítés sok esetben nem a legjobb megoldás. A függőleges negyedhullámú antennák telepíthetők magasabbra, is mint a földfelszín, azonban akkor ellensúlyok hálózatával kell helyettesíteni a földfelszínt.

9.2.2.1. Groundplane antenna

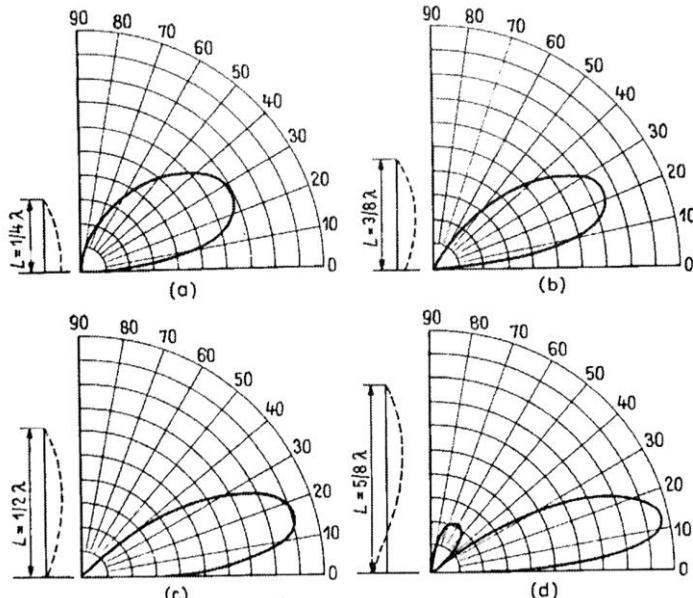
A GP antenna felépítését tekintve egy negyedhullámú sugárzó elemből és négy negyedhullám hosszúságú ellensúlyból áll. Az ellensúlyok (radiálok) a sugárzóhoz képest 135° -os szöget zárnak be, egymáshoz képest pedig 90° -ot. Ebben az esetben a talpponti impedanciája pontosan 50Ω , így aszimmetrikus koaxkábellel közvetlenül táplálható. Az irányhatását tekintve pedig az E síkban (vízszintes irányban) körsugárzó.



9.2-2. ábra. Groundplane antenna

9.2.3. Függőleges antennák sugárzási tulajdonságai

A függőleges sugárzók függőleges iránydiagramján nagyon kicsi a függőleges síkban mért emelkedési szög. Vízszintes irányban a függőleges antennák körsugárzók. Az alábbiakban feltüntetünk néhány jellemző antennahosszúságot és azok sugárzási iránydiagramját (függőleges síkban értelmezve).



9.2-3. ábra. Különböző hosszúságú függőleges sugárzók iránydiagramja

9.3. Rövidhullámú antennák

A RH antennák gazdag fajtaválasztékából nagyon nehéz kiválasztani-megtalálni a számunkra ideális. A teljesség igénye nélkül megpróbálom az alábbiakban összefoglalni az RH antennák típusait, gyakorlatban megvalósított változatait és azok főbb paramétereit.

Az RH antennáknál is az elsődleges szempont, ami szerint csoportosíthatók:

- körsugárzók,
- iránysugárzók.

A másodlagos szempont, amely szerint csoportosíthatjuk az RH antennákat:

- egysávos antennák,
- többsávos antennák.

A legegyszerűbb RH antenna a félhullámú dipólus, amely tulajdonságait már nagyító alá vettük az előzőekben, a félhullámú dipólusra épülő RH antennák családja igen széles, gyakorlatban sok változat ismert. Közös tulajdonságuk: hosszuk $\lambda/2$, fő sugárzási irányuk a hossztengelyükre merőleges.

Ezek:

- windom antenna,
- Y-antenna,
- sodor huzalú, tápvonalas félhullámú dipólus,
- hurok dipólus,
- koaxiális kábel által táplált dipólus,
- minden széles sávú félhullámú dipólus.

Teljesítőképesség tekintetében ezek a különféle formák azonosak, a különbség csupán a táplálás módjában van.

Az antennák további csoportja az oldalirányú vagy merőleges sugárzók. Ezek az antennák hosszirányukra merőlegesen, élesen nyalábolva sugároznak.

Ezek:

- H-antenna,
- W8JK-antenna.

Kis költségből megépíthetők, hátrányuk, hogy csak egyirányban sugároznak.

Közeli azonos antennanyereség érhető el az irányantennák használatával. Döntő előnyük, hogy valamennyi égtáj felé azonos nyereséget lehet elérni, és helyben elférnek.

Ezek:

- QUAD-antenna

Végül az előző fejezet részben bemutatott függőleges sugárzókat említem. Reprezentánsuk a botantenna, amely kis helyen elfér, körsugárzó. RH sávokban is nagyon közkedvelt antenna a GP, a GP-hez hasonló „Triple leg” is.

Az alábbiakban részletesen foglalkozunk két különleges antennacsoporttal: a huzalantennákkal és a többsávos antennákkal.

9.3.1. Huzalantennák (long wire)

A huzalantennák (angolul: long wire = hosszú huzal) még az amatőrrádiózás hőskorában terjedtek el, ma azonban csak ritkán és rendszerint valamilyen különleges kivitelű formájával találkozhatunk (általában vételre használt antennák) olyan rádióamatőr állomásokon, ahol van elegendő hely a telepítésükre.

A huzalantennák angol elnevezéséből eredő „hosszú” jelző arra utal, hogy a sugárzó minden esetben hosszabb, mint az üzemi frekvenciának megfelelő hullámhossz, vagyis az antenna felharmonikusan van gerjesztve.

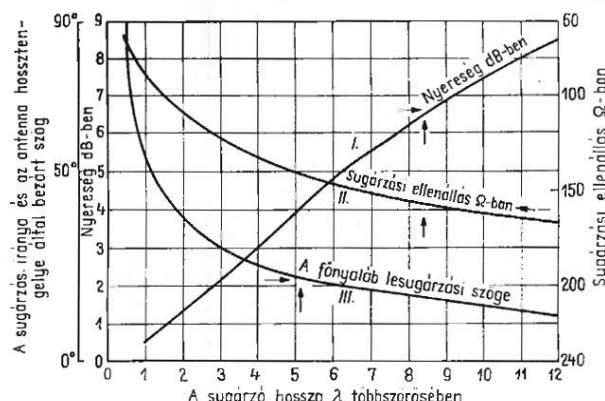
A huzalantennák legfontosabb erénye olcsóságuk és egyszerű kivitelük, helyigényük viszont igen nagy! Minél hosszabb egy huzalantenna, annál nagyobb lesz az elérhető nyereség és annál élesebb lesz az irányítóhatás.

Huzalantennák méretezésére az alábbi képletet használjuk:

$$l = \frac{150(n - 0,05)}{f}$$

ahol l a sugárzó hossza m-ben, n a sugárzón kialakuló félhullámok száma, f az üzemi frekvencia MHz-ben.

Az alábbi ábrán szemléltetjük a huzalantenna nyereségének, sugárzási ellenállásának és a fő sugárzási iránynak változását a sugárzó hosszának függvényében.



9.3-1. ábra. Huzalantenna paraméterei

A huzalantenna gyakorlati megvalósítását képviselő ismertebb RH antennák:

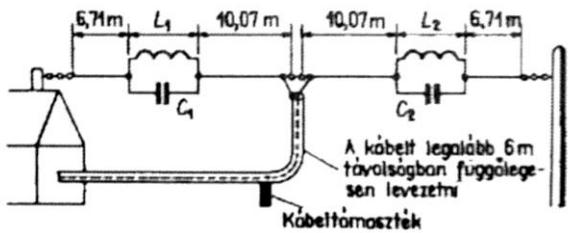
- V antennák
- rombusz antennák
- Fuchs-antenna

9.3.2. Többsávos antennák

A félhullámú sugárzót lehetséges felharmonikusan üzemeltetni, ha elektromos szempontból a kifogástalan táplálás hangolt tápvonal segítségével történik. Az illesztett tápvonalas, többsávos antennák minden esetben csak kompromisszumos megoldást jelentenek, amelyeknél a többsávos üzem csak többé-kevésbé sugárzó tápvonal vagy egyéb hátrányos körülmény révén érhető el.

A félhullámú sugárzót tartalmazó többsávos antennákat elsősorban rövidhullámon használjuk, segítségükkel több RH sáv átfogható. Sok változatuk ismert: Windom antenna, W3DZZ stb.

A W3DZZ antenna használható a 10, 15 és 20m-es amatőrsávban egyaránt. Előnye, hogy koaxkábellel táplálható (75Ω).



9.3-2. ábra. W3DZZ antennája

9.4. Ultrarövidhullámú antennák

Az URH frekvenciákon az antennák mérete (a kisebb hullámhossz miatt) kisebb, mint az RH antennák, így az URH frekvenciákon alkalmazott antennáknál a kezelhető geometriai méretek miatt nagynyereségű antennákat lehet építeni.

Az URH antennáknál is az elsődleges szempont, ami szerint csoportosíthatók:

- körsugárzók,
- iránysugárzók.

A másodlagos szempont, amely szerint csoportosíthatjuk az URH antennákat:

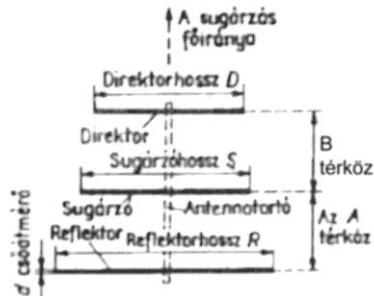
- egysávos antennák,
- többsávos antennák.

A fejezet elején tárgyalt antennák közül számos antenna alkalmazható URH frekvenciákon is: dipólusok, függőleges körsugárzók (GP). Az URH frekvenciákon alkalmazott függőleges körsugárzók lehetnek az eddig tárgyalt kialakításúak (pl.: GP, $5/8 \lambda$), de lehetnek bonyolultabb kivitelű, jó nyereségű antennák pl.: kollineáris antennák (legismertebb gyakorlati megfelelője: Trio-Star).

Az alábbiakban a legismertebb URH iránysugárzó antennatípus a Yagi-antennákat tárgyaljuk.

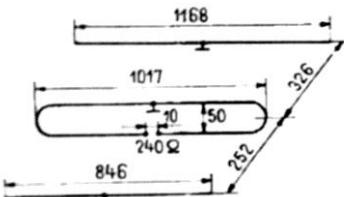
9.4.1. Yagi-antennák

A félhullámú dipólusokat URH-frekvenciákon önálló antennaként ritkán alkalmazzuk. Ugyanis a félhullámú dipólusokat kiválóan alkalmazhatjuk egy nagyobb nyereségű antenna sugárzó elemeként. Egy dipólus irányhatását irányhatását növelhetjük a fő sugárzási irányban, ha előtte néhány százalékkal rövidebb elemet (direktort), míg mögötte pár százalékkal hosszabb elemet (reflektort) helyezünk el. A sugárzáscsatolt, úgynevezett parazita elemekkel kiegészített dipólust Yagi-antennának nevezzük.



9.4-1. ábra. A 3 elemes Yagi antenna geometriai méretei

A Yagi antennák legegyszerűbb változata a 3 elemes Yagi, amely a 2m-es (144-146 MHz) es amatőrsávra az alábbi adatokkal rendelkezik:



9.4-2. ábra. 3 elemes Yagi antenna a 2m-es sávra

A 9.4.2-es ábrán látható antenna tulajdonságai: antennaelemek átmérője 5...10 mm; az antenna hossza: 580 mm; antennanyereség: 5 dB; hátrasugárzási csillapítás: 14 dB; nyílásszög (E/H): 70°/110°.

Az irányított antennáknál, a föirányban sugárzott teljesítmény és a hátrasugárzási teljesítmény viszonyát határozza meg az előre-hátra viszony.

Ahhoz, hogy a Yagi-antenna minél nagyobb nyereségű és sugárzási karakterisztikája optimális legyen, rendkívül szigorú törvényeket követ az elemek mérete és elhelyezkedése a gerincen.

Az antenna alábbi jellemzői függnek a mechanikai adatoktól: talpponti impedancia, nyereség, rezonanciafrekvencia, sávszélesség, előre-hátra viszony, oldalhurkok nagysága, iránykarakterisztika tisztasága, vízszintes és függőleges irányzögek, a hatásos felület, a sugárzási ellenállás az antenna hatásfoka.

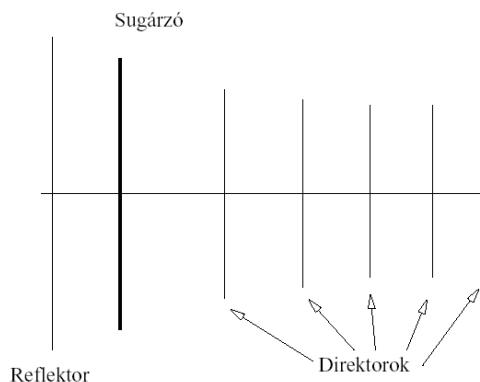
A Yagi-antennákat szigorú elvek szerint tervezik antennaszimulátor programokkal (számítógépes programokkal).

Yagi-antennákat az URH frekvenciákon használunk, tipikusan 30 MHz – 3000 MHz-ig.

A Yagi-antennáknak két fő típusát különböztetünk meg:

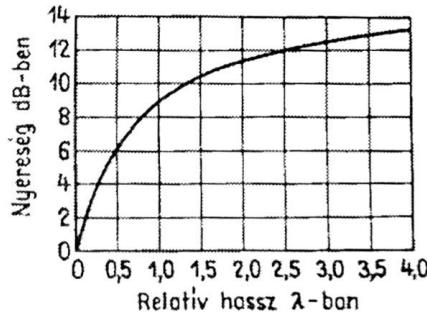
- rövid Yagi: a gerinchossza azonos elemszám mellett rövidebb mint a hosszú Yagi-nál, elsősorban az alacsonyabb frekvenciákon alkalmazzák geometriai mérete miatt (pl.: 28 MHz-144 MHz).
- hosszú Yagi: a gerinc hossza azonos elemszám mellett nagyobb mint a rövid Yagi-nál, felépítését tekintve több zónára osztható: gerjesztési centrum, átmeneti zóna, hullámvezetéses rendszer. A hosszú Yagi tervezése más elveket követ, mint a rövid változatnál. Alkalmazása leginkább a magasabb frekvenciákon történik: 144 – 3000 MHz. Tipikus hosszuk: $1 \lambda - 3 \lambda$.

A Yagi-antennák esetében általános elv, hogy a direktorok mérete mindenkorábban kisebb mint a sugárzó hossza, és a reflektor (vagy reflektorok) mérete nagyobb mint a sugárzó hossza.



9.4-3. ábra. Többelemes Yagi felépítése

A Yagi-antennák nyeresége a gerinchossz és elemszám növelésével nő, nyílásszögük csökken. A nyereség egy bizonyos határon túl már számottevően nem növelhető (3λ gerinchossz felett), a hosszú Yagi nyereség – gerinchossz összefüggésre az alábbi ábra ad útmutatót.



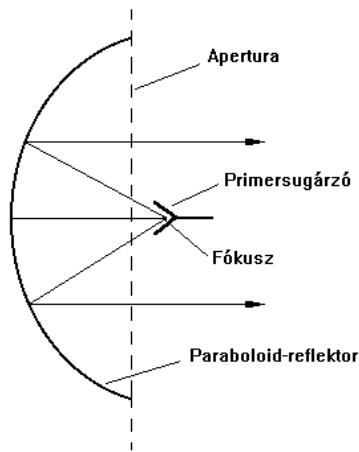
9.4-4. ábra. Hosszú Yagi nyeresége a gerinchossz függvényében

9.5. Mikrohullámú antennák

A Yagi-antennák tárgyalásánál felmerült az a probléma, hogy a Yagi nyeresége maximálisan 14-15 dB körüli érték lehet. Ekkora nyereséghöz nagy elemszám és hosszú gerinc ($4-5 \lambda$) tartozik. Magasabb frekvenciákon (> 1200 MHz) így a Yagi-antennák készítése körülmenyes (kezd egy fésűhöz hasonlítani a Yagi ☺) és mechanikai tulajdonságai nem túl jók (nagy elemszám, magas frekvencián a boom átmérője számottevően beleszól az antenna működésébe, ilyenkor nem fémes anyagból kell a boom-ot készíteni). Nem beszélve a maximális 14-15 dB-es nyereségről és a 10° feletti nyílásszögről. Ezért mikrohullámon és a magasabb URH sávokban (> 23 cm) célszerűbb kifejezetten mikrohullámú antennákat használni.

9.5.1. Paraboloid-reflektor antenna

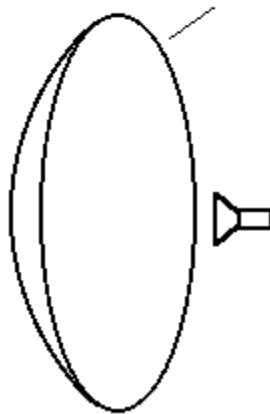
Az ismert optikai reflektorhoz hasonlóan ez az antenna parabola vezérgörbéjű reflektorból és a fókuszában elhelyezett primersugárzóból vagy tátpejből áll.



9.5-1. ábra. Paraboloid-reflektor antenna

Ha a parabola vezérgörbét a fókuszon átmenő szimmetriatengely körül megforgatjuk, akkor forgásparaboloid reflektort kapunk. Ha a vezérgörbét egy vonal mentén végighúzzuk, akkor az hengerparaboloid reflektort eredményez. Az előbbi a fókuszpontból az utóbbi fókuszvonalból kell megvilágítani. Mi a forgásparaboloid antennát szemléltetjük. (9.5.2. ábra)

Forgásparaboloid



9.5-2. ábra. Forgásparaboloid antenna

Az eredmény egy - a reflektor szélei által határolt - nagyméretű nyílásfelület, vagyis aperture, melyen meghatározott térerősségeleszlású síkhullám lép ki.

A paraboloid reflektor tehát a fókuszából kilépő gömbhullámot (forgásparaboloid) síkhullámmá alakítja át. Ez a parabolának abból a tulajdonságából következik, hogy a fókuszponttól az aperture síkjáig az egyes sugarak hossza azonos. Gömbhullámon azt értjük, hogy a primersugárzóból kilépő hullám fázisa egy gömb felületén állandó.

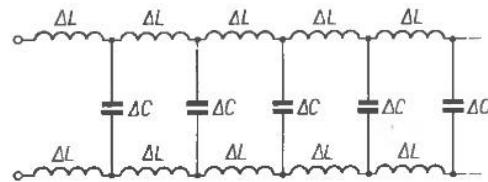
A paraboloid reflektor antenna máig a legelterjedtebb mikrohullámú antennatípus. Népszerűségét olcsóságának és robosztusságának köszönheti.

Nyeresége megfelelő méret esetében ($> 6-8 \lambda$) elérheti akár a 24-26 dB-t is. Irányszöge viszont nagyon alacsony, az esetek többségében kevesebb mint $8-10^\circ$. Így elsősorban pont-pont összeköttetések létrehozására alkalmas.

9.6. Tápvonalak

A tápvonalak feladata, hogy a nagyfrekvenciás energiát lehetőleg veszteségmentesen továbbítsák, anélkül, hogy saját maguk sugároznának. Megkülönböztetünk egyhuzalos és kéthuzalos tápvonalat. **A rádiótechnikában leginkább kéthuzalos (szimmetrikus vagy aszimmetrikus) tápvonalat használunk.**

A tápvonalak egyik legfontosabb jellemzője a Z hullámellenállás: ez a végtelenül hosszú vezetéken kialakuló U feszültség és I áramerősség viszonyaként fogható fel. A nagyfrekvenciás tápvonal lényegében hosszinduktivitások és keresztkapacitások eredjének is felfogható. Ezen elképzelésnek megfelelően szokás a párhuzamos vezeték egyszerűsített helyettesítési vázlatát az alábbi ábra szerint feltüntetni:



9.6-1. ábra. Kéthuzalos tápvonal helyettesítő áramköre

A nagyfrekvenciás tápvonal Z hullámellenállása bizonyos elhanyagolásokkal, de a gyakorlat számára elegendő pontossággal számítható az alábbi összefüggésből:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Minthogy Z (Ω -ban megadott) rezisztív érték, ezért a hullámellenállás a frekvenciától és a vezeték hosszától független.

9.6.1. A hullámterjedés sebessége tápvonalaknál

A fény és az elektromágneses hullámok terjedési sebessége vákuumban: $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, amely érték az összes többi anyagban kisebb.

A hullámhossz:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Mivel a frekvencia a jelterjedés során mindenkor állandó, a sebességváltozás hullámhosszváltozást eredményez. Tápvonalaknál a hullámhossz rövidülési tényező: 0,6-0,9.

9.6.2. A tápvonalak veszteségei

A tápvonalak veszteségei több tényező együttes következményei, ideális veszteség nélküli tápvonal a gyakorlatban nem létezik, így általánosságban elmondható, minél hosszának növelésével a tápvonalon elveszett teljesítmény mértéke növekszik.

A tápvonal veszteségének összetevői:

- sugárzás: a frekvenciával együtt nő,
- vezetékmelegedés: a tápvonalat alkotó vezetékek ohmos ellenállása következtében a tápvonalon feszültség esik, azaz mint egy ellenállás esetében teljesítmény disszipálódik,
- dielektrikus melegedés: a dielektrikumon lévő feszültséggel arányos.

9.6.3. Állóhullám-arány és reflektált teljesítmény

Maximális teljesítmény akkor vihető át, ha a generátor (adó végfok) impedanciáját a fogyasztó (antenna) impedanciájához illesztjük. Minthogy az antenna és az adó közé legtöbb esetben energiatovábbító vezetéket (tápvonalat) kell iktatni, ezt úgy kell méretezni, hogy a rezonancia viszonyokat, illetve illesztési viszonyokat ne zavarja meg.

Valamely nagyfrekvenciás fogyasztó – antenna, műantenna stb. – illesztetlensége az öt tápláló kábelben állóhullámokat hoz létre, ezért az energiaátvitelre szolgáló tápvonalakat illeszteni kell, tehát Z hullámellenállásnak azonosnak kell lennie R_i -vel, illetve R_a -val.

$$R_i = Z = R_a$$

Illesztett esetben az átviteli veszteségek kizárolag a réz- és dielektrikus veszteségekre korlátozódnak.

A tápvonalon mindenkor akkor keletkeznek állóhullámok, ha a visszavert hullámok vannak a tápvonalon. Ilyenkor a tápvonal bármely pontján mérhető feszültség az oda- és visszahaladó hullámok feszültségeinek vektoriális összegével egyenlő. Ez a vektoriális ábrázolás az elektromágneses hullámok terjedésének időbeli lefutásán alapszik. A haladó és a reflektált hullámok haladási sebességtől függő fázisviszonyainak megfelelően az állóhullámokra jellemző áram- és feszültségeseloszlás alakul ki. Ilyenkor a tápvonal bármely pontján mérhető impedancia a feszültség és áram hányszámosával lesz egyenlő.

Valamely tápvonal időhullámos mivolta az állóhullám-aránnal (angol neve: Standing Wave Ratio = SWR) jellemzhető. Ez a tápvonalon fellépő legnagyobb és legkisebb feszültség hányszámosa, vagyis s mindenkor egyenlő vagy nagyobb mint 1:

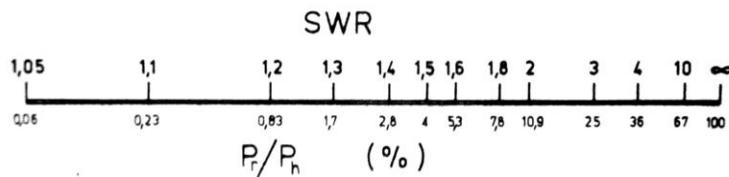
$$SWR = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} \geq 1$$

Illesztés esetén a tápvonalon csak egy irányban haladó hullám van, mivel az R_a lezáró-ellenálláson nem lép fel reflexió.

Az állóhullám-arány a haladó és reflektált teljesítményekkel is kifejezhető, hiszen a teljesítmény, az áram és a feszültség között soros összefüggés van:

$$SWR = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_r}{P_h}}}{1 - \sqrt{\frac{P_r}{P_h}}}$$

Az SWR értékének és a $\frac{P_r}{P_h}$ arány %-ban kifejezett összefüggését az alábbi skála illetve nomogram mutatja.

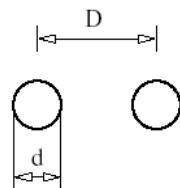


9.6-2. ábra. SWR skála

Az ábráról látható, hogy az $SWR = 1,5$ állóhullám-arány értéknél is csak a haladó teljesítmény 4%-a reflektálódik a fogyasztóról, ez az érték nem túl rossz egy amatőr adóberendezés számára. A kritikus SWR érték az $SWR = 2\dots 3$ értékeknél kezd fellépni.

9.6.4. Szimmetrikus tápvonal

Szimmetrikus tápvonal két egymással párhuzamos vezetékből áll. Közöttük és a vezeték körül szigetelőanyag található, amely megfelelő szigetelést és mechanikai felépítést biztosít.



9.6-3. ábra. Szimmetrikus tápvonal elrendezés

A szimmetrikus tápvonal hullámimpedanciája függ a vezető átmérője (d) és a két vezető távolságának (D) arányától, valamint a dielektrikum anyagától.

A szimmetrikus tápvonalak főbb gyakorlatban használatos fajtái:

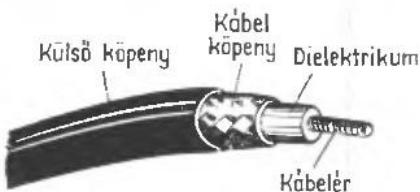
- légszigeteléses kéthuzalos tápvonal (amatőr berkekben: „macskalétra”): $Z = 500\dots 600 \Omega$
- műanyag szigetelésbe ágyazott kéthuzalos tápvonal (TV szalagkábel): $Z = 240\dots 300 \Omega$
- árnyékolt kettős tápvonal (hasonló felépítésű, mint a koax, csak 2 belső ér): $Z = 120\dots 240 \Omega$

A szalagkábelek hátrányai: kedvezőtlen viselkedés esős, ködös időben; nem bírja a nedvességet, pl.: zúzmarát; fémes tárgyak, épületek közelében változik a hullámellenállása.

9.6.5. Koaxiális tápvonal

A rádiótechnikában leggyakrabban alkalmazott tápvonal típus a koaxiális kábel. Napjainkban szinte kizárolagos szerepe van a tápvonalak tervezésénél, így a rádióamatőrök is ezt alkalmazzák a tápvonalaknál.

9.6.5.1. Koaxiális tápvonal felépítése



9.6-4. ábra. Koakkábel felépítése

A koaxiális kábelek koncentrikus felépítésűek, ezért a földhöz képest aszimmetrikusnak tekinthetők. A fenti ábra mutatja, a koaxiális kábelek belső vezetéke az ún. ér koncentrikusan van a szigetelő dielektrikumba ágyazva, ezt a külső vezeték, az ún. köpeny veszi körül, majd ezt a védőburkolat követi. A belső ér többnyire tömör rézhuzal, néha többerű sodrott vörösrézhuzal-köteg. A dielektrikum kis veszteségű nagyfrekvenciás szigetelőanyagból (pl. polietilén, polisztirol) készül. Ezen belül megkülönböztetünk tömör szigetelésű és légzárványos, habosított dielektrikummal készített kábeleket. A tömör dielektrikummal készített kábelek elsősorban alaktartóságukkal túnnek ki, ezért elektromos tulajdonságaikat külső mechanikus behatásra csak kismértékben változtatják. A tömör szigetelőréteg következetében átütési szilárdságuk nagy, az esetleges beszivárgó víz kevésbé rontja az elektromos tulajdonságait. A légzárványos dielektrikummal rendelkező kábelek csillapítása kicsi, azonban nedvesség ellen védeni kell őket, továbbá nagyobb a megengedett hajlítási sugaruk is. További hátrányuk, hogy kevésbé viselik jól a külső mechanikai behatásokat is.

9.6.5.2. A koaxiális kábelek főbb típusai, jellemzői

A rádiós távközléstechnikában, így a rádióamatőr berendezéseknél is az esetek többségében 50 ohmos hullám-impedanciájú koaxiális kábeleket használnak.

Az adott rendszerhez ajánlott kábel típusát az alábbi paraméterek határozzák meg:

- frekvencia,
- a tápvonal megengedett maximális csillapítása (az adott frekvencián),
- az adott frekvencián használt nagyfrekvenciás teljesítmény,
- mechanikai követelmények: hajlítási sugár, megengedett maximális átmérő stb.

Az alábbi felsorolásban a leggyakrabban használt koaxiális kábeleket mutatjuk be:

1. RG 213 U:

10,7 mm átmérőjű, polietilén dielektrikummal rendelkező, 0 - 300 MHz-ig alkalmazható kábel.

Előnye: viszonylag olcsó, könnyen hajlítható, könnyen beszerezhető és nagy teljesítmény vihető át rajta.

Hátránya: 300 MHz fölött nem ajánlott a használata, a nagy vesztesége miatt.

2. RG 58 C/U:

5 mm átmérőjű, polietilén dielektrikummal rendelkező, 0-300 MHz-ig alkalmazható kábel.

Előnye: viszonylag olcsó, nagyon könnyen hajlítható, könnyen beszerezhető, kis átmérője miatt közkedvelt kábel.

Hátránya: 300 MHz fölött nagy vesztesége miatt nem ajánlott a használata. Vesztesége az RG 213 U-nak több mint kétszerese!

3. H 500:

9,8 mm átmérőjű, habosított dielektrikummal rendelkező URH kábel. Tipikusan 144 MHz feletti frekvenciákon alkalmazott kábel.

Elönye: a kis csillapítása.

Hátránya: merev kivitele miatt nehezen hajlítható (nagy hajlítási sugárral) és drága.

4. H 155:

5,4 mm átmérőjű, habosított dielektrikummal rendelkező URH kábel. Tipikusan 144 MHz feletti frekvenciákon alkalmazott kábel.

Elönye: a kis csillapítása és a kis átmérője, így napjainkban a leggyakrabban alkalmazott URH kábel.

Hátránya: drágább, mint az RG58, de csillapítása a fele annak, vagyis az RG 213 U kábellel közel azonos csillapítás-értékkel rendelkezik.

A leggyakrabban használt koaxiális kábelek csillapításértékei (dB/100m):

Típus	Külső átmérő (mm)	Minimális hajlítási sugár (mm)	Impedancia (Ohm)	10 MHz	14 MHz	28 MHz	50 MHz	144 MHz	432 MHz	1296 MHz	2320 MHz
H 1000	10,3	100	50	1,2			2,8	4,9	8,6	16,0	23,0
AIRCOM PLUS	10,8	55	50	0,9				4,5	8,2	14,5	21,5
H 500	9,8	75	50	1,3			2,9		9,3	16,8	24,5
RG 213 U	10,3	55	50	2,2		3,1	4,4	7,9	15	27,5	47
H 155	5,4	35	50			4,9	6,5	11,2	20	34,9	53
RG 58 CU	5,0	30	50		6,2	8,0	11,0	17,8	33	64,5	100

9.6.5.3. A koaxiális kábelek csatlakozói

A rádiós távközléstechnikában, az adott felhasználás módjának, típusának megfelelően különböző nagyfrekvenciás csatlakozókat alkalmaznak.

A koaxiális csatlakozók jellemzői:

- impedancia (pl. 50 Ohm)
- frekvenciartomány (pl. URH)
- csatlakoztatható kábel típusa (pl. H500)

A rádióamatőr berendezéseknél az esetek többségében 50 ohmos hullámimpedanciájú koaxiális kábeleket használnak, így a használt csatlakozók impedanciája is 50 Ohm.

Az alábbiakban ismertetjük a leggyakrabban használt csatlakozókat és azok jellemzőit:

Típus	Impedancia (Ohm)	Frekvencia-tartomány	Jellemzői	Főbb felhasználási terület
BNC 	50	0 – 4 GHz	Bajonett-záras gyors csatlakoztathatóság, kis teljesítmény átvitele	Hordozható készülékek (saját antennával), mérési célokra (mérőműszerek)
Amphenol UHF 	-	0 – 300 MHz	Rövidhullámon közkedvelt csatlakozó, a legtöbb kábeltípussal használható, nagy teljesítmény vihető át rajta	CB rádiózás, RH amatőr rádiózás
N-csatlakozó 	50	0 – 11 GHz	300 MHz feletti frekvenciákon a leggyakrabban ezzel a csatlakozóval találkozhatunk. Stabil, alacsony veszteséggel rendelkező átvitelt biztosít.	300 MHz feletti telekommunikációs rendszerek csatlakozója
SMA 	50	0 – 13 GHz	300 MHz feletti frekvenciákon, a kisméretű csatlakozót megkövetelő rendszerekben találkozhatunk ezzel a csatlakozóval. Kis teljesítmény vihető át rajta.	Hordozható készülékek (saját antennával), WLAN rendszerek

9.6.6. A táplálás módjai

A hangolt és az illesztett tápvonalon keresztsüli antennatáplálási mód terjedt el. Egyes esetekben e kettő kombinációja is alkalmazható, ilyenkor vegyes táplálásról beszélünk. Az illesztett tápvonalon terjedő hullámokat haladóhullámoknak nevezzük.

Hangolt tápvonalnak nevezzük az a tápvonalat, amelynek elektromos hossza az üzemi hullámhossz negyede ($\lambda/2$) vagy annak egészszámú többszöröse.

Egy hangolt tápvonal, amelynek az elektromos hossza az üzemi frekvencia hullámhosszának fele ($\lambda/2$) vagy annak egész számú többszöröse, annak minden végén azonos áram-feszültség viszony uralkodik. Ezért az antenna talpponti impedanciája 1:1 arányban jelenik meg a tápvonal végén. Hangolt tápvonalakat elsősorban többsávos RH antennák illesztésére szoktunk használni.

Az URH és deciméteres hullámtartományban kizárolag illesztett tápvonalak használatosak.

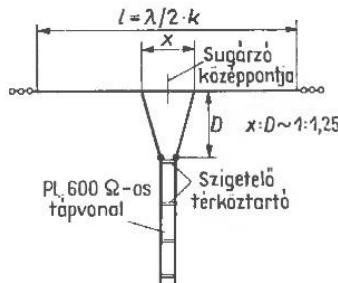
9.6.7. Illesztő és transzformáló egységek

Az illesztő, illetve transzformáló egységeket az antennák táplálásához csak akkor kell használni, ha a tápvonal illesztésére szükség van, hangolt tápvonalak esetén maga a tápvonal végzi a transzformálást.

Elektromos és mechanikai szempontból mindenkor a legjobb antenna-megoldás, amely külön illesztést nem tesz szükséges. A transzformáló egységeknek a hátrányos tulajdonságuk, hogy az antenna sávszélességét csökkentik.

9.6.7.1. Deltaillesztés

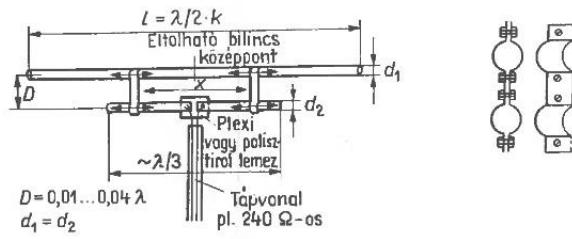
Előnyösen használható a $400\text{--}600\Omega$ hullám-ellenállású, kéthuzalos tápvonal illesztéséhez. Egyik legfontosabb mechanikai előnye, hogy a sugárzót nem kell elvágni, mint szokás az a félhullámú dipólusnál. A sugárzó középpontja fémesen rögzíthető bármilyen fémes tartószerkezethez, illetve földelhető.



9.6-5. ábra. Deltaillesztés

9.6.7.2. T-illesztés

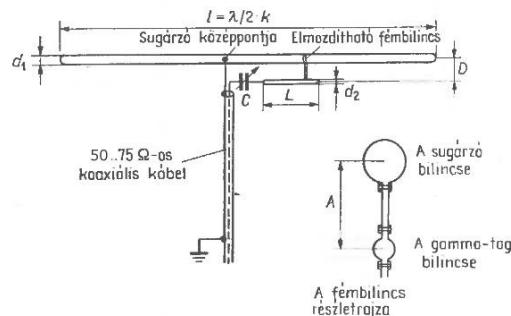
Lényegében a delta illesztés egy mechanikusan merev változata, ezzel főleg csőből készült sugárzók esetében alkalmazható előnyösen. Ebből következik, hogy elsősorban az URH tartományban terjedt el.



9.6-6. ábra. T-illesztés

9.6.7.3. Gamma és Omega illesztés

A rövidhullámú tartományban akkor célszerű a gamma illesztés használata, amikor szimmetrikus sugárzót külön szimmetrizáló transzformátor nélkül akarunk koaxiális kábellel táplálni. A T-illesztéshez hasonlóan, segítségével impedancia illesztés is megvalósítható: a gamma-tag lényegében egy fél T-tag.



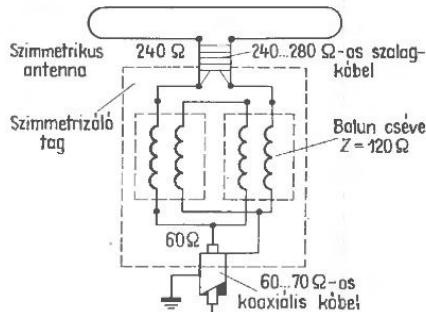
9.6-7. ábra. Gamma illesztés

Az Omega illesztés a gamma illesztés elektromosan javított változatát jelenti (kiegészítették +1 kondenzátorral), az omega illesztést elsősorban olyan RH antennákhoz használják, melynél a gamma tag bilincsének tologatása veszélyes lenne.

9.6.7.4. Ballun transzformátor

Ballun transzformátort RH antennák illesztésére használnak, ahol 4:1-es impedancia transzformáció szükséges.

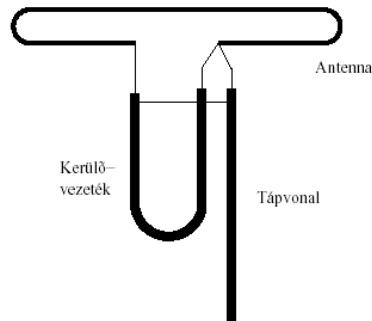
Ballun transzformátor segítségével illeszthetünk $200\ldots240\ \Omega$ talpponti impedanciával rendelkező antennához $50\ldots75\ \Omega$ -os koaxiális kábelt.



9.6-8. ábra. Ballun traszformátor

9.6.7.5. Negyedhullámú kerülővezeték

Az URH tartományban már nem alkalmazható a tekerces ballun traszformátor, így a 4:1-es arányú impedancia illesztést más módszerrel, ún. negyedhullámú koaxiális kerülővezetékkel oldjuk meg. Ilyen illesztők szinte minden hurok-dipólust tartalmazó antenna (pl.: YAGI) illesztésére alkalmasak.



9.6-9. ábra. Negyedhullámú kerülővezeték

9.6.8. Antennahangoló egységek



9.6-10. ábra MFJ Mobile Tuner

Az antennahangoló egységek biztosítják az adóvevő egység számára a fix 50 ohmos impedanciájú terhelési illesztést, amikor a használt antenna impedanciája ismeretlen vagy nem 50 Ohm.

Az illesztetlenség akkor jön létre, amikor egy nem rezonancia-frekvencián működő antennát használunk (az elektromos hossza nem felel meg a jel hullámhosszával, vagy annak nevezetes törtrészeivel).

Az antennahangoló egység segítségével egy antenna több frekvencián (sávon) is használható, illetve a széles sávoknál a rezonanciafrekvenciától való nagyobb eltérésnél jelentkező illesztetlenség és járulékos reflexiók (SWR) okozta veszteségeket lehet kiküszöbölni.

Az antennahangoló egység kizárolag a megfelelő illesztést biztosítja, az antenna rezonancia-frekvenciáját nem befolyásolja.

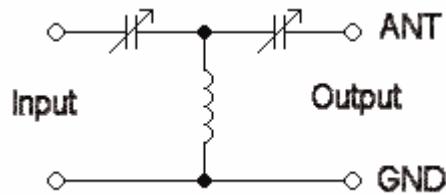
9.6.8.1. Antennahangoló egység felépítése

Felépítését tekintve egyszerű áramkörű elemek alkotják: változtatható induktivitású tekercsekkel és változtatható kapacitású kondenzátorokból áll.

A tekercsek és kondenzátorok értékeinek állításával helyezhető egyensúlyba az induktív és kapacitív reaktancia az adóvező irányában, így megvalósítva az 50 ohmos illesztést. Mivel az illesztés célja az adóvező mentesítése a reflektált teljesítmény káros hatásától, így a megfelelő illesztés esetén (miután az antennát lehangoltuk) a reflektált teljesítmény az adóvezőig nem jut el, viszont az antennahangoló egység utáni szakaszon megmarad. Így energaveszteséggel mindenkor számolni kell, amikor nem rezonancia-frekvenciáján működő antennát vagy nem megfelelő tápvonalat alkalmazunk.

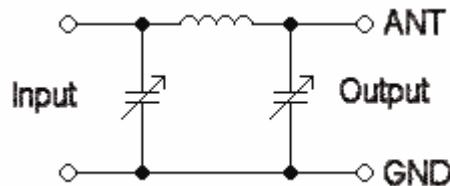
Klasszikus antennahangoló kialakítások:

T-tagos kivitel



A T-tagos kialakításnál a tekercs helyzetéből adódóan egyenáramú szempontból nincs kapcsolat az antenna és az adóvező készülék között.

Pi-tagos kivitel



A Pi-tagos kialakításnál a tekercs helyzetéből adódóan egyenáramú szempontból kapcsolat van az antenna és az adóvező készülék között.

9.6.8.2. Antennahangoló egység használatával megoldható problémák

- 1) **Szimmetrikus, szabad-vezetékes tápvonal használata:** a szimmetrikus, szabad-vezetékes tápvonal előnye a roppant kismértékű csillapítás a RH frekvenciákon (sokkal kisebb, mint a koaxiális kábelek esetében). Egyetlen probléma a használatukkal az, hogy szimmetrikus táplálást igényelnek, míg az adóvezők többsége aszimmetrikus kimenettel rendelkezik. Ebben az esetben olyan antennahangoló egységet kell alkalmazni, amely tartalmaz egy beépített ballun-transzformátor, amely az aszimmetrikus kimenetet illeszti a szimmetrikus tápvonalhoz. A beépített ballun-nal rendelkező antennahangolók 4:1-es transzformációt végeznek.
- 2) **Antenna más sávon történő használata esetén:** miért ne lehetne használni a 40m-re készült dipolt 10m-en? Lehet, csak nagy SWR értékkal kell számolni. Erre is megoldást nyújt az antennahangoló, amely képes az adóvező oldalon 1:1-es SWR-t produkálni ebben az esetben.
- 3) **Az antenna SWR sávszélessége kisebb, mint az adott sáv szélessége:** vannak olyan többsávos antennák, amelyek bizonyos sávokon nem képesek a teljes sávban 1:1-es SWR értéket produkálni, a sávok végein már problémát okozhat a reflektált teljesítmény. Antennahangoló használata nélkül ilyenkor teljesítményveszteség lépne fel, amely részben a rádiót is veszélyeztethetné, részben kevesebb teljesítményű sugárzást is jelentene. Ilyenkor is ajánlott az antennahangoló használata.

9.6.8.3. Antennahangoló egységgel nem megoldható problémák

- 5) **Interferencia megszüntetése a TV, telefon és egyéb szolgáltatásokkal:** antennahangoló használata ugyan

csökkentheti a rádióból kijutó felharmonikusokat, de nem szüntetheti meg azokat teljesen. Amennyiben az antenna telepítése vagy a tápvonal nem megfelelően lett kialakítva, akkor keletkezhet interferencia más rádiós rendszerekkel, ilyenkor célszerű az interferencia okát megszüntetni (a rádiót kimeneti aluláteresztő szűrővel ellátni stb.)

- 6) *Nem hangolható le az antenna 1,5:1 SWR alá:* amennyiben nem hangolható le az antenna 1:1 SWR-re, akkor célszerű a tápvonalon vagy az antennán módosítani, amennyiben ez csak egy adott frekvencián (sávon) jelentkezik, és más sávon nem alkalmazzuk az antennát. Azonban, ha az adott antennát mi más sávon is alkalmazzuk, ahol viszont 1:1 SWR elérhető, akkor a 2:1 SWR érték alatti állapot (1,5:1 SWR is) még használható, csak némi teljesítményveszteségre és a rádióba való reflektált teljesítmény visszajutására kell számítanunk (következmény: a rádió visszaszabályozhat, vagy jobban melegedhet a végfokozata).
- 7) *Antennahangoló használata a V/U/SHF frekvenciákon:* léteznek URH sávokon alkalmazható antennahangoló egységek, de célszerű azokat mellőzni (áruk jelentősen magasabb, mint az RH egységek esetében). Amennyiben az URH sávokban jelentkezik illesztetlenség, akkor azt célszerű a tápvonal vagy az antenna megfelelő átalakításával illetve beállításával megszüntetni.

9.6.8.4. Antennahangoló gyakorlati felépítése

Antennahangoló egység a kereskedelemből beszerezhető, de a vállalkozó kedvű amatőr építhet magának egyet. Rajzok fellelhetők mind az Interneten, mind a rádióamatőr folyóiratokban is, viszont az építéshez nem árt a megfelelő szakértelem és műszerezettség.

A gyakorlatban az antennaillesztők az alábbiakat tartalmazhatják:

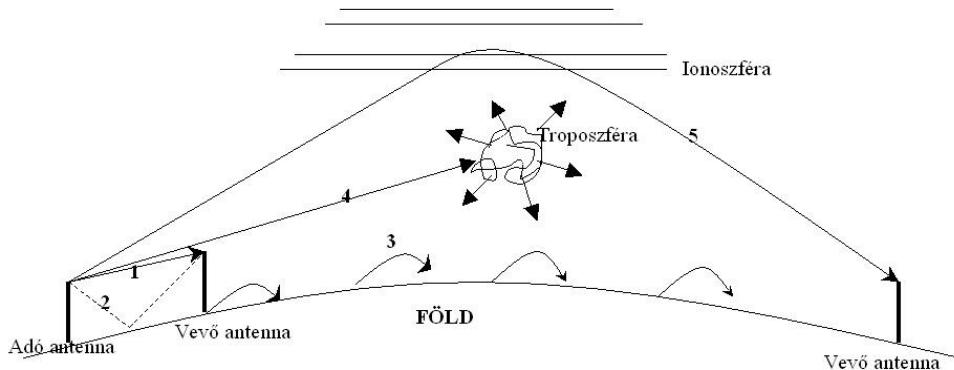
- **Beépített SWR mérő:** amennyiben az antennaillesztő tartalmaz beépített SWR mérőt, akkor nem kell külösnél mérőt alkalmazni (a rádió és az illesztő között). Azonban, ha az adóvezvónk tartalmaz SWR mérőt is, akkor természetesen azt is használhatjuk. SWR mérő nélkül viszont az antennaillesztés nem megalíntható, mivel a hangoláshoz folyamatosan figyelni kell a műszer állását!
- **Tekercsállás visszajelző és beszúrási pontok:** a drágább antennahangoló egységek változatható tekercseinél szoktak alkalmazni egy visszajelzőt, amely tájékoztat minket a tekercs aktuális állásáról, így tudjuk, hogy „meddig kell még tekerni”. A beszúrási pontok, pedig előre megadott menetszámról léptetnek, így gyorsabban végezhető el a tekercs beállítása. Amennyiben ezek hiányoznak, akkor is elvégezhető a hangolás, de egy kicsit nehézkesebb.
- **Beépített ballun:** a megoldható problémák pontban már részleteztük előnyét...
- **Több antennacsatlakozó és műterhelés:** vannak olyan antennahangoló egységek, amelyeken több antennacsatlakozó van. Az ilyen egységek előnye az, hogy több antennát is csatlakoztathatunk hozzá és közöttük egy kapcsolóval tudunk váltani, így lerövidítve az antennaváltás idejét. A beépített műterhelés előnyt jelent, de nem követelmény.
- **Automatikus hangolás:** vannak olyan antennahangolók, amelyek az adóvező készülékekbe kerültek beépítésre. Ezek között vannak olyanok, amelyeknél az antenna hangolása automatikusan „gombnyomásra” elvégezhető, ilyenkor egy automatika tekergeli a kondenzátorokat és tekercseket, próbálja lehangolni velük az antennát. Amennyiben ez sikeres, akkor ezzel csökkenthető a hangolási idő (esetek többségében pár másodperc alatt kész a hangolás). Az automata hangolóknak vannak olyan változatai, amelyek nem az adóvezőbe vannak beépítve, azokhoz csak egy vezérlővezetéken keresztül csatlakoznak. Az automata hangolóknak vannak olyan változatai is, amelyek memóriát is tartalmaznak: letárolható pár hangolási állás, így lecsökkenhető velük a hangolási idő és felgyorsítható a sávváltás.

10. fejezet

Hullámterjedés

Czigány Róbert HG5PK

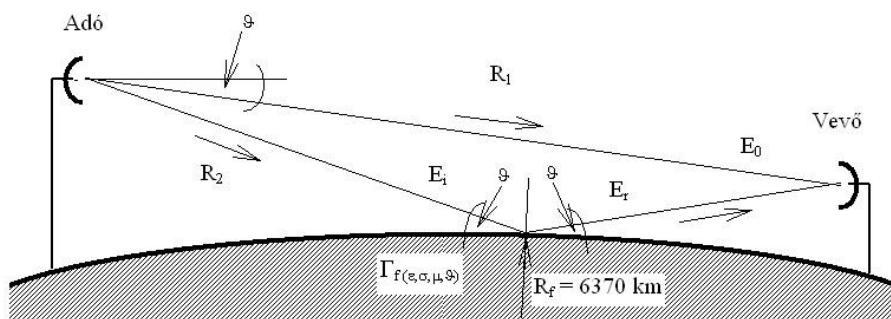
10.1. Hullámterjedési módok



10.1-1. ábra. Hullámterjedési módok

10.1.1. Közvetlen hullámterjedés (LOS)

Az URH és mikrohullámú tartományban domináns terjedési forma. A rádióhullámok közvetlenül a két antenna között terjedve biztosítják az összeköttetést. A hullámterjedés legegyszerűbb esete. A hullámterjedés határa a rádióhorizont amelyet a földszugár és az antenna magassága határozza meg. A Földszugár egy állandó érték, míg az antennamagasság változtatható. Minél magasabban van az antennám annál nagyobb lesz a rádióhorizontom átmérője. Nagyobb távolság esetén ez a terjedési mód csak kivételes esetekben valósul meg, mint például műholdas összeköttetések létesítése során. A rádióhorizont az antenna magasságából és a Föld sugárkból számolható. A rádióhullámok URH frekvenciatartományban a levegőrétegek különböző törešmutatói miatt görbülnek emiatt $3/4R_{\text{Föld}}$ számolunk. URH frekvenciatartományban a teljesítménysűrűség a távolság négyzetével, a térerősség a távolsággal fordított arányban csökken. A kisugárzott teljesítmény mind nagyobb gömbfelületre szóródik szét, és a rádiócsatorna csillapítása a szabadtéri csillapítás lesz (R_1 jelút). Kivételt képeznek a nagyobb frekvenciájú mikrohullámok, melyeknél a légkör abszorpciós vonalai, az eső és a köd jelentős csillapítást okozhatnak. Élesen irányított antennák alkalmazásával, inhomogenitásoktól mentes térrészben.



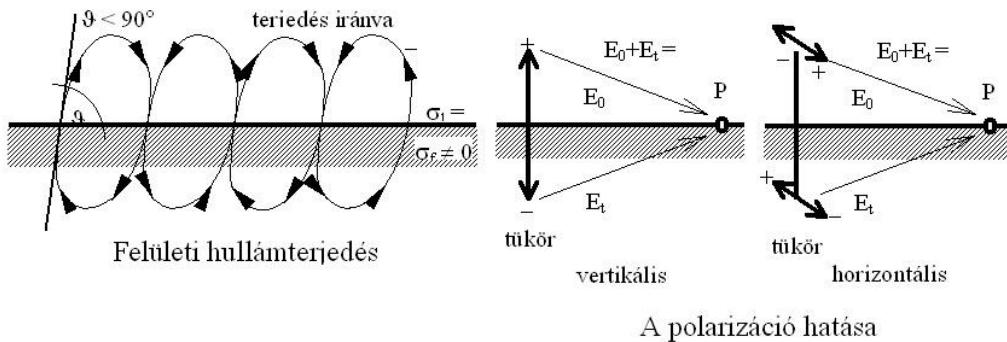
10.1-2. ábra. Közvetlen hullámterjedés és a talajreflexió

10.1.2. Talajreflexió

A talajreflexió az URH frekvenciatartományban domináns terjedési forma. Ha nem tekintünk el a föld felületéről való visszaverődés hatásától és az antennákat a föld felsínétől elégé eltávolítjuk belátható, hogy az adótól a vevőhöz a közvetlen rádió hullámon kívül eljut a föld felsínén való visszaverődés következtében a közvetett (indirekt) hullám is (R_2 jelút). A vevőantenna helyén az eredő térerősség függ a direkt és az indirekt hullám relatív amplitúdójától és fázisától. A visszaverődés során bekövetkező amplitúdó- és fázisugrás függ a talaj paramétereitől, a polarizációtól és a beesési szögötől.

10.1.3. Felületi hullámterjedés

A felületi hullámterjedés jellemző terjedési forma a hosszúhullámú frekvenciatartományban. Ideális esetben a talaj vezetőképessége végtelen (ekvipotenciális felület). Ez az antenna közvetlen közelében jó földhálózattal megközelíthető. Ha az adóantenna közvetlen közelétől eltekintve véges vezetőképességűnek tekintjük a talajt, akkor a terjedés veszteséges lesz és az antennától távolabbi kisebb térerősséget kapunk. A térerő hatására nemcsak eltolási, hanem a talajban vezetési áram is létrejön, mely áramok zárt hurkot alkotnak. Jó vezetőképességű talaj, vagy hosszabb hullám esetén az eltolási áram elhanyagolható a vezetési áram mellett. A vezetési áramnak köszönhetően jön létre az a hullámterjedési mód, mikor az adótól a vevőig a hullám az egész utat a földfelszín mentén teszi meg. A terjedési csillapítás közép- és hosszúhullámú frekvenciatartományban nem túl nagy.



10.1-3. ábra. Felületi hullámterjedés és a polarizáció hatása

Függőleges antenna esetén a földben pozitív tükörkép keletkezik, ami azonos antennaáram esetén kétszeres térerősséget létesít. Vízszintes antenna alkalmazása esetén negatív tükörkép keletkezik, ami a föld felszinén a térerősséget kioltja. Ezért ez a terjedési mód csak függőleges polarizációs alkalmazásával valósítható meg.

10.1.4. Troposzférikus hullámterjedés

A troposzférikus szórásra alapozott összeköttetések megvalósításának alapját azok a légköri képződmények biztosítják, melyek az adóantenna által kisugárzott rádióhullámot szétszórják a tér valamennyi irányába. A szór energiája egy töredékét a vevőantenna képes venni, ha az adó- és vevőantenna nyalábja közös szórótér fogatban lapolódik át.

A közös szórótér fogatnak felhőalap alatt kell létrejönne. A szóródás a törésmutató index véletlenszerű változásából, fluktuációjából, a légköri turbulenciából adódik. Mivel a szóródás nem egy pontban megy végbe, hanem egy kiterjedt térrészben, ezért igen élesen irányított antennák alkalmazására van szükség. A fentiekből következik, hogy igen nagy a terjedési csillapítás, emiatt nagy teljesítményű adóberendezés szükséges illetve ilyen összeköttetések létesítésére csak 200 MHz feletti frekvenciák alkalmazásak. Nem jellemző rádióamatőr alkalmazása.

10.1.5. Ionoszférikus hullámterjedés

A magas légkör ionizált rétegei lehetőséget adnak látóhatáron túli összeköttetés létesítésére. Az ionosféra a légkör 40-500 km-es rétege, melyben a gázok egy része ionizált állapotban van. Az ionizáció fő forrása a meteortevékenység, a Nap ibolyántúli és korpuszkuláris sugárzása, valamint a kozmikus sugárzás.

10.1.5.1. Az ionoszféríkus hullámterjedés mechanizmusa

Az ionoszférába behatoló rádióhullámok kölcsönhatásba lépnek a szabad elektronokkal, melyek rendezett mozgásba kezdenek. Az elektron rugóműködése (a rétegen keltett áram) és a térfeszültség 90 fok fáziseltérést mutat, tehát a réteg szigetelőként viselkedik. Elegendően nagy hullámhossz esetén egy félperiódus alatt a töltéshordozók ütközéseinek száma jelentős lesz, az elektronok a tértől kapott energiájukat elvesztik. Ezáltal mozgásuk fázisba jut a térfeszültséggel és vezetéses áram létesül. Hosszúhullámok esetén erősen ionizált rétegen a behatoló hullám már kisebb távolság megtétele után elgyengül, de ha a behatolás mélysége a hullámhosszhoz képest kicsi, visszaverődés jön létre. Rövidebb hullámoknál a félperióduson belüli ütközések száma és a réteg vezetőképessége elhanyagolhatóan kicsi. Összességében növekvő frekvenciákkal egyre magasabb rétegről kapunk visszatérő rádióhullámot és a magasság növelésével egyre kisebb a visszaverődés vesztesége.

Az ionoszféra állapota sztochasztikusan változik. Ezért a hosszú távú előrejelzések meglévő statisztikák alapján, a rövid távú előrejelzések szondázással, az ionoszféra mérés eredményeinek feldolgozásával készülnek.

10.1.5.2. Az ionoszféra rétegei

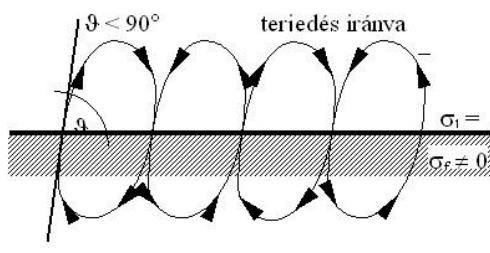
D réteg: a legkevésbé ionizált réteg, melynek ionkoncentrációját a nitrogénoxid fotó-ionizációja, valamint a meteortevékenység biztosítja. Naponta 10^{10} db meteor hatol be a földi atmoszférába, melyek 80-120 km magasságban átlag 25 km hosszú ionizált csíkok húznak. Ezek a csíkok a diffúzió és az erős turbulens széláramlatok hatására gyorsan kiszélesednek. Rajta történő áthaladáskor a rádióhullám jelentős csillapítást szenved, ezért nappal gyakorlatilag megakadályozza a középhullámú távolsági vételt. A hosszúhullámok reflektálása és az ionoszféríkus szórásra alapozott összeköttetés megvalósítása végett nagy jelentőségű.

E réteg: magassága 100-110 km. Stabil réteg, melynek magassága független az északi szélességtől, napszaktól, évszaktól. A felső frekvenciahatár, amelyet még reflektál hajnaltól kevessel délutánig nő, majd estére újra visszacsökken.

F réteg: a rövidhullámú nagy távolságú összeköttetések szempontjából alapvető jelentőségű. Magassága kb. 250 km. Nappal, évszaktól és földrajzi szélességtől független, kb. 200 km magasságú F1 rétegre, illetve a fentiekhez erősen függő 220-400 km magasságú F2 rétegre bomlik. Éjszaka, az F1 réteg és a F2 réteg egybeolvad és az alja felemelkedik 300 km magasra.

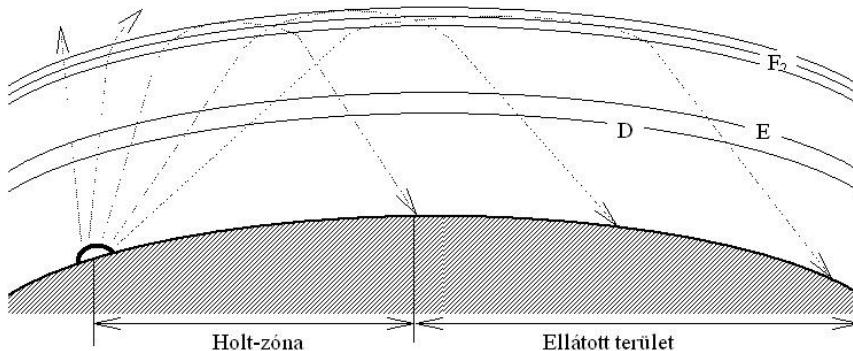
10.1.6. Rövidhullámú terjedési formák

10.1.6.1. Felületi hullámterjedés



10.1-4. ábra. Felületi hullámterjedés

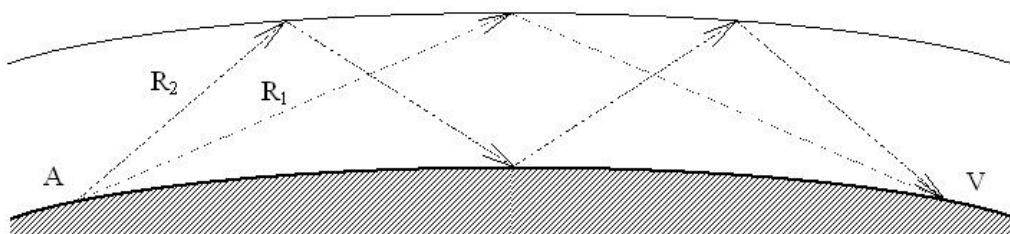
10.1.6.2. Ionoszférikus hullámterjedés



10.1-5. ábra. Rövidhullámok terjedésénél lehetséges hullámpályák (ionoszférikus hullámterjedés)

Az antenna kisugárzási szögétől függ az áthidalt távolság a fenti ábra szerint.

Holt-zóna: Itt nem vehető a kisugárzott frekvencia.



10.1-6. ábra. Két pont lehetséges összeköttetése egy vagy több ugrással (ionoszférikus hullámterjedés)

10.2. A fading

A térerősség rövididejű megváltozása. Akkor számolunk vele, ha a közepes térerősség a felére csökken.

10.2.1. Ionoszférás terjedési módokra jellemző fading hatások RH tartományban

10.2.1.1. Szelektív fading

Ionoszférás terjedési mód esetén az ionoszféra változása miatt

10.2.1.2. Polarizációs fading

Az ionoszféráról visszaverődő jel forgásszerűen változtatja polarizációját.

10.2.1.3. Abszorciós fading

A D és F rétegről visszaverődés esetén a napsugárzás hatására minden a rétegek vastagsága és sűrűsége is nő vagy csökken így a réteg elnyelő (csillapító) hatása is változik. Ez alapján a visszavert jel is erősödik illetve csökken.

10.2.1.4. Ugrási fading

A visszaverő réteg magasságának változása miatt a visszavert hullám szöge is változik, ami a vétel helyén a térerő erősödését illetve csökkenését eredményezi.

10.2.2. Közvetlen hullámterjedési módokra jellemző fading hatások URH, VHF tartományban

10.2.2.1. Interferencia fading

Ugyanaz a jel más és más úton juthat el a vevőantennába (közvetlen hullámterjedés és talajreflexió visszavert

hullám) így a két jel által megtett út különböző, amelyek az antennára érkezve erősítik vagy gyengítik egymást.

10.2.2.2. Abszorciós fading

A két antenna közötti légtér szennyeződéseket (por, szmog, füst) valamint csapadékot tartalmaz (pára, köd, eső, hó) ami az URH és VHF frekvenciákat csillapítja mivel ezen molekulák geometriai mérete már összemérhető a hullámhosszal. Minél nagyobb a frekvencia annál nagyobb a légkör csillapító hatása.

Az összeköttetések tervezésekor tervezni kell az antenna magasságot, az antenna kilövési szögét, a frekvenciát. Az RH összeköttetések tervezéséhez az ionoszféra állapotát, az év és napszakot, az időjárási viszonyokat, a napfoltaktivitásokat, a meteor tevékenységeket kell figyelembe venni.

Az ionoszféra állapotát folyamatosan mérőállomásokról figyelik valamint egy előrejelzést készítenek 11 éves periódusra ami a napfolttevékenység intenzitásán alapul.

11. fejezet

Mérések

Jónap Gergő HG5OJG, Kovács Levente HA5OGL

A mérés valamilyen (fizikai, kémiai, gazdasági stb.) folyamatot jellemző mennyiség meghatározása. Számunkra most a fizikai fogalmakhoz, ezen belül pedig az elektromossághoz kapcsolódó mennyiségek meghatározása a feladat.

A mérés információk gyűjtése, amelynek célja lehet a mennyiség azonnali megjelenítése, feldolgozása, tárolása. A megjelenítés történhet diszkrét számértékek formájában, ez a digitális kijelzés, vagy más, folytonosan változó fizikai mennyiséggé alakítva. Az utóbbi esetben ún. analóg kijelzésről van szó. Ilyenkor általában a mért mennyiséggel arányos kitérés jellemzi a mennyiség nagyságát. A mérő jellemzők lehetnek időben állandó értékek és lehetnek változóak.

A mérési eredmények:

A mérés során közvetlen vagy közvetett összehasonlítás történik. A mért értéket a mennyiség egységével hasonlítjuk össze. A mérőszámmal azt állapítjuk meg, hogy a mért érték hányszorosa a mennyiség egységének. Ezt mennyiségegyenlet formájában adjuk meg:

$$\text{Mennyiség} = \text{Mérőszám} * \text{Mértékegység}$$

A fenti egyenletre, pl.: $U = 13,8 \text{ V}$. Ahol az egyenlet bal oldalán a mennyiség szerepel (U), jobb oldalon 13,8 a mérőszám, amely negatív előjelű is lehet, majd a mértékegység (V).

11.1. Mérési módszerek

Biztosak lehetünk-e abban, hogy az általunk mért érték a fizikai mennyiség valódi értéke? Erre a kérdésre a választ a mérés módszere és a mérőműszereink adják.

A mérési módszer kiválasztását a mérési feladat, a követelmények és a lehetőségek határozzák meg. Pazarlást jelent, ha túl pontos, ezért drága módszereket és eszközöket választunk kisebb pontosságú követelmények teljesítéséhez.

Általában a következő mérési módszereket alkalmazzák:

- *Közvetlen összehasonlítás*: A mérő mennyiséget azonos mennyiséggel hasonlítják össze.
- *Közvetett összehasonlítás*: Ennél a módszernél az etalon nincs jelen. Etalonra csak a hitelesítésnél, azaz a skála elkészítésénél van szükség.
- *Differenciálmérés*: itt különbözmennyiséget mérünk, ahol a mérés hibáját az etalon határozza meg.
- *A helyettesítés elve*: Ennél a módszernél két mérést végzünk egymás után, ahol a mérés hibája nem a műszertől, hanem az etalonról függ.
- *Felcseréléses mérés*: Ellenálláshíd használatával mérünk, ahol szintén kiküszöböltető a mérőeszköz hibája.

11.2. Mérési hibák

A méréssel meghatározott érték legtöbbször nem egyezik meg a mennyiség tényleges értékével. A különböző műszerek az azonos mennyiségeket eltérően mutatják. Nincs olyan műszer, amelyik abszolút pontosan mér, ezért minden adott feladatnak megfelelően kell a mérőműszert kiválasztani. A műszerek pontosságának a növelése (hibájának csökkentése) növeli a költségeket.

11.2.1. Rendszeres hiba

Olyan jellegű eltérés, amelyeknek nagyságát és előjelét fizikai méréstechnikai alapokon meg tudjuk határozni. Mivel nagysága ismert, ezért a mérési eredményt korrigálni tudjuk és korrigálni is kell.

11.2.2. Véletlen hiba

A hibát okozó tényezők időben változó hatást mutatnak. Az így keletkező véletlen hiba konkrét okait nem ismerjük, nagysága és előjele is változik. A véletlen hibát a mérés többszöri elvégzésével és az eredmények statikus módszereken alapuló kiértékelésével csökkenhetjük.

11.3. Mérésekhez alkalmazott mérőműszerek

11.3.1. Mérőműszerek típusai

A méréshez felhasznált műszerek kijelzésük módja szerint lehetnek:

- analóg műszerek,
- digitális műszerek.

Az analóg műszer a mérési eredményt a mutatónak egy skála előtti elmozdulásával jelzi ki. A mérést végző személynek kell megállapítania (leolvasnia), hogy a mutató a skála melyik osztásával egy vonalban állt meg (illetve, ha két skálaosztás között állt meg, megbecsülnie, hogy a két skálaosztás között hol áll).

Hátránya e műszertípusnak, hogy leolvasása hibalehetőséget rejt magában, e hiba azonban gyakorlott mérést végző személy esetében csekély.

A digitális műszerek a mérési eredményt számjegyekkel jelzik ki (digit = számjegy). Ahány „digites” a műszer, annyi számjegyet jelez ki. A számjegyes kijelzésnek köszönhetően leolvasási hiba nem lép fel. Amennyiben a mért jel bizonyos szintek között ingadozik, nehézséget okozhat a minimális és maximális értékek leolvasása, továbbá az aktuális értékek pontos feljegyzése, ezért vannak olyan digitális műszerek, amelyeken megtalálható a pillanatnyi érték tartása (HOLD) és a maximális (PEAK) értékek leolvasására szolgáló gombok illetve funkciók.

11.3.2. Több méréshatárú műszerek

11.3.2.1. Több méréshatárú analóg műszerek

- az **analóg árammérő** méréshatárait az alkalmazott *sönt-ellenállások* értékei határozzák meg (gyakori méréshatárok: 1mA; 3mA; 10mA; 30mA; 0,1mA; 0,3mA; 1A; 3A; 10A)
- az **analóg feszültségmérő** méréshatárait az alkalmazott *előtét-ellenállások* értékei határozzák meg (gyakori méréshatárok: 0,2V; 1V; 3V; 10V; 30V; 100V; 300V; 1000V)
- az **analóg ellenállásmérő** esetében a méréshatárokat a kiválasztott *referencia ellenállás* értéke határozza meg (gyakori méréshatárok: 10ohm, 100 ohm, 1kohm, 10kohm, 100kohm, 1Mohm).

Analóg műszerekkel történő mérés esetében, amennyiben a mérendő jel nagyságát nem ismerjük (nem tudjuk megbecsülni), akkor a legnagyobb méréshatárba állítva kell az első mérést elvégezni. Amennyiben a mért mennyiség nem a skála utolsó 1/3-ba esik, akkor a méréshatárt módosítsuk úgy, hogy ez az állapot teljesüljön. Amennyiben ez nem lehetséges, akkor próbálunk olyan méréshatárt választani, ahol a mutató a második 2/3-ba esik. Analóg több méréshatárral rendelkező műszerre jó példa a GANZUNIV3 műszer.

11.3.2.2. Digitális műszerek (multiméterek)

A digitális multiméter több méréshatárú feszültségmérőt, árammérőt és ellenállásmérőt tartalmaz (sőt, sok esetben más mennyiségek pl. frekvencia, tranzisztorok áramerősítési tényezője, hőmérséklet stb. mérésére is alkalmas).

A digitális multiméter is tartalmaz egy „mérőművet”, amely azonban az analóg műszertől eltérően nem

mechanikus, hanem elektronikus berendezés. A digitális „mérőmű” feszültséget mér, és az eredményt digitális kijelzőn jeleníti meg. Az elektronikát úgy készítik, hogy bemenő ellenállása igen nagy legyen, azaz a méréndő áramkört minél kisebb mértékben terhelje. A működtetéshez szükséges energiát minden esetben külön feszültségforrás (telep vagy hálózati tápegység) szolgáltatja.

Digitális műszerek méréshatárai és a mérés menete:

A multiméterek méréshatárait a méréndő jel nagyságának megfelelően kell használni. Amennyiben a mérés során a a beállított méréshatárnál kisebb méréshatárba is belefér a mért mennyiség, akkor a kisebb méréshatárt kell használni a megfelelő pontosságú leolvashatóság miatt (illetve mindenkor a legkisebb méréshatárt kell választani, amibe még a méréndő jel értéke belefér). Pl.: 2V-ot akarunk mérni, akkor a választható: 0,2V; 3V; 10V; 300V; 750V méréshatárok közül a 3V-os méréshatár használata a megfelelő. A digitális multiméterek rendelkeznek védelemmel így, ha alacsonyabb méréshatárral próbálkozunk, akkor a műszer jelzi, hogy a tartományt túllepte a jel, de nem megy tönkre a készülék.

Automatikus méréshatárváltás:

Digitális multiméterek szokásos szolgáltatása az automatikus méréshatárváltás. Az automatikus méréshatárváltásnál pl. a feszültségmérő műszer a mérés kezdetén a legérzékenyebb állásban várja a bemenetére kapcsolt feszültséget. Ha a feszültség nagyobb, mint a legkisebb méréshatár (ez nem probléma, hiszen az elektronikus védelem miatt a mérőműnek nem árt a túlfeszültség), az automatika észleli a mérőmű túlfeszültségre vonatkozó jelzését, és elektronikusan átkapcsol a következő méréshatára. Ha a méréndő feszültség még így is túl nagy, a mérőmű túlfeszültség jelzése fennmarad, és az elektronika még nagyobb méréshatárra kapcsol, egészen addig, ameddig a túlfeszültség jelzés meg nem szűnik. Ekkor viszont már a megfelelő méréshatárban van a műszer. Mivel a leírt folyamatnál a műszernek több mérést kell elvégezni, az automatikus méréshatárváltás néhány másodpercet igénybe vehet.

11.4. Mérések végzése

11.4.1. Egyen és váltakozó feszültség és áram mérése

Áram és feszültség mérése nagyon gyakori az amatőr gyakorlatban. Sokszor kell egyen- illetve váltakozófeszültséget mérnünk. Váltakozófeszültséget úgy is mérhetünk, hogy egyenirányítjuk, szűrjük, majd DC műszerrel mérjük. Természetesen más eredményt kapunk, mint ami a tényleges érték, ezért a váltakozó áram és feszültség mérésére alkalmazott műszerskálákat máshogyan kell beskálázni, azonban vannak olyan mechanikus műszerek is, melyek képesek valódi középérték mérésére, tehát alkalmasak egyen, és váltakozófeszültség mérésére is.

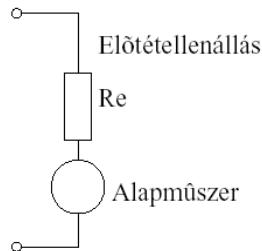
A továbbiakban egyenáram és egyenfeszültség mérésével foglalkozunk. Az elvek ugyanazok váltakozó áramú hálózatokban is.

11.4.1.1. Feszültség mérés

Ahogy megismertük az alapknál, feszültség mindenkor esik, azaz 2 pont között van értelmezve. A méréndő áramkört a műszerünk leterhel, ezért arra törekszenek a műszergyártók, hogy a műszer belső ellenállása a lehető legnagyobb legyen.

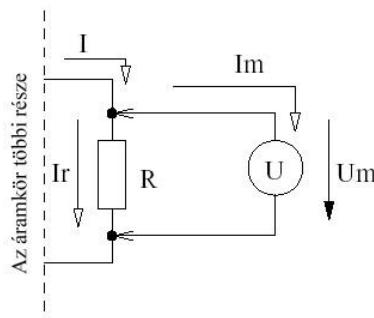
Az ideális feszültségmérő az áramkör szempontjából szakadásként viselkedik, tehát belső ellenállása végtelen.

Természetesen nincs végtelen ellenállású műszer, tehát valamennyi áram a műszeren is folyik, ami hibát okoz a mérés során. Egy digitális multiméter belső ellenállása néhány szor 10MOhm . Ilyen nagy értékek mellett az áramkörökben számottevő hibát nem okozunk. Persze vannak olyan extrém helyzetek, ahol ez az érték sem megfelelő. A feszültségmérő egy alapműszerből, és egy előtét-ellenállásból áll. Az alapműszer nagyon érzékeny, ezért kell az előtét-ellenállás.



11.4-1. ábra. Feszültségmérő kapcsolási rajza, valamint helyettesítő képe

Ez a kapcsolás (11.4.1. ábra) tulajdonképpen egy feszültségosztó, melynek az alsó tagja az alapműszer. Passzív mechanikus műszereket már egyre ritkábban alkalmazunk, azonban szintmérőknél a mért értéket általában analóg műszer jelzi ki. Általános érvényű szabály, hogy a bármilyen mennyiségi mérésére szolgáló műszert egy körben lévő mértékegységgel jelölünk.



11.4-2. ábra. Feszültség mérése

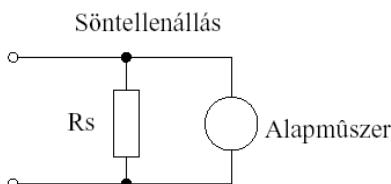
A mérés menete során a mérendő pontok közé kapcsoljuk a műszert (11.4.2. ábra). Ezen a műszeren átfolyó áram okozza a mérési hibát, de a feszültség a mérési pont között megegyezik a leolvasott érékkal (természetesen vannak más fajta hibák is pl. leolvasási hiba, stb.).

11.4.1.2. Áram mérése

Mint ismeretes az áram mindenkorban folyik, tehát áramot egy pontban mérhetünk. Ehhez meg kell szakítanunk az áramkört, és a mérőműszert sorosan kell bekötnünk. Így a mérendő áram átfolyik a műszeren. Mivel a műszer sorosan van bekötve, arra kell törekednünk, hogy minél kisebb legyen a belső ellenállása (minél jobban hasonlítsa meg a szakított vezetőhöz).

Az ideális árammérő az áramkör szempontjából rövidzárként viselkedik, tehát belső ellenállása 0 Ω

Természetesen 0 Ω-os belső ellenállású műszer nincs, tehát mindenkorban fog valamennyi feszültség esni a műszeren, amely hibát okoz majd. Az árammérő egy sönt-ellenállásból, valamint egy alapműszerből áll (11.4.3. ábra). Az alapműszer nagyon érzékeny, ezért a mérendő áramnak csak egy részét vezetjük át a műszeren, tehát a kapcsolás tulajdonképpen egy áramosztó kapcsolás.



11.4-3. ábra. Árammérő kapcsolási rajza, illetve helyettesítési képe

11.4.2. Ellenállás mérése

Ellenállást többféle módon is lehet mérni.

1. Feszültség, valamint áram méréssel;
2. Összehasonlító módszerrel;
3. Hídkapcsolással.

11.4.2.1. Feszültség és áram mérése

Nagyon ritkán alkalmazzuk ezt a mérést. A mérés elve, hogy mérjük az ellenálláson átfolyó áramot, és a rajta eső feszültséget. Ohm törvénye alapján (Lásd: 3.1.6. fejezet) kiszámíthatjuk az ellenállás értékét. A mérés hátránya, hogy 2 műszert kell alkalmazni. Ennél a mérési eljárásnál ügyelünk kell arra, hogyha kis értékű ellenállást mérünk, akkor a feszültség mérőt közvetlenül az ellenállásra kell rökközni, különben az árammérő feszültségesését is belemérjük az ellenállás feszültségesésébe. Nagy ellenállás mérése esetén a feszültségmérő és a mérőellenállás ellenállása összemérhető, tehát egy nagyságrendű áram folyik rajtuk, így az árammérő nem csak az ellenálláson átfolyt áramot méri, hanem a feszültségmérőn átfolyó számottevő áramot is. Tehát ha nagy értékű ellenállást mérünk, akkor célszerű az árammérőt közvetlenül sorba kapcsolni az ellenállással, és a feszültségmérőt a táplálásra rakni.

11.4.2.2. Összehasonlító módszer

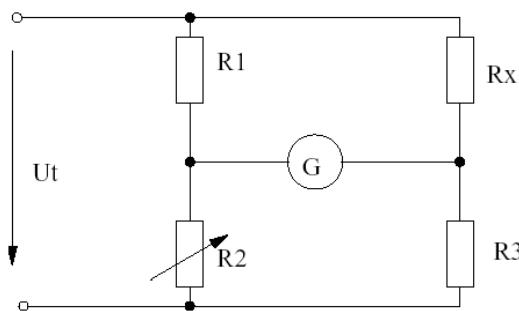
Elég pontos, de körülményes módszer, ha dekád ellenállást alkalmazunk. A mérés úgy történik, hogy sorba kapcsolunk egy dekádellenállást valamint a mérőellenállást, és mérjük az ellenállásokon eső feszültséget. A dekádellenállás értékét addig változtatjuk, amíg a 2 feszültségérték azonos nem lesz. Ekkor a két ellenállás azonos, a mért értéket leolvashatjuk a dekádellenállásról.

11.4.2.3. Hídkapcsolás.

Egyszerű, és pontos eljárás. A hídkapcsolás (11.4.4. ábra) előnye, hogy a híd kiegyenlítését úgy kell elvégezni, hogy a G galvanométer 0V feszültséget mutasson, tehát a mérés nem függ a bemeneti feszültségtől. A galvanométer olyan alapműszer, ami nagyon érzékeny. Általában középállású. A híd akkor van kiegyenlítve, ha 0V esik a galvanométeren. Ez a feltétel akkor teljesül, ha

$$R_2 R_x = R_1 R_3$$

Általános érvényű szabály a hidaknál, hogy a szembe lévő impedanciák szorzatainak kell egyenlőnek lenniük. R_x a mérőellenállás, R_2 egy huzalpotmérő, ami skálázva van. R_1 , valamint R_2 ismert (és pontos) ellenállások. A hidat R_2 -vel egyenlíttük ki, és az értéket leolvassuk.



11.4-4. ábra. Ellenállásmérő híd.

11.4.3. Teljesítmény mérés

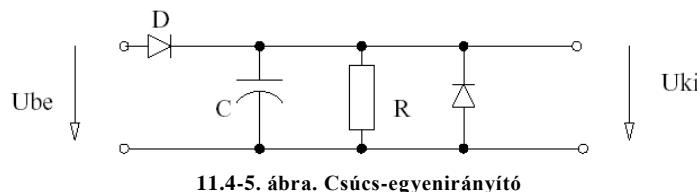
11.4.3.1. Egyenáramú teljesítmény mérése

Egyenáramú teljesítményt általában közvetett módon mérünk. Ha ismert a terhelés értéke, akkor elég a feszültséget, vagy az áramerősséget mérnünk. A kapott értékekből könnyen meghatározhatjuk a teljesítmény értékét. (Lásd: 3.1.7) Ha nem ismert a terhelés, akkor le kell mérnünk a feszültséget, valamint az áramot is.

Léteznek olyan Wattmérők is, amelyek közvetlenül mérik a teljesítményt, azonban ez nem terjedt el az amatőr gyakorlatban.

11.4.3.2. Rádiófrekvenciás teljesítmény mérése

Általában minden eszköz a gyakorlatban 50 Ohm impedanciájú. Tehát elég lemerni a feszültséget. Ezt általában csúcs-egyenirányítóval végezzük (11.4.5. ábra). Az áramkör kimenetén DC jel jelenik meg, amit egy feszültségmérővel lehet mérni. Az R ellenállás lehet nagyobb értékű, ha a mérés során van valamilyen terhelésünk (pl. antenna). Ha nincs ilyen terhelés, akkor $R = 50$ Ohm-ot kell alkalmazni. Ez az ún. műterhelés. Ennek megfelelően nagy teljesítményűnek, és indukciós zegény ellenállásnak kell lennie.



11.4.5. ábra. Csúcs-egyenirányító

A pontos teljesítmény értékeket kalibrációval lehet megállapítani. Általában összehasonlítsa, teljesítmény csúcs keresésére szoktuk használni ezeket az adaptereket, ekkor nem követelmény a pontos teljesítmény érték megállapítása.

11.4.4. Frekvenciamérés

Egy periodikus jel frekvenciája az alábbiak szerint határozható meg:

- **oszcilloszkóp segítségével:** megmérjük a jel periódusidejét, abból kiszámítjuk a frekvenciáját. Ennek a módszernek a pontossága függ az oszcilloszkóp időmérési pontosságától.
- **abszorciós frekvenciamérővel** meghatározzuk a jel frekvenciáját (lásd az abszorciós frekvenciamérőnél)
- **digitális frekvenciamérő** (számláló) segítségével megmérjük a jel frekvenciáját: a digitális frekvenciamérő a bemenetére adott jelet erősíti, négysszögesíti, majd a digitális számláló áramkörére vezeti, ahol pontosan 1 másodpercig számlálja. Az eredményt digitális formában kijelzi, a műszertől függ, hogy Hz-ben, kHz-ben, vagy MHz-ben kapjuk a végeredményt.

11.4.5. Rezonanciafrekvencia mérése

Rezonanciafrekvenciát passzív rezgőkörökönél tudjuk meghatározni: ilyenek az oszcillátorok, nagyfrekvenciás erősítők, szűrők rezgőkörei, továbbá az antennák is. A mérésre használható műszer a GDO (grid dip oszcillátor). A GDO működési elve: a műszerben hangolható rezgőkörös oszcillátor működik, melynek rezgési amplitúdóját műszerrel mérik. A rezgőkör (méréshatáronként váltandó) tekercse dugaszolhatóan, kívülről csatlakoztatható. Ezt a tekercset a méréndő rezgőkörhöz közelítve (és így azzal induktív csatlakásba hozva), forgókondenzátorral változtatják a GDO oszcillációs frekvenciáját. Amikor ez a frekvencia megegyezik a méréndő rezgőkör rezonanciafrekvenciájával, az energiát von el a GDO-tól, aminek hatására rezgési amplitúdója csökken. A feszültség minimumának megkeresése után a rezonanciafrekvencia a forgókondenzátor skálájáról olvasható le.

11.5. Különleges mérőműszerek

11.5.1. Állóhullámarány-mérő (SWR-mérő)

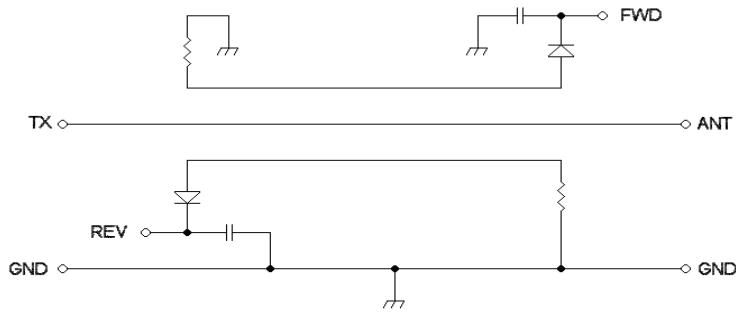
Az SWR mérő a távonalon lévő állóhullámarány mérésére szolgál. Az SWR mérőt, az adóvező készüléket és az antennát összekötő (esetleg adóvező - erősítővel összekötő vagy hangoló egységgel összekötő) távonala becsatlakoztatni. Az SWR mérő műszerek képesek megmérni az előrehaladó (FWR) és a reflektált (REV) teljesítményt is, amelyből meghatározható az SWR értéke, továbbá a legtöbb műszerről leolvasható az előrehaladó és/vagy visszavert teljesítmény pontos, Wattban kifejezett értéke is.



11.5-1. ábra keresztműszeres SWR mérő

Létezik olyan SWR mérő, amelynél a mérni kívánt irány kapcsolható, de létezik olyan ún. keresztműszeres SWR mérő műszer, amelyről kapcsolat nélkül, azonnal leolvasható az aktuális SWR (és teljesítmény) értéke.

11.5.1.1. SWR mérő felépítése



11.5-2. ábra SWR mérő csatoló-hálózata

Az SWR mérő lelkét a fenti ábrán látható elektronika alkotja. A teljesítményt úgy mérjük, hogy a tápvonalról csatoló-hálózattal kicsatoljuk a méréshez szükséges energiát. A csatolás úgy van kialakítva, hogy a tápvonalon ne okozzon illesztetlenséget, tehát a műszer a tápvonal impedanciáját ne módosítsa. A csatoló-hálózat működése frekvenciafüggő, így a hálózat működéséhez tartozik egy működési frekvenciatartomány, amely azt jelenti, hogy létezik olyan SWR mérő, amely pl. rövidhullámon használható (1-30 MHz) és olyan, amely pl. a 2m-es rádióamatőr frekvencia közelében (130-170 MHz). A működési elv a következő: a csatolóhálózat segítségével nyert nagyfrekvenciás jelet egyenirányítjuk, és az így kapott feszültséget megmérjük. A kívánt teljesítmény méréséhez a megfelelő csatoló-háló irányt kell kiválasztani: előremenő vagy visszatérő.

11.5.1.2. Az SWR mérés végzése

1. A műszert a tápvonalra csatlakoztatjuk, az alábbi módon:

- amennyiben csak a *tápvonalon fellépő állóhullámarányra* vagyunk kíváncsiak, akkor a tápvonal végére egy műterhelést kapcsolunk, nem az antennát, és a műszert a tápvonal bármely pontjára csatlakoztathatjuk.
- amennyiben *az antennán fellépő állóhullámarányra* vagyunk kíváncsiak, akkor a méreést a lehető legrövidebb távonallal végezzük (lehetőleg 1λ alatti hosszt alkalmazzunk), és a műszert ezen a rövid távon belül csatlakoztassuk. (Amennyiben az antenna nem a megfelelő impedanciával rendelkezik, akkor a hosszú távon módosíthat az illesztetlenség értékén, így nem az antenna által okozott illesztetlenséget mérjük az SWR mérővel).

2. Az adóvezvő készüléket a mérésekhez használható legkisebb teljesítményre kapcsoljuk (SWR mérőről függ, de általában elég 0.5-1W teljesítmény, keresztműszeres esetén esetleg a pontosabb mérés miatt: 10W).

3. Az SWR mérőt:

- *amennyiben nem keresztműszeres*, a FWR (forward) állásba kapcsoljuk. Az adókészüléken kiválasztunk egy vivőt alkalmazó üzemmódot pl.: FM vagy CW. Megnyomjuk a PTT-t vagy a billentyűt (CW esetén) és az SWR mérő potméterét addig állítjuk, míg a skálán a mutató 100%-ot nem mutat (ha azt nem éri el a potméter maximális állása mellett, akkor az adóteljesítményt növeljük, ha viszont a potméter minimális állása közelében a műszer 100%-ra ugrik, akkor csökkentsük az adóteljesítményt). Amennyiben a műszer 100%-ot mutat, akkor kapcsoljuk át REV (reverse) állásba és olvassuk le az SWR értékét.
 - *amennyiben keresztműszeres*, a méréshez használt teljesítménynek megfelelő állásba kapcsoljuk, de ez lehetőleg a legkisebb állás legyen (pl. 1W). Az adókészüléken kiválasztunk egy vivőt alkalmazó üzemmódot pl.: FM vagy CW. Megnyomjuk a PTT-t vagy a billentyűt (CW esetén) és a műszeren, ahol a két mutató keresztezi egymást, annak megfelelő az SWR értéke. Amennyiben a műszeren a mutatók nem értelmezhető állásban keresztezik egymást (vagy nem keresztezik) akkor használunk más mérési teljesítményt vagy méréshatárt.
4. Amennyiben az SWR mérő sávválasztóval van ellátva, akkor a mérés során ügyeljünk a megfelelő sáv kiválasztására (pl. létezik olyan műszer, amely 2m-es és 70cm-es sávon használható, akkor a 2m-es méréshez a 2m-es állásba kapcsoljuk a sávválasztót). Rossz kapcsolóállás esetén az SWR értéke pontos lehet, de a teljesítmények értékei nem!

11.5.2. Abszorpciós frekvenciamérő

Az abszorpciós (elnyeléses) frekvenciamérő „lelke” egy hangolható párhuzamos rezgőkör, amelynek tekercsét a mérendő jellet induktív csatolásba hozzák (pl. közelítik egy működő oszcillátor rezgőköréhez). A frekvenciamérő rezgőkörén feszültség indukálódik, amelyet egyenirányítanak és egy voltmérővel mérnek. A rezgőkört hangolva, azon akkor mérhető a legnagyobb feszültség, amikor rezonanciafrekvenciája megegyezik a mért frekvenciával. Ez a frekvencia (0,5-1% pontossággal) a forgókondenzátor skálájáról olvasható le. A méréshatárt a műszer rezgőkori tekercsének átkapcsolásával lehet váltani. A műszer érzékenysége és pontossága javítható rezgőkörre és a feszültségmérő közé elektronikus erősítőt helyezve.

11.5.3. Műterhelés

A nagyfrekvenciás mérések többsége, pl.: adókészülék vagy erősítő bemérése csak műterheléssel végezhető. Ezzel minimálisra csökkenthető a kisugárzott zavaró jelek nagysága.

A műterhelés egy fix induktivitással rendelkező egység, amely a tápvonal lezárására vagyis az antenna helyettesítésére szolgál.



11.5-3. ábra Műterhelés

A műterhelés felépítése a következő: a műterhelés lelke egy indukciószegény ellenállás, amely a rádióamatőr rendszereknél 50 Ohm impedanciájával rendelkezik. Az ellenállás egy hűtőfelülethez csatlakozik, amely a rajta leadott teljesítmény által keltett hőt elvezeti. Így a műterhelésekre jellemző a maximálisan ráadható teljesítmény, amit még károsodás nélkül képesek elviselni (ez függ az ellenállás minőségétől és a hűtőfelület nagyságától). Létezik például: 1W-os, 5W-os, 10W-os műterhelés, de olyan is beszerezhető ami képes rövid ideig 500W-ot elviselni.

12. fejezet

Zavarás és védelem

Czigány Róbert HG5PK, Dr. Csahók Zoltán HA5CQZ

12.1. A zaj és a zavar

A **zaj** egy nemkívánatos jelenség, amely a rádiófrekvenciás spektrumban is az ősidőktől fogva létezik és az ember megjelenésével, az elektronikus berendezések tömeges alkalmazásával egyre több fajtája jelenik meg. Ha egy rádió-vevő berendezésre antennát kapcsolunk és az ún. zajzárat teljesen kinyitjuk, a vevőt hangolva sitergést és egyéb nemkívánatos zörejeket hallunk. A kezelő szempontjából minden ilyen nemkívánatos jelenség, ami a hasznos jel mellett megjelenik **zavarnak** minősíthető.

Zavarni csak rádió-vevőberendezést lehet!

A zajt a forrása alapján két nagy csoportba sorolhatjuk:

1. Természetes zajok

A természetes zajok a környezetünkben állandóan jelenlévő zajok, melyek véletlenszerű eloszlást mutatnak, erősségeük nagyban függ az időjárási viszonyuktól és a kozmikus tevékenységektől. Megszüntetésükre nincs lehetőségünk, rádióösszeköttetések tervezésekor eleve figyelembe kell venni őket.

(a) Léggöri zajok

A léggöri hideg és meleg frontfelületeinek súrlódása, valamint villámlás során keletkező elektromos kisülések. RH összeköttetések tervezésekor kell figyelembe venni, nagyban függ az időjárási viszonyuktól. Például nyáron a nagyon távoli zivatarok is komoly zavarást tudnak létrehozni.

(b) Galaktikus vagy kozmikus zajok

Nem a léggöriből, hanem távoli égitestekről, a világűrből származó zajok. A Földet körülvevő ionoszféra megakadályozza, hogy a 30 MHz-nél alacsonyabb rádiófrekvenciás zajok behatoljanak a léggöribe, ezért kozmikus zajjal legfeljebb URH összeköttetések esetén számolhatunk.

A természetes zajokra a **QRN** megjelölést használjuk.

2. Ipari eredetű zajok

Az ipari elektromos zaj - mivel az ember tevékenysége által létrejött nemkívánatos jelenség - rádiózavarnak minősül. Rádiózavarnak nevezünk minden olyan jelenséget, mely egy rádióadó jelének vételénél olyan járulékos összetevőket hoz létre, amelyek az eredetileg kisugárzott moduláló jelben nem léteztek. A rádiózavaroknak két nagy területe van:

(a) Szándékos rádiózavarok

A szándékos rádiózavarokat a rádióvevő berendezések ellen alkalmazzák, abból a célból, hogy a hasznos jel vételét megakadályozzák. Például hadicselékmények előtt és közben a szembenálló felek alkalmazzák egymás kommunikációs rendszereinek időszakos bénítására. A rádióamatőr gyakorlatban szintén előfordulnak szándékos zavarok, amelyek alapvetően rosszindulatú célból az összeköttetések megszakítására, illetve lehetetlenné tételere irányulnak.

(b) Nem szándékos rádiózavarok

A nem szándékos rádiózavarok az ipari vagy civil tevékenységek során használt elektromos és elektromágneses rezgéskeltő berendezések, valamint más rádióadó berendezések kisugárzott

jelének nemkívánatos melléktermékei a vevőberendezésben. Ilyen keletkezhet például egy adóberendezést beállítása vagy hangolása során, amennyiben nem müterheléssel végezzük. Hasonlóan rádiózavart okozhat egy torzító végfokozat, amely széles frekvenciasávban sugároz nemkívánatos jeleket (ez az ún. **splatter**, „fröcsögés”), ezzel zavarva a sávban forgalmazó többi állomást.

Az ipari (nem természetes) eredetű zajokra a **QRM** megjelölést használjuk.

12.2. Interferenciás zavarok

A rádióvevő kimenetén megjelenő, nem a venni kívánt rádióadó berendezés által létrehozott jel legtöbbször valamilyen **interferencia** terméke. Megkülönböztetünk azonos csatornás interferencia zavarokat és nem-azonos csatornás interferencia zavarokat.

- Azonos csatornás interferencia zavarok akkor jönnek létre, ha a venni kívánt és a "zavaró" rádióberendezés azonos frekvencián sugároz és a vevő bemenetén mindenki hasonló teljesítménnyel. Védekezni ellene különböző polarizáció megválasztásával és az adóberendezések területi elkülönítésével lehet.
- Nem azonos csatornás interferencia zavarok akkor jönnek létre mikor a szomszédos rádiocsatornában működő rádióadó jele kerül a vevő bemenetére.
- Kombinációs interferencia zavarok a szuperheterodin elven működő vevőkészülékek esetében jöhetnek létre, amikor valamelyik keverő oszcillátor vagy valamelyik KF erősítő sávjával megegyező jel kerül a vevő bemenetére, ami az alapsávba kerülve vételi zavarokat okoz. Ezek neve másképpen tükrökfrekvenciás vagy oszcillátor zavaroknak.

Az interferencia a vevő kimenetén a hasznos jel és a "zavaró" jel együttes meglétével érzékelhető gyakran a "zavaró" adó tisztán halható a venni kívánt adó szüneteiben illetve alatta (**keresztmóduláció**).

Sokszor az interferencia oka a bemeneti vagy KF erősítők túlvezérlése, ami a hasznos jel torzításához és ezáltal különböző nemkívánatos keverési termékek létrejöttéhez vezet. A kimeneti jelben ez az **intermoduláció** szintén zavarként jelentkezik. A vevőkészülékek fontos jellemzője, hogy mekkora jelet képesek érzékelhető intermoduláció nélkül feldolgozni.

Amennyiben az adó által kisugárzott erős rádiófrekvenciás jel TV bemenetére kerül, akkor élvezhetetlenné tudja tenni a képet és a hangot egyaránt. Hangfrekvenciás erősítők bemenetére kerülve szintén gondot okozhat a rádiófrekvencia, az erősítő képes a jelet valamennyire demodulálni és az megjelenik a hangszórókban.

12.3. A zavarok keletkezésének okai

A hasznos jel kiszűrését a zájból intelligens áramkörök segítik, amelyek a mindenkorai zaj mértékének figyelembevételével változtatják a vevő paramétereit (érzékenység, erősítés, sávszélesség). Legismertebb formája a **zajzár** (squench) áramkör, amely némi áramot ad a vevőről, ha úgy érzékeli, hogy nincs hasznos bemeneti jel. A zajzárat főleg FM készülékekben alkalmazzák.

Sok esetben zavaró jel olyan nagy jelszintet hoz létre a vevő bemenetén, hogy azt képes **blokkolni**: az erős zavaró jel miatt a vevő AGC-je csökkenti az erősítést (illetve túlvezérelődhettek egyes fokozatok), ami által a hasznos jel detektálása lehetetlenné válik.

A rádió adó-vevő berendezések vonatkozásában az alábbi szempontok alapján vizsgálhatjuk a zavarhatásokat:

1. Kezelői hibából adódó zavarokról abban az esetben beszélhetünk, mikor a berendezést üzemeltető személy nem a frekvencia sávhasználatra vonatkozó előírásoknak megfelelően működteti a berendezését, vagy nem megfelelő műszaki paraméterekkel rendelkező berendezést szándékosan üzemeltet. Az előírásoktól eltérő frekvenciákat, sávszélességet, modulációs módot, teljesítményt használ.

2. A rádió-adóberendezés által okozott zavarok az adóberendezés hibás működéséből adódnak. A környező rádióvevő készülékekben és TV-kben okozhatnak jelentős zavart. A kezelő kontrollvevő hiányában nem veszi észre a hibás működést, ami más rádióvevő berendezésekben zavart, interferenciát okoz. A hibák jellegzetes okai:
 - Az adóberendezés által kisugárzott frekvencia eltér a frekvenciaskálán beállított értéktől,
 - A kisugárzott jel sávszélessége nagyobb a megengedett sávszélességnél,
 - A kisugárzott jel nagysága jóval nagyobb mint az szükséges vagy a környezetben tolerált értéket meghaladja.
 - A mellékullámú (szomszédos csatornán) sugárzás nagyobb a megengedettnél.
 - A közelű térben vevőberendezés helyezkedik el
 - A táphálózaton a nem-megfelelő leválasztás miatt kisugárzásra kerül a jel
 - Az teljesítményerősítő illesztetlensége az antennarendszerhez
3. A rádióvevő berendezésen tapasztalható zavarok a vevő hibája vagy nem megfelelő méretezése miatt:
 - A bemeneti nagyfrekvenciás szűrő nem megfelelő
 - Az AGC túl- vagy nem szabályoz
 - Rossz tükröfrekvenciás elnyomás
 - Illesztetlenség
 - Zajzár hibája
 - Az antenna tápvonal illesztetlen az antenna és vevő oldal felől
 - Nem megfelelő a vevőberendezés árnyékolása

12.4. A zavarok kiküszöbölésének és elkerülésének módjai

12.4.1. Hogy ne okozzunk zavart...

- mindenkorban illesztett tápvonalat és antennát használunk,
- lehetőleg kerüljük az egyik végén táplált félhullámú antennák használatát: ezek az adónk által termelt felharmonikusokat is jó hatásfokkal kisugározzák,
- az antennákat ne telepítünk TV vagy más vevőantenna közelébe,
- használunk jó rádiófrekvenciás (RF) földelést: a villamos hálózat védővezetője vagy a vízhálózat nem alkalmas erre!
- csak a minimálisan szükséges teljesítményt használunk,
- megfelelő elektromágneses árnyékolással lássuk el berendezéseinket,
- szűréssel és csatolásmentesítéssel gondoskodunk róla, hogy a nagyfrekvenciás jelünk ne jusson a villamos (vagy telefon) hálózatba,
- mindenkorban bele a sávba mielőtt adni kezdenénk

A teljesítmény növelése nem mindenkorban célra: próbálunk más polarizációval, modulációval vagy más frekvencián felvenni az összeköttetést.

Legyünk jó kapcsolatban a szomszédokkal, tájékoztassuk őket minden tevékenységet folytatunk, annak milyen hatásai lehetnek az általuk üzemeltetett vevőberendezésekre.

Vevőkészülékekkel sűrűn ellátott környezetben ne üzemeltessünk nagyteljesítményű adóberendezést, különösen ne távíró üzemmódban.

12.4.2. Hogy ne szenvedjünk zavart...

- mindig megfelelően illesztett tápvonalat és antennát használunk,
- kerüljük nagyteljesítményű rádióadók vagy ipari berendezések környezetét,
- megfelelő elektromágneses árnyékolással lássuk el berendezéseinket,
- használunk NF és KF szűrőket, valamint frekvencia és teljesítményszabályozó áramköröket a berendezéseinkben,
- hangfrekvenciás bemeneteken mindenkorán alkalmazzunk aluláteresztő szűrőt,
- megfelelően válasszuk le berendezésünket a hálózati áramforrásról.

13. fejezet

Villamos biztonságtechnika

Jónap Gergő HG5OJG, Novák Tibor HG5CUT

A villamos energia mindenkorban veszélyes energia, mert – ha tárgyi vagy személyi hiba következtében – felszabadul, akkor sok esetben a technológiai célú energiamennyiséghoz képest már egészen kis mennyiségi villamos energia is súlyos baleseteket vagy nagy anyagi kárt képes okozni.

13.1. Az áram hatása az emberi szervezetre

A modern orvostudomány vizsgálatai szerint az emberi szervezeten – külső áramforrás hatására – átfolyó áram, helyesebben: villamos töltés az izmok összehúzódását, az idegpontok, idegpályák zavarát vagy bénulását, égési sérüléseket, csonttörést, inak és izmok szakadását stb. okozhatja. A károsító hatás az áramimpulzus, azaz az áthaladó töltés nagyságától függ, de még számtalan tényező befolyásolja: áramnem, frekvencia, az áram útja a testen át, az áramkörbe kapcsolódás helyén az érintkező felület, az érintkezési nyomás, nem, kor stb. Nagyobb áramimpulzus, pl. az izmok olyan görcsös összehúzódását okozhatja, amely fájdalomérzettel vagy izomgörcssel is jár.

Az áramütéses balesetek súlyosságát a testen áthaladó áram erőssége nagymértékben befolyásolja: az emberi szervezeten átfolyó kb. 1 mA erősségű, 50-60 Hz frekvenciájú váltakozó áramot (egyenáram esetén: 5-6 mA) az emberek nagy része még nem is érzékeli (érzetcüsöb). Az áramerősség növekedésével először kellemetlen bizzsergő érzés jelentkezik, majd fájdalmas izomgörcs alakul ki. Ez az izomgörcs olyan erősségű lehet, hogy a vezetéket akaratlagosan már képtelen elengedni a balesetet szennyezett személy, az ilyen hatást kiváltó áramerősséget elengedési áramerősségnek nevezzük. Ennek az értéke 15 mA (50-60 Hz) illetve 70-80 mA (egyenáram) körül van. Ilyen áramerősség esetében a sérült már nem tud egyedül kiszabadulni az áramkörből. Amennyiben az áramerősség 30-40 mA (egyenáram esetében: 110-140 mA) már eszméletvesztést, a légzőizmok görcsét, esetleg szívbénulást és végső esetben halált is okozhat. Nagyobb áramerősségnél (80 mA-3A, egyenáram esetén: 300 mA – 3A) a másodperc törtrésze alatt szívbénulást, szívkarvaremegést okozhat. Az ilyen vagy ennél nagyobb áramerősség elsősorban olyan súlyos égési sérüléseket okozhat, amely rendszerint halálos kimenetű. Minél magasabb az áramerősség annál rövidebb ideig képes azt a szervezet elviselni: 20 mA értékű áramerősség 15s-os behatási idővel válik életveszélyessé, még a 100 mA-es áramérték 0,1-0,3s-os behatási idővel már halálos lehet. Az áramnem és a frekvencia nagyban befolyásolja a között áramerősség értékek hatásait, mivel pl. 5000 Hz-es váltakozó áram esetén az elengedési áram a 3-szorosára nő, míg 100 000 Hz feletti nagyfrekvenciás áram már nem vált ki izom- és idegingert, csupán hőhatást. A frekvencia növekedtével a „szkin hatás” miatt az áram a test felületére szorul ki, és ott égési sérüléseket okozhat. Egyenáramú baleseteknél az áram vegyi- (bontó-) hatása a legveszélyesebb, de a hő- és az izmokra gyakorolt hatás is egyszerre jelentkezik. Viszont a váltakozó áramnál (pl. 50 Hz), az izmokra gyakorolt hatása dominál!

Az áram útját a szervezeten keresztül az áram be- és kilépési helye szabja meg. Nagyobb a veszélyeztetés, ha az áram életfontosságú szerveken keresztül (pl. szív, agy) halad át, mintha pl. csak az egyetlen végtagon. A legveszélyesebb a fej és a bal láb között áthaladó áramút. Az emberi test ellenállása sokban függ az egyéb tényezők (nedvesség, be- és kilépési pont stb.) hatásától, de a feszültséggel fordítottan arányos. Az emberi bőrréteg csak addig véd meg az áramütéstől, amíg az áramütést okozó feszültség át nem üti a felhámréteget, ekkor az emberi test ellenállása néhány száz ohmra csökken.

13.2. Elsősegélynyújtás

A villamos balesetek legnagyobb része csak akkor válik végzetessé, ha a balesetek nem nyújtanak azonnal a helyszínen szakszerű elsősegélyt. Az „azonnal” itt legkésőbb 4 percen belüli segítségnyújtást jelent.

A segélynyújtás legfontosabb szabályai:

- A balesetet ki kell szabadítani az áramkörből! (műszaki mentés).
- Meg kell állapítani, hogy az áramütés milyen következményekkel járt! (diagnózis)
- Azonnal meg kell kezdeni – a megállapított körélettani hatásnak megfelelő – elsősegélynyújtást!
- Egyidejűleg értesíteni kell a mentőket vagy az azonnal elérhető orvost, szükség szerint az áramszolgáltatót és esetleg – a műszaki mentés érdekében – a tűzoltókat is!

A balesetes bármennyire is panaszmentes, minden esetben orvosi felügyelet alá kell helyezni, aki dönt a szükséges teendőkről.

13.3. Áramütés elleni védekező intézkedések – Érintésvédelem

13.3.1. Néhány fogalom meghatározás

- **Föld:** A talaj vagy a talajjal jól érintkező minden vezető anyag.
- **Földelés:** A testnek vagy valamelyen vezető résznek a tudatos összekötése a föddel.
- **Földelő feszültség:** Az a feszültség, amely a földelőn átfolyó áram hatására a földelő és nullpotenciál hely között fellép.
- **Földzárat:** Üzem szerűen feszültség alatt álló vezetőnek a föddel való olyan záródása, amely rendellenesség következtében keletkezik.
- **Érintési feszültség:** A hibafeszültségnek (vagy a földelő feszültségnek) az a része, amelyet megérintéskor az ember testével áthidalhat.
- **Üzemi födelés:** Az energiaszolgáltató vezetékrendszer valamely pontjának összekötése a föddel.
- **Védővezető:** A földet és a készüléket összekötő vezető, amely az alapvető érintésvédelmet biztosítja.
 - **Vezeték színjelölés:** A villamos vezetékek rendeltetését jelző színezés.
 - (a) 1-fázisú rendszernél: Szigetelt vezetékeknél a fázisvezető érszigetelése fekete, a nullavezetőé világoskék, a védővezetőé pedig zöld-sárga színkombináció. Kábeleknél az erek szigetelésének színe általában ezzel megegyező.
 - (b) 3-fázisú rendszernél: A szigeteletlen vezetékeket fázisszínekkel (R fázis - zöld, S fázis - sárga, T fázis - piros) jelölik. Kábeleknél az erek szigetelésének színe általában ezzel megegyező. Szigetelt vezetékeknél a -fázisvezetők érszigetelése fekete, az üzemi áramot vezető nullavezetőé világoskék, a nullázó- (-védő-) vezetőé pedig zöld-sárga színkombináció, esetleg piros.

13.3.2. Érintésvédelem

A villamos berendezések létesítésére vonatkozó biztonsági követelmények, előírások maradéktalan alkalmazása és megtartása a berendezések használati biztonságát – ezen belül természetesen az életbiztonságot is – szolgálják.

Az érintésvédelem azoknak a műszaki intézkedéseknek és védelmi módszereknek az összessége, amelyek alkalmazásával a villamos gépek, készülékek és berendezések üzem szerűen feszültség alatt álló, de valamely meghibásodás (általában szigetelési hiba, „testzárat”) folytán esetleg feszültség alá kerülő fém vagy egyéb villamosan vezető anyagú részének az ember által történő érintéséből származó veszélyek elháríthatók.

13.3.2.1. Érintésvédelmi osztályok

A villamos gyártmányokat érintésvédelmi osztályba sorolják, amely meghatározza, hogy az adott készülék érintésvédelmét milyen érintésvédelmi módokkal lehet megvalósítani. A készülék vagy berendezés csatlakozóit ennek megfelelően alakítják ki.

PL. Úgy, hogy egy törpefeszültséggel működő villamos kéziszerszámot ne tudunk a hálózatra csatlakoztatni.

- **0. Érintésvédelmi osztály:** a védelem az üzemi szigetelésre hárul, nincs védővezető. Az érintésvédelmet a felhasználónak kell kialakítania pl. elkerítéssel, burkolással stb.
- **I. Érintésvédelmi osztály:** a gyártmány el van látva védővezető-csatlakoztatási lehetőséggel, amelyet össze kell kötni az érintésvédelmi rendszerrel.

- **II .Érintésvédelmi osztály:** a készüléknek az üzemi szigetelésen kívül még egy ún. kettős vagy megerősített szigetelése van.
- **III. Érintésvédelmi osztályú** az a gyártmány, amelyet törpefeszültségű tápláláshoz készítették.

Az érintésvédelmi osztályok jelöléseit a villamos berendezéseken feltüntetik.

Osztály	Jelölés
0. érintésvédelmi osztály	nincs jelölve
I. érintésvédelmi osztály	
II. érintésvédelmi osztály	
III. érintésvédelmi osztály	

13.3.1. Táblázat Az érintésvédelmi osztályok jelölései

13.3.2.2. Az érintésvédelem módjai

II. Védővezető nélküli érintésvédelmi módok:

- Érintésvédelmi törpefeszültség
- A villamos szerkezet elszigetelése (kettős szigetelés alkalmazása)
- A környezet elszigetelése
- Védőelválasztás (elválasztó transzformátor)
- Földelőtlen egyenpotenciálra hozás
- Korlátozott zárlati teljesítményű áramkörök alkalmazása

III. Védővezetős érintésvédelmi módok:

- Védőföldelés alkalmazása
- Olvasdóbiztosítékok és kismegszakítók
- Áramvédő-kapcsoló
- Helyi egyenpotenciálra hozó összekötés

Passzív védelem:

- **Elkerítés** Nem akadályozza meg, hogy üzemszerűen feszültségmentes részek a környezethez képest veszélyes feszültség alá kerüljenek, de ezek véletlen érintése ellen védelmet nyújt úgy, hogy a védendő (helyhez kötött) berendezést kerítéssel, korláttal stb. veszik körül.
- **Védőelválasztás** Alkalmazásakor minden egyes fogyasztó készüléket külön biztonsági transzformátorral előállított, földelőtlen feszültséggel táplálnak. (A biztonsági elválasztó transzformátor két, egymástól elszigetelt primer és szekunder tekercsének feszültsége azonos, de a szekunder tekercs egyik kivezetése sincs leföldelve. Így a szekunder bármely pontjának és a földnek egyidejű érintése nem okoz áramütést). Az elszigetelés a meghibásodott készülék testének megérintése esetén kialakuló áram erősségeit a veszélyes érték alá korlátozza az által, hogy az áramkörbe az emberi test ellenállásával sorba kapcsolva nagy ellenállást (szigetelést) iktat be.
- **Kettős szigetelés** Egyik módja a készülék testének a kezelőtől való elszigetelése. A megkettőzött szigetelés az üzemi szigetelés meghibásodása esetén védelmet nyújt az áramütés ellen. A kettősszigetelésű berendezést nem szabad leföldelni.

13.4. Védőföldelés alkalmazása

Az érintésvédelemben fontos szerepe van a különféle földeléseknek. Egy jó földeléstől általában megkívánjuk, hogy földelési ellenállása kis értékű legyen. A földelési ellenállás több részből tevődik össze: a földelővezető és földelő saját fémes ellenállásából; a földelő és a környező talaj közötti átmeneti ellenállásból; a földelő szétterjedési ellenállásából. Ha egy adott helyen és esetben egy földelővel nem lehet elérni a szükséges kis földelési ellenállás értékét, akkor több földelőt telepítenek, és ezek összekötésével ún. földelő-hálózatokat alakítanak ki.

A védőföldelésnél alkalmazott védővezetők azok a vezetők, amelyek a védővezetős érintésvédelmi módok működéséhez szükséges áramot vezetik. E megfogalmazásból következik, hogy általában nem vezetnek áramot, feladatuk akkor kezdődik, ha hiba (testzárlat) miatt az érintésvédelmi berendezésnek működésbe kell lépnie. Ekkor viszont a védelem hatássága a védővezető folytonosságán, kifogástalan állapotán múlik.

Az új érintésvédelmi szabvány szerint minden villamos berendezésben ki kell építeni a védővezető rendszert.

Fontos megemlíteni, hogy a védővezetős rendszerek elmaradhatatlan tartozéka a biztosítórendszer, amely akkor old ki, ha testzárlat esetén nagy zárlati áram folyik a védővezetőn. (Ilyenkor leválasztódik a készülék az elektromos hálózatról.)

Ne feledjük azért azt sem megemlíteni, hogy a jó földelés még az antennák vihar alatti leföldeléséhez is szükséges.

13.5. Biztosítók alkalmazása – Túláramvédelem

A berendezéseket nem csak érintésvédelmi okokból látják el túláramvédelemmel, hanem saját áramköreinek a védelme céljából is. A túláramvédelem (biztosító) leold, ha bármely okból (pl. egy alkatrész meghibásodása miatt) a megengedettől nagyobb tárásáram folyik, és ezzel megvédi a túláram miatt veszélyeztetett többi alkatrészt, áramkört. Az készüléken belüli túláramvédelemre az aktív áramvédelemnél már említett kismegszakítók is alkalmazhatók, de gyakoribb az *olvadó biztosítók* használata. Az ún. Wichmann-biztosító egy, a két végén fémkupakkal lezárt üveg (vagy kerámia) csőben elhelyezett ólomhuzal darab. A biztosítékot a védendő áramkörrel sorba kapcsolják. Az ólomhuzal átmérőjét úgy választják meg, hogy ha a biztosítékon a megadott áramerősséggel folyik keresztül, a huzal felizzik és elolvad, ezzel a vele soros áramkört is megszakítva. A biztosíték kialakításától függően lehet nagyon gyors (FF), gyors (F), normál (N), vagy lassú (T) kiolvadású. Ugyanakkora túláram esetén a gyors biztosító rövidebb idő alatt olvad ki, mint a lassú. (Lassú kiolvadású biztosítót pl. olyan berendezéseknek használnak, amelyek bekapsoláskor rövid ideig nagy áramot vesznek fel, majd áramfelvételük lényegesen csökken.)

Ha egy olvadó biztosító cserére szorul, először a teljes készüléket feszültségmentesíteni kell, ez után kerülhet sor a hibás biztosító megkeresésére, és azonos típusúval (és értékűvel való kicserélésére, majd a készülék feszültség alá helyezésére.

13.6. Telepes táplálás

Mobil üzennél vagy hálózat kimagaslat esetén berendezésünket akkumulátorról üzemeltetjük. Több cella sorba kapcsolásával kapjuk a 6 - 24 volt közé eső feszültséget. Ilyen értéken az áramütés veszélye nem áll fent, mint inkább az esetleges rövidzárlat esetén (kis belső ellenállás miatt) fellépő relatív nagy áramok okozta elektromos ív, melegedés, szélsőséges esetben tűz keletkezése. Az elhasznált akkumulátorok környezetére káros anyagokat tartalmaznak, megfelelő ártalmatlanításukról gondoskodni kell!

13.7. Hálózati táplálás

Amennyiben elektronikus készülékeinket a kisfeszültségű (230 V-os) hálózatról kívánjuk üzemeltetni, abban az esetben általában hálózati tápegységet alkalmazunk. A hálózati tápegység legkritikusabb alkatrésze a transzformátor, amely két részre osztható: primer és szekunder oldalra. Fontos, hogy a primer és a szekunder tekercsek között jó legyen a szigetelés, például: osztott csévés kivitelű legyen. A vasmagtól jól el legyenek szigetelve. A hálózati kábel bevezetésénél fontos, a törésmentesség biztosítása. A primer oldali rész megfelelő szigeteléssel rendelkezzen, és a primer körben is használunk biztosítót!

13.8. Feltöltött kondenzátor hatása

A villamos feszültség hatására létrejövő feltöltődés következtében a kondenzátorban villamos energia halmozódik fel. Ezért amennyiben a kondenzátorra kapcsolt villamos feszültség megszűnik a kondenzátor kapcsain továbbra is mérhető feszültség. Az előbbiekkel következően: egy feszültségmentesített berendezés is okozhat áramütést! A gyakorlatban nem csak a kondenzátorok rendelkeznek a fenti tulajdonsággal, hanem a hosszú kábelek, koaxiális fémhengerek, távvezetékek is bizonyos szempontból kondenzátorként viselkednek.

Némely kondenzátortípusnál megfigyelhető a villamos utóhatás jelensége: ha egy szilárd szigetelőanyaggal szigetelt kondenzátort „feltöltünk”, majd a töltő áramforrásról leválasztjuk, a fegyverzetek között feszültség mérhető. Amennyiben ilyenkor a fegyverzeteket összezártuk (kisütjük a kondenzátort), feszültség nem mérhető rajtuk, de kis idő múlva (a rövidzár megszüntetése után) ismét feszültség jelentkezik rajtuk (nem sül ki teljesen)!

Az elektrotechnikai gyakorlatban – különösen nagyfeszültségű, nagy kapacitású kábeleknél, gyakran előfordul, hogy a feszültségmentesítés után – a rövidre zárást megszüntetve – ismét feszültség mérhető rajtuk!

Áramütéses balesetet okozhat:

- A feltöltött fázisjavító kondenzátor (motor, fénycsövek)
- Nagyobb hosszúságú kábeleken felhalmozódott töltés
- Elektrosztatikus feltöltődés (ami emberi szervezeten keresztül sül ki)

13.9. A nagyfeszültségű berendezések érintésvédelme

Az érintésvédelem célja természetesen a nagyfeszültségű (1000 V-nál nagyobb feszültségű) berendezések esetén is az, hogy megakadályozza azokat az áramütéses baleseteket, amelyek a berendezés üzemszíren feszültség alatt álló részeinek érintéséből ill. hiba esetén akár testzárat következhet.

A nagyfeszültségű berendezések érintésvédelme különbözik a kisfeszültségű berendezésekétől, mivel kisfeszültségű berendezések esetén gyakorlatilag csak úgy következhet be áramütés, hogy a feszültség alatt álló részt megérintjük, nagyfeszültségen úgy is bekövetkezhet az áramütés, hogy a feszültség alatt álló részt nem érintjük meg közvetlenül, csupán megközelítjük.

A nagyfeszültségű berendezések érintésvédelmi követelményei megkívánják a megfelelő szigetelések alkalmazását, esetleg elkerítést, elszigetelést, megfelelő burkolat alkalmazását.

13.10. Az elektromágneses tér egészségügyi hatása

Az elektromos rendszerek környezetfizikai jelentősége akkor nagy, ha az elektromos és a mágneses terek nem lokalizáltak az eszközökben, és az emberi testbe be tudnak hatolni. Ekkor energiát adhatnak le, melegíthetik a sejteket, vagy csak a szervezet elektromos impulzusait zavarják meg. Tudjuk, hogy az agyi hullámok és a szívuműködés is elektromágneses aktivitáshoz kapcsolódik. Mikor van arra esély, hogy a berendezésen kívül elektromágneses tér jelenjen meg? Az elektromágneses sugárzások alkalmával feltétlenül, de a változó elektromos tereket alkalmazó eszközök közvetlen környezetében sugárzás nélkül is tapasztalható (változó) elektromos tér, az árnyékolások ellenére is. A távvezetékek környékén ismert módon nagy az elektromágneses tér, de sugárzása kicsi. Elektromágneses sugárzást kibocsátó objektumok a rádióadók és napjainkban a mobiltelefonok, azok átájtászó adói. Számos háztartási eszközben van a hálózati 50 Hz frekvenciájú változó tér, még sokszor a magasabb frekvenciájú tereket maga az eszköz állítja elő. Ilyenek a hajszáritó, a borotva, a mikrohullámú sütő, stb. A bennük kialakuló erős áram mágneses hatása, vagy a bennük levő elektromágnes tere messze a készüléken túlra is kiterjed, gyakran kis sugárzó antennákként foghatjuk őket fel. Ezen elektromágneses terek emberre gyakorolt hatása egyelőre nem nagyon tisztázott, legtöbbször a kutatás tárgyát képezi. Nem világos, hogy van-e az emberre veszélyes hatása, de ennek lehetőségét lehet „elektroszmog”-nak nevezni.

13.11. Villámcsapás, és a védekezés fajtái

Zivatarkor a különböző légrétegek erős villamos töltést nyernek, és e töltések villámcsapás útján sülnek ki. A kisülés létrejöhet két légréteg, vagy egy légrétek és a föld felszínén lévő tárgy között. A villámcapáskor fellépő áramerősség több ezer Amper.

A nagy áramú villámot sokszor kisebb kisülés előzi meg, amely ionizálja a levegőt, így mintegy előkészíti a következő, nagy áramú villám útját. A villám a legkisebb ellenállású áramutat keresi, és (megfelelő magasságban telepített villámhárító híján) főként magas épületekbe, fába vagy antennába csap bele.

Így az amatőr rádióantennák is erősen veszélyeztettek. A levezető kábelen keresztül a villám a lakótérbe is eljuthat, és ott komoly károkat okozhat. A közelben lecsapó villám az épület belsejében található (különösen az antenna levezető kábellel párhuzamos) vezetőkben (akár hálózati vagy távbeszélő vezetékben) is nagy feszültséget indukálhat, amely a hozzá csatlakoztatott berendezéseket tükközheti.

Az esetleges villámcapás okozta károk elkerülése illetve csökkentése céljából villámvédelmi rendszert (földelést) kell kialakítani. Az antennaárboc minden legyen leföldelve. Megjegyzendő, hogy a villámvédelmi hálózat földelését nem szabad érintésvédelmi földelésre felhasználni.

Zivatar közeledésekor a rádió összeköttetést haladéktalanul be kell fejezni, és antennát le kell földelni. Az antenna levezető kábelét távolítsuk el a rádiókészülékből.

A közelben lecsapó villám által az épületben lévő vezetékekben indukált (illetve kapacitív úton keletkezett) feszültség káros hatásainak elkerülésére berendezéseinket célszerű a villamos hálózatról (távbeszélő hálózatról) is leválasztani. Ez a „másodlagos” villámvédelem.

Ha olyan antennánk van, amelynél a levezető kábel árnyékolása nem a földhöz (hanem pl. a dipólantenna egyik vezetékéhez, vagy GP antenna ellensúlyához) csatlakozik, a kábel belső erét és az árnyékolást kössük össze, és így földeljük le.

Ha a közelben (pl. az antennaárbocba) villám csap le, annak földelt talppontjában a rendkívül nagy áram hatására akkor is magas feszültség alakul ki, ha jó (kis ellenállású) földelése van. Ilyenkor ez a feszültség a földben az antennától távolodva rohamosan csökken. Ha ekkor közelítjük meg, vagy távolodunk az árboc-tól, egyetlen lépésünkkel akár életveszélyes feszültségkülönbségű távolságot hidálhatunk át a földön (lépésfeszültség), és áramütést szenvedhetünk.

14. fejezet

Forgalmi ismeretek

14.1. Forgalmazásnál használt betűk, rövidítések és szavak

14.1.1. Betűzési ábécé (HAREC előírás)

ABC	ICAO	AF	Magyar
A	Alfa	ei	Aladár, Antal
B	Bravo	bi	Béla
C	Charlie	szi	Cecil
D	Delta	di	Dénes
E	Echo	i	Elemér
F	Foxtrot	ef	Ferenc
G	Golf	dzsi	Géza
H	Hotel	ejcs	Helén
I	India	áj	Ilona
J	Juliet	dzsej	János
K	Kilo	kej	Károly
L	Lima	el	László
M	Mike	em	Mátyás, Mihály
N	November	en	Nelli
O	Oscar	ou	Olga
P	Papa	pi	Péter
Q	Quebec	kju	Kuelle
R	Romeo	á	Róbert
S	Sierra	esz	Sándor
T	Tango	ti	Tamás
U	Uniform	ju	Ubul
V	Victor	vi	Viktor
W	Whiskey	dábju	dupla-Vilmos
X	X-ray	eksz	Ikszes
Y	Yankee	váj	ipszilon
Z	Zulu	zed	Zoltán

14.1.2. Q-kódok

Kód	Kérdésben	Válaszban
QRK	Milyen a jeleim olvashatósága?	Jeleinek olvashatósága ... fokozatú.
QRM	Idegen adó zavarja?	Idegen adó zavar.
QRN	Léggöri problémái vannak? (Zavar)	Léggöri problémáim vannak. (Zavar)
QRO	Növeljem a teljesítményemet?	Növelje a teljesítményét!
QRP	Csökkentsem a teljesítményem?	Csökkentse a teljesítményét!
QRS	Lassabban adják?	Adj on lassabban!
QRT	Szüntessem be az adást?	Szüntesse be az adást!
QRV	Vételkész?	Vételkész vagyok!
QRX	Várjak?	Várjon
QRZ	Ki hív engem?	Önt ... hívja.
QSB	Halkulnak a jeleim?	Jelei halkulnak (fading).
QSL	Tud adni vételi nyugtázást?	Adok önnel vételi nyugtázást.
QSO	Tud forgalmazni ...-val?	Közvetlenül tudok forgalmazni ...-val.
QSY	Váltsak másik frekvenciára?	Váltson másik frekvenciára!
QTH	Mi a telepítési helye?	A telepítési helyem...
QTC	-	Közleményem van az Ön számára.
QTR	Pontos idő?	Pontos idő ...
QRG	Az állomása pontos frekvenciája?	Az állomásom pontos frekvenciája...
QRL	El van foglalva?	El vagyok foglalva.
QSZ	Adjak minden szót kétszer?	Adj on minden szót kétszer!
QTA	-	Közleményem érvénytelen.
QSD	-	Billentyűzése hibás!

14.1.3. Forgalmazási rövidítések (HAREC előírás)

AR	adás vége	PSE	kérem
BK	folyamatban lévő adás megszakítása	RST	olvashatóság,jelerösség,hangszín (RST)
CQ	minden állomásnak szóló általános hívás	R	vétel megtörtént (Roger)
CW	folyamatos hullám(ú)	RX	vevő
DE	-tól; a hívott és hívő hívójelének elválasztása	TX	adó
K	felszólítás adásra	UR	az Ön... (birtokviszony)
MSG	Üzenet	VA	munka vége

14.1.4. Egyéb forgalmazási rövidítések

ABT	Körülbelül	NR	szám
AC	Váltakozóáram	NW	most
ADR	Cím	OB	öregfiú, öregem
AER	Antenna	OC	kedves barátom
AGN	Újra	OK	rendben van
AM	Délelőtt	OM	kedves barátom
AS	Várni	OP	állomáskezelő
BCI	rádióvételi zavar	OT	régóta engedélyes
BD	Rossz	PA	teljesítményerősítő adó végfokozata
BFO	lebegtető oszcillátor	PART	részben
BU	puffer üzem, elválasztó fokozat	PM	délután
BUG	fél-automatikus távíró billentyű	PP	ellenütemű végfokozat
C	Igen	PWR	teljesítmény, energia
CFM	Igazolom	QSLL	küldjünk egymásnak QSL lapot
CL	üzenetemet beszüntetem	QSLN	ne küldjünk QSL lapot
CLG	Hívó	RCVR	vevőkészülék
COND S	terjedési viszonyok	RIG	állomásfelszerelés
CONDX	távolsági összeköttetés lehetőségei	RPT	tudósítás
CONGRAT S	Szerencsekívánatok	RPT	kérém ismételje!, ismétlem
CRD	Levelezőlap	RTTY	rádió-távgépíró
CUAGN	Viszontlátásra	SIG	jel
DC	Egyenáram	SK	adás vége
DR	kedves (megszólításban)	SKED	megbeszélt adás, kísérleti adás
DX	nagytávolságú összeköttetés	SRI	sajnos, sajnálom
ES	És	SSB	egyoldalsávos üzem
EX	korábban, korábbi	STN	állomás
FB	remek, nagyszerű	SWL	megfigyelő
FER	-nak, -nek, számára, miatt, -ért	SWR	állóhullámarány
FM	-tól, -től	TKS	köszönöm
FM	frekvenciamoduláció	TNX	köszönet
FONE	távbeszélőüzem	TRUB	zavarás
FREQ	frekvencia	TU	köszönöm Önnek
GB	viszontlátásra	UFB	kiváló
GD	jó napot!	UHF	mikrohullám
GE	jó estét!	UNLIS	nem engedélyezett állomás
GLD	örülök, örülni	UTC	pontos idő (GMT helyett)
GM	jó reggelt!	U	Ön, Önnek, Önt

GN	jó éjszakát!	VFO	folyamatosan hangolható vezéroszcillátor
GUD	jó, sok	VHF	URH
HAM	rádióamatőr	VY	sok, nagyon
HF	nagyfrekvenciás	WAC	valamennyi földrész amatőreivel folytatott rádióforgalom
HI	nevetni, örööm (csak távírón)	WID	-val, -vel
HPE	Remélem	WKD	dolgozott
HR	itt	WPM	szó/perc
HRD	hallott	WX	időjárás
HW	hogy hall engem?	XCUS	bocsánat
IF	Középfrekvencia	XMAS	karácsony
INPT	végfokozat bemenő-teljesitménye	XYL	feleség
KHZ	Kilohertz	YL	kisasszony
KW	kilowatt	55	sok sikert! (Csak német nyelvű forgalomban!)
KY	Távíróbillentyű	73	üdvözlöm!, minden jót!
LIS	hatóságilag engedélyezett állomás	88	ölelés és csók!
LTR	Levél		
MEZ	közép-európai idő		
MHZ	megahertz		
MIKE	mikrofon		
MNI	Sok		
MOD	Moduláció		
NBFM	keskenysávú frekvenciamoduláció		
NITE	Éjszaka		

14.1.5. Egyéb, forgalmazásnál használt angol szavak

ALL	Minden	MOST	legtöbb, többnyire
BEAM	irányított antenna	MY	enyém
BEST	legjobb	NO	nem, tagadás
BY	-tól, -től, által	NAME	név
CALL	hívás	NEAR	közel
CHEERIO	szervusz, búcsúzás	NIL	nulla, semmi
CONTEST	verseny	ONLY	csak
DATE	Dátum	SOLID	kifogástalan
I	Én	SUNNY	napos
IN	-ba, -be, -ban, -ben	TEST	kísérlet
IS	Van	TONE	hangszín
KEY	távíróbillentyű	TUBE	elektroncső
LOG	forgalmi napló	VIA	át, keresztül
LUCK	szerencse		

14.2. Rádióamatőr összeköttetések alapvető szabályai

14.2.1. Rádióamatőr összeköttetések fajtái

A rádióamatőr összeköttetéseknek három típusát különböztetjük meg csatornahasználat szempontjából: szimplex, fél-duplex és duplex összeköttetések.

- Szimplex összeköttetés: minden két állomás (a kommunikációban) ugyan azt a frekvenciát használja adásra és vételre is (egy időben csak az egyik ad).
- Fél-duplex összeköttetés: a két állomás (a kommunikációban) két frekvenciát használ adásra és vételre, de egy időben csak az egyik ad.
- Duplex összeköttetés: a két állomás (a kommunikációban) két frekvenciát használ adásra és vételre, egy időben mindenki adhat a saját frekvenciáján.

Az összeköttetések fajtája szerint megkülönböztetünk analóg és digitális kommunikációt. Az analóg kommunikációra a legjellemzőbb az emberi beszéd átvitеле, a digitálisra pl.: RTTY, pakett stb.

Különböző üzemmódokban létesíthet két rádióamatőr állomás összeköttetést egymással: FM, AM, SSB, CW stb. De csak azokban az üzemmódokban, amelyekre engedélye van, illetve amire az adott sávon és frekvencián lehetőség van.

14.2.2. Rádióamatőr összeköttetések tartalma

A rádióamatőr csak más rádióamatőr állomásokkal bonyolíthat le forgalmat. Kivétel a szükség és vész helyzet, amikor a rádióamatőr a segítségnyújtással kapcsolatos információkat köteles harmadik fél számára továbbítani. Fontos, hogy a rádióamatőrök egymás közötti beszélgetéseit közérthető nyelven kell lefolytatni. A forgalmazás során a rádióamatőrök a rádióamatőr tevékenységükkel kapcsolatos témákat, kísérleteket és a továbbképzésüket szolgáló tárgyköröket beszélhetik meg.

A rádióamatőr állomásról történő forgalmazás során nem megengedett:

- a) ipari, gazdasági, kereskedelmi jellegű adatok és tájékoztatások közlése;
- b) a nem amatőrszolgálat célját szolgáló elektronikus hírközlő hálózat igénybevételének helyettesítése;
- c) műsor sugárzása (zene stb);
- d) hamis, vagy megtévesztő jelek adása;
- e) információrejtő módszer alkalmazása;
- f) azonosítás nélküli jelek adása;
- g) moduláció nélküli vivőfrekvencia 2 percen túli sugárzása, kivéve a rádióamatőr jeladó állomás esetét;

14.2.3. Szimplex forgalmazás (beszéd)

Ebben az esetben olyan analóg, azaz beszédalapú forgalmazást végez két rádióamatőr állomás, ahol felváltva beszélnek (adnak) egy frekvencián.

A rádióamatőr minden összeköttetés kezdetekor és befejezéskor, a forgalmazás során legalább három adás-vételi periódus után, illetve a kísérletek során legalább 10 percenként, továbbá másik rádióamatőr vagy a hatóság felkérésére, köteles a hívójelét közölni.

Csak akkora teljesítményt szabad használni, amekkora szükséges ahhoz, hogy az összeköttetés érthető formában fennmaradjon a két állomás között.

Nem szabad túlságosan hosszú periódusokat tartani, hogy más amatőrok is lehetőséget kapjanak a frekvencia használatára. Periódusok között érdemes kis szünetet tartani. Nem szabad úgy forgalmazni, hogy más azonos frekvencián dolgozó rádióamatőröket zavarunk adásunkkal ill. az ő adásukat értelmezhetetlenné tegyük.

Minden összeköttetés előtt célszerű meggyőződni arról, hogy használja-e más az adott frekvenciát. „Szabad-e a frekvencia?”

Rádióamatörökönél alapszabály az, hogy mindenig elsőbbsége van annak, aki az adott frekvenciát már használja – kivéve vész helyzet esetén. Tehát amennyiben mondandónk ráér, akkor várjuk meg míg a forgalmazó állomások befejezik az összeköttetést. De a frekvenciát kisajtítani sem szabad, minden amatörnek joga van azt használni.

14.2.4. Átjátszók használata (fél-duplex)

Ebben az esetben olyan analóg, azaz beszédalapú forgalmazást végez két rádióamatőr állomás, ahol felváltva beszélnek (adnak) egy átjátszón. Az átjátszók adási és vételi frekvenciája általában nem egyezik meg, így amikor adásra kapcsol a rádióamatőr állomás akkor a rádiója más frekvencián ad, mint amikor veszi az átjátszó jeleit. Ezt az eltért nevezik shift-nek.

A shift különböző sávokon más és más lehet: 2m-en (145 MHz) általában ~600 kHz-et használnak, ami azt jelenti, hogy az adási frekvencia 600 kHz-el alacsonyabban van, mint a vételi. Ez 70 cm-en (Magyarországon) 7600 kHz (esetlegesen még találhatók 1600 kHz-en működők is).

Például (R0-as 2m-es átjátszó):

Csatorna	Név	Felmenő	Lejövő	Hívójel	Hely (QTH)
RV48	R0	145,000	145,600	HG5RVB	Sváb-hegy (Budapest)

Átjátszók használatára vonatkozhatnak helyi szabályok, de ami a legfontosabb, hogy átjátszókon nem szabad hosszú idejű összeköttetéseket lebonyolítani (egy adási periódus sem lehet hosszú, de maga a teljes összeköttetés sem). A periódusok között 1-2 másodperc szünetet kell tartani, és nem szabad „általános hívást” kezdeményezni. Pager (DTMF) hívás esetén is kötelező bemondani szóban a két állomás hívójelét. Beszédalapú (FM) átjátszón csak beszédalapú forgalmazás a megengedett (digitális pl. pakett nem).

14.2.5. Vételjellemzés

A rádióamatőr összeköttetésnél kötelező vételjellemzést más szóval „ripotot” adni az ellenállomásnak, minősítéink kell a vételi jellemzőket. Az amatőr rádiózásnál táviró-üzemmódban háromjegyű számmal, az ún. RST skálával, fónia üzemmódokban (FM, SSB) az RS skálával, átjátszón történő forgalmazásban R skálával minősítjük az adás minőségét.

R	CW	SSB,FM
1	Olvashatatlan	Értelmezhetetlen
2	alig hallható, egyes szavak megkülönböztethetők	alig értelmezhető, szófoszlányok kivehetők
3	nehezen olvasható	nehezen értelmezhető (de az információ nagyrésze érthető)
4	könnyen olvasható	minden szó érthető, (FM-en zajos)
5	kifogástalanul olvasható	tökéletesen értelmezhető, (FM-en zajmentes)

14.2-1. ábra. R skála (olvashatóság) értékek

Az S skála értékei, a vételi jel erősségre vonatkoznak, amelyet a vevőkészülék „S mérő”-jéről leolvashatunk. A táviró üzemmódban használt T-skála a táviró hangminőségre vonatkozik: értéke 1-9 lehet, ahol az 1: rendkívül szüretlen hangra, a 9: tiszta egyenáramú hangra utal.

14.3. Forgalmazás gyakorlata

14.3.1. Forgalmazás fónia üzemmódban

Legelső teendőnk – nyilvánvalóan – bekapcsolni a készüléket.

Miután a készüléket üzembe helyeztük, kétféle módon létesíthetünk összeköttetést:

1. Mi adunk az adókészülékünkkel általános hívást (CQ-t) és várjuk a választ;
2. Vevőkészülékünkkel keresünk egy általános hívást adó (CQ-zó) állomást, és válaszolunk neki.

14.3.1.1. Általános hívás adása

Általános hívás előtt meg kell arról győződni, hogy szabad-e a frekvencia: „Szabad a frekvencia? Itt a HA5KDR. Vétel.” (Is this frequency in use? Here is HA5KDR. Over.)

Általános hívás minden állomás részére:

Általános hívás 2 méteren itt a HA5KDR állomás, minden hívó állomás vételén.

CQ, CQ calling CQ two meters band, this is HA5KDR. HA5KDR is standing by for any call. Over.

Általános DX hívás:

Általános DX hívás 2 méteren itt a HA5KDR állomás, minden DX állomás vételén.

CQ, CQ calling CQ DX on two meters band, this is HA5KDR. HA5KDR is standing by for any DX call. Over.

Visszakérdezés:

Ki hívott engem? Itt a HA5KDR. Vétel.

QRZ, QRZ. This is HA5KDR. Over.

QRZ, QRZ DX állomás. Itt a HA5KDR. Kérem ismételje meg a hívást.

QRZ, QRZ DX station. Here is HA5KDR. Please repeat your call again. Over.

14.3.1.2. Találkozás

Az első teendőnk a köszönés, ahol napszaknak megfelelően köszöntjük az ellenállomást, pl.: Jó reggelt kívánok kedves barátom. (Good morning, my friend).

Meg kell köszönni a hívást: Köszönök a hívást. (Thanks for your call). Általános hívás esetén: nagyon köszönöm, hogy válaszoltál általános hívásomra. (Thank you very much for replying my CQ call.)

Amennyiben még nem volt vele összeköttetésünk, akkor ezt is megemlíthetjük: Nagyon örülök az első összeköttetésünknek. (I am very pleased to have this our first QSO).

Amennyiben már volt régebben összeköttetettsünk vele, akkor ezt is megemlíthetjük: Nagyon örülök az ismételt találkozásnak, kedves barátom. (It is very nice to meet you again, my friend.)

14.3.1.3. Riportadás

Az Ön riportja itt 5 és 9. A riportom részedre 5-ös 9-es. (Your report here is 5 and 9. VAGY Report is 5,9.)

Amennyiben rákérdezünk a riportra: Milyen a riportom? Hogyan veszel engem? (What is my report, please?)

Rossz riport esetén mondhatjuk ezt is: Sajnos nagyon gyengén veszem. (Your signals are very weak).

Jó riport esetén mondhatjuk ezt is: Kiválóan veszem. (Your signals are very strong.)

QTH és egyéb adatok közlése

A QTH-m Budapest (My QTH is Budapest)

Az operátor neveLaci (Operator is Laci)

A QTH lokátorom JN97MM (My QTH locator is JN97MM)

Egy YAESU FT-250-es készüléket használok egy W3DZZ antennával. (I am using an FT-250 transceiver with a W3DZZ antenna.)

25 W-tal dolgozom. (I am running about 25 Watts).

Ma szép idő van. (The weather is fine today.)

25 fok van. (It's 25 degrees (Celsius)) VAGY The temperature is about 25 degrees (Celsius)).

Esik az eső. (It's raining.)

stb.

14.3.1.4. Búcsúzás

Ha adunk QSL lapot (illik), akkor: El fogom küldeni a QSL lapot az irodán keresztül. (I will send my QSL-card via the bureau). Ha nem tudunk adni: Sajnos nem tudok QSL lapot küldeni neked. (I am sorry but I can't send my QSL card to you.)

A búcsúzásnál MINDIG köszönjük meg az összeköttetést: Nagyon köszönöm a QSO-t (I thank you very much for this nice QSO.)

Remélem nemsokára újra találkozunk. (I hope to meet you again soon).

Szívélyes üdvözletemet küldöm és sok 73 DX-et kívánok neked. (Best seventy-tree and DX, my friend.) VAGY Sok 73 DX-el elköszönök töled. (angul u.a.)

14.3.1.5. Forgalmazásnál használt egyéb mondatok

100 %-osan értettem minden. VAGY minden „megjött”. (All one hundred per cent OK).

Vettem. (Roger).

Kérem ismételd meg a..... (Please repeat again your) ← Itt riport, QTH, név (report, QTH, operator name).

Kérem betűzd a (Please spell your...) ← Itt QTH, név (QTH, operator name).

14.3.1.6. Magyar QSO mintaszöveg

Általános hívás 2 méteren itt a HA5KDR, itt a HA5KDR állomás, minden hívóállomás vételén.

HA5KDR, itt a HA2T hív. Vétel.

HA2T, itt a HA5KDR. Köszönöm szépen a hívást. Szép jó estét kívánok neked kedves barátom. Riportom részedre 5-ös 9-es, itt operátor Laci, QTH-m Budapest, JN97MM. Jelenleg egy YAESU FT-290 R típusú készülékkel forgalmazok, 5 W kimenő teljesítménnyel és egy Trio-Star antennával. HA2T, itt a HA5KDR. Vétel.

HA5KDR, itt a HA2T. Jó estét kívánok kedves Laci. Köszönöm szépen a riportot, minden tökéletesen megjött. Riportom részedre 5-ös 9-es. Operátor: Péter, a QTH-m Gerecse, JN97FQ. Én egy YAESU FT-225 RD típusú készülékkel és 10 W kimenő teljesítménnyel dolgozom, az antennám pedig egy 9 elemes YAGI Budapest irányába fordítva. Vissza a szó hozzád HA5KDR, itt a HA2T. Vétel.

HA2T, itt a HA5KDR. Köszönöm az információkat, minden vettem. Nagyon köszönöm neked a QSO-t, el fogom küldeni a QSL lapomat részedre az irodán keresztül. Sok jókívánsággal és 73 DX-el elköszönök, HA2T, itt a HA5KDR. Vétel.

HA5KDR, itt a HA2T. Én is köszönöm a QSO-t, QSL lapot én is küldök részedre az irodán keresztül. További jó rádiótárást, és sok 73 DX-et kívánok neked Laci. HA5KDR-től a HA2T elköszön, szia Laci. (Vétel.)

14.3.2. Forgalmazás távíró üzemmódban

Legelső teendőnk – nyilvánvalóan – bekapcsolni a készüléket.

Miután a készüléket üzembe helyeztük, kétféle módon létesíthetünk összeköttetést:

3. Mi adunk az adókészülékünkkel általános hívást (CQ-t) és várjuk a választ;
4. Vevőkészülékünkkel keresünk egy általános hívást adó (CQ-zó) állomást, és válaszolunk neki.

Amennyiben mi adunk általános hívást, akkor a vevőn keresünk egy szabad frekvenciát, és a „QRL? DE HA5KDR” vagy a „QRX? DE HA5KDR” adásával győződünk meg arról, hogy valóban szabad-e a frekvencia. Ezt követően megkezzdjük az általános hívást.

14.3.2.1. Általános hívás adása

„CQ CQ CQ DE HA5KDR HA5KDR HA5KDR”

Európai forgalomban a hívás időtartama kb. 30 mp-től 1 percig terjed. A hívás végén adjuk a PSE K üzemi rövidítést. Nagytávolságú összeköttetések esetén CQ DX-et adunk a CQ helyett. HA valamelyen világrésszel kívánunk összeköttetést teremteni, úgy a „CQ Asia” stb. hívást adunk.

14.3.2.2. QSO szövege távíró üzemmódban

Az alapelvek itt is ugyanazok, mint a fónia esetében: le kell adni a riportot (RST), QTH-t és az operátor nevét. De CW üzemmód esetében rövidítéseket használunk. Soha ne adjunk nyílt szöveget (pl.: Please repeat your QTH) helyette alkalmazzuk a rövidített változatát (pl.: PSE RPT UR QTH vagy QTH?).

14.3.2.3. CW QSO mintaszövegek

HA5OGL DE HA5KDR HA5KDR HA5KDR = GE DR OM = TNX FOR CALL = UR RST IS 599 (2-szer) = MY QTH IS BUDAPEST (2-szer) = MY NAME IS GREG (2-szer) = HW? = HA5OGL DE HA5KDR AR K

Jelentése:

„HA5OGL-nak HA5KDR-től. Jó estét, kedves barátom. Köszönöm a hívást. A Te adásod tökéletesen érthető, nagy hangerejű, tiszta és szép hangszínű. Az én állomáshelyem Budapest, nevem Greg. Hogy hall engem? HA5OGL-nek HA5KDR-től.”

A válasz:

HA5KDR DE HA5OGL = R DR Greg ES MNI TNX FER RPRT = UR RST IS 579 = MY QTH IS BUDAPEST = MY NAME IS Levente = PWR 10 WATT = ANT W3DZZ = WX COLD = NW QRU = TNX FER UFB QSO = MY QSL IS SURE I HOPE CUAGN = VY 73 ES FB DX = HA5KDR DE HA5OGL AR K

Jelentése:

„HA5KDR-nek HA5OGL-től. Mindent vettem kedves Greg és sok köszönet a riportért. Az adásod jól érthető, közepes hangerejű és szép hangsínezetű. Állomáshelyem Budapest, nevem Levente. Teljesítményem 10 Watt, antennám W3DZZ típusú. Az időjárás hideg. Most nincs több közleményem számmodra. Köszönöm a szép QSO-t. QSL lapot küldök és remélem, hogy hamarosan találkozunk! Szívélyes üdvözlet, és nagyszerű DX-eket kívánok. HA5KDR-nek a HA5OGL-től.”

Válaszunk az adásra:

HA5OGL DE HA5KDR = R DR Levente = MY PWR 50 WATT 7 HR QRU ALSO AND MNI TKS FER NICE QSO = MY QSL IS SURE VIA BURO = HPE CUAGN IN OTHER BANDS = CHEERIO = HA5OGL DE HA5KDR AR SK

Jelentése:

„HA5OGL-nek HA5KDR-től. Mindent rendben vettem kedves Levente. Az adóm teljesítménye 50 Watt. Nekem szintén nincs közleményem számmodra és sok köszönet a nagyszerű összeköttetésért. QSL lapot biztosan küldök az irodán keresztül. Remélem hamarosan találkozunk más sávokon is! Szervusz! HA5OGL-nek HA5KDR-től. Adás vége.”

14.3.3. Forgalmazás bemutatása a vizsgán

14.3.3.1. Fónia üzemmód (gyakorlati vizsga)

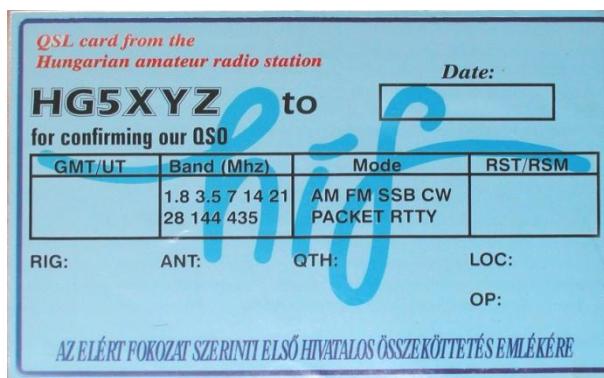
A beszéd útján történő forgalmazási bemutatón a jelöltnek a következő cselekvéssort kell megvalósítania az alapfokú vizsgán. A közép és a felsőfokú vizsga esetében a forgalmazási bemutató kibővülhet (idegen nyelv ismeretével).

- készülék üzembe helyezése,
- meggyőződni arról szabad-e a frekvencia,
- általános hívást adni,
- az ellenállomás megjelenésekor rögzíteni a pontos időt UTC-ben és fel kell jegyezni az ellenállomás hívójelét.
- közölni kell az ellenállomással a riportot, nevet, QTH-t és egyéb információt (rádió, antenna).
- a vett adatokat (ellenállomástól kapott adatokat) feljegyezni a logba (RST, QTH, név).
- az összeköttetést befejezni (elköszönni).
- ki kell tölteni a QSL lapot.

HG5XZZ								Rádióállomás forgalmi naplója			Ant.: GP	001
								Adó:	YAESU FT-290 R			
								Vevő:				
No	Dátum	GMT óra Perc	MHz	Ellenállo- más hívójele	Adott riport	Vett riport	QTH - QRA	N é v	Mód	OSL Ment. Jött	Megjegyzés	
1	04.02.12	12 28	144	HG5XYZ	59	59	Budapest, JN97MM	Gyula	FM X		Első összeköttetés	

Kiss Péter
***** a földelős kézéből átalírása *****

14.3-1. ábra. Állomásnapló minta a bejegyzett összeköttetéssel



14.3-2. ábra. QSL lap minta

14.3.3.2. Távíró üzemmód

A jelöltnek be kell mutatnia, hogy képes szöveget, számcsoportokat, írásjeleket és egyéb jeleket tartalmazó morzekódot adni és venni 3 percig kézi úton.

Az előírt adási és vételi sebesség: 6 WPM (=Words Per Minute, ahol egy szó öt karakterből áll) azaz 30 karakter/perc.

Az adásban legfeljebb 1 javítatlan és 4 javított, a vételben legfeljebb 4 hiba lehet.

<u>Betűk:</u>	<u>Ékezetes betűk:</u>
A •—	Á •---·—
B —···	É •---···
C —··—·	Ö —---···
D —···	Ü •---···
E •	Számok:
F ···—·	1 •-----
G —---·	2 •··---
H ·····	3 •··—··
I ..·	4 ·····—
J ·---—	5 ······
K —··—	6 —·····
L ·····	7 —---···
M —··	8 —---····
N —··	9 —---··—
O —---—	0 —---··—
P ·---··	Írásjelek:
Q —---·—	(.) ·---··—
R —····	(,) —---··—
S ····	(?) ···—···
T —	(:) —---····
U ..··	(;) —··—···
V ·····	(-) —······
W ···—	(=) —····—
X —····	(') ·---··—
Y —··——	(/) —·····
Z —---···	(") ·---··—

Hibajel: folyamatosan leadott legalább 6 pont

14.3-3. ábra. Távírókódok

15. fejezet

Digitális üzemmódok

Jónap Gergő HG5OJG

15.1. Csomagrádió

A csomagrádiózás számítógépek ill. terminálok közötti adatátviteli kapcsolatok létrehozása modemek és rádióamatőr állomások segítségével. (A csomagrádió angolul: packet, ennek a szónak a magyarosabb formája a pakett.)

A csomagrádió több mint egy adásmód a sok között. A gyors, megbízható információcsere segítségére van valamennyi rádióamatőr területnek. Felgyorsítja a számítástechnika eredményeinek felhasználását nem csak a naprakész információkhoz való hozzáféréssel, hanem azáltal is, hogy számos, a számítástechnikával hobbiból vagy hivatásszerűen foglalkozó embert vont a rádióamatőrködés bűvkörébe.

Az első rádióamatőr csomagrádió összeköttetés 1978-ban jött létre Montréalban, miután a Kanadai Távközlési Minisztérium a világban elsőként engedélyezte ennek az üzemmódnak a használatát.

Magyarországon a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) rádióklubjának kollektívája 1984-ben kezdett el foglalkozni a csomagrádiózással. Ebben meghatározó szerepe volt HA5FN-nek, aki sajnos már nem érhette meg annak hazai elterjedését. A csoport tagjai Mészáros Zoltán (HA5OB), Tölgyesi János (most HG5APZ) és Márkus Béla (HA0DY, most HA5DI) voltak. Laboratóriumi körülmények között -- a 432 MHz-es sávban 1984 őszén megszületett az első csomagrádió összeköttetés. Ebben az időben, az USA-ban mindenben 300 állomás volt vételkész, a nagy fellendülés csak 1986-ban kezdődött el világszerte. Magyarországon is egyre több csomópont (NODE) épült és 1990-re már egész jól használható pakethálózata volt országunknak. Napjainkban a kezdeti kizárolag rádiós linkekkel alkalmazó NODE-okat átvették az internetes linkekkel (AXIP) alkalmazó gateway-ek. Jelenleg tucatnyi üzemelő gateway van hazánk területén.

15.1.1. A pakett működése

Pakett üzemmódnál a két állomás közötti adatkommunikáció csomagok átvitelével történik, mivel adatátvitel esetén célszerű az információt csomagokra bontani, így nagyobb az átvitel hatékonysága.

Minden egyes csomagnak tartalmaznia kell a továbbításhoz szükséges címeket (hívójeleket), valamint olyan járulékos információt, ami alapján eldönthető, hogy a csomag sérült-e vagy sem. Valamilyen módon gondoskodni kell arról is, hogy a sérült, vagy zavarok miatt elveszett csomagok ismételten adásra kerüljenek, valamint arról, hogy megfelelő sorrendben érkezzenek meg a címzettekhez. Az ehhez szükséges előírásokat, eljárásokat rögzíti a protokoll.

Ilyen protokoll a rádióamatőr csomagrádiózásban az AX.25-ös protokoll.

A digitális adatjelek közvetlenül nem alkalmasak rádióon kereszttüli átvitelre, azokat előbb egy Modem (modulátor - demodulátor) segítségével megfelelő hangfrekvenciás jelekké kell alakítani. A modemek legfontosabb paramétere a modulációs sebesség, aminek mértékegysége a baud. Az általánosan használt FSK modemeknél ez megegyezik az adatátviteli sebességgel, aminek a mértékegysége a bit/s.

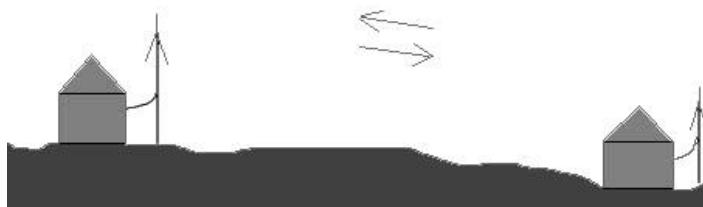
Az általános rádióamatőr gyakorlatban URH-n az 1200 baud vagy 9600 baud sebességű FSK modemek terjedtek el. Rövidhullámon 300 baud-os sebesség használatos, kivéve a 29 MHz-es sávot, ahol találkozhatunk 1200 baud-os FM állomásokkal is. RH-n a rádiót SSB állásban használjuk.

A csomagrádió üzemmód alapköve az AX.25 protokoll, amely az OSI modell szerinti második, adatkapcsolati réteg (Link Layer) feladatait látja el. Ez felel két állomás között a hibamentes átvitelért, az összeköttetés felépítéséért és lebontásáért. Maga a név onnan származik, hogy az AX.25 elveiben a CCITT X.25-ös, csomagkapcsolt adatátviteli hálózatokra kidolgozott ajánlását követi, a rádióamatőr alkalmazásból szükségszerűen következő módosításokkal.

Ez a protokoll az információkat csomagokra szétbontja, a küldőtől a fogadóig csomagok áramlanak. A fogadó a csomagokat értelmezi és összerakja belőle az eredeti információt. A csomagoknak van fejléce, mely tartalmazza a küldő és a fogadó hívójelét. Ez lehetővé teszi azt, hogy több állomás is dolgozhasson egy bizonyos frekvencián, és a csomagok odaérkezzenek, ahova kell. Egy csomag maximális hossza 256 Byte + a fejléc lehet. Ez a protokoll azt is lehetővé teszi, hogy egy pakett állomás több másik állomással legyen kapcsolatba egy időben, sőt két állomás több csatornán (AX.25-ös csatornán, de egy frekvencián) is kapcsolatba lehet egymással (pl. az egyik csatornán "beszélgetnek", a másikon pedig programot küldenek át). A protokoll jelenleg érvényes 2.0-s változatát 1984 októberében tette közzé az ARRL, az amerikai rádióamatőr szervezet.

15.1.2. Pakett összeköttetések

A rádióamatőr csomagrádiózás általában összeköttetés alapú, azaz minden állomás, aki egy másikkal információt akar cserélni, előtte vele kapcsolatot kell létesítenie. Ez a kapcsolat felépülhet közvetlenül a két állomás között (egymás jeleit hallják az éteren keresztül), de felépülhet átjátszók, azaz jeltovábbítók segítségével is. Az átjátszók a rádióamatőr csomagrádiós világhálózat részei képezik, amelyek segítségével – az Internethez hasonlóan – igen nagy távolságú összeköttetések valósíthatóak meg.



15.1-1. ábra. Két állomás közvetlen kapcsolata

Ezeknek az átjátszóknak számtalan előnyei vannak egy FM átjátszával szemben. Például: FM átjátszót egyidőben csak két állomás használhatja felváltva. De ezen az átjátszon egyszerre többen dolgozhatnak egy frekvencián anélkül, hogy egymást zavarnák a forgalmazásban. Az FM átjátszónál az információ sebessége a beszéddel egyenlő, ami nem túl jó. Paketton az információ sebessége magas, sokszorosa a beszéddel átvihető információnak. Mivel itt is az a cél, hogy minél több állomás használhassa az átjátszót, és a távolabbi állomások is elérjék, ezért a NODE-ok, gateway-ek (átjátszók) általában magasabb helyeken (hegyeken) üzemelnek.



15.1-2. ábra. Két állomás kapcsolata átjátszókon keresztül

Mivel az átvitel digitális és az információt könnyű tárolni, értelmezni, ezért több átjátszót is össze lehet kapcsolni egymással. Így megvalósítható az, hogy olyan állomással hozzuk létre a kapcsolatot, ami egy távoli NODE által elérhető, azaz egy távolabbi átjátszó közelében üzemel.

Egy átjátszó általában több sávon is működik, van olyan ága, amin a felhasználók dolgozhatnak és van olyan ága, amin egy másik átjátszóval kommunikál. Az átjátszók közötti átvitelre a 70 cm-es és a 23 cm-es sávot szokták használni. A nem rádiós alapú összekapcsolásra pedig az Internetet használják (AXIP protokollal). Az átjátszók összekapcsolásával létrejött a pakethálózat. Ez a pakethálózat mára kiválóan használható világhálózattá vált.

15.1.3. Az Internet és a rádióamatőr csomagrádiós hálózat kapcsolata

Az Internet megjelenése lehetővé tette, hogy az átjátszókat (NODE-okat) a világhálón keresztül is összekössék. Így két távoli állomás között az adatforgalom sebessége felgyorsult. Az Internetet csak arra használhatják – a rádióamatőr csomagrádiós hálózatban – hogy két csomópontot (NODE-ot) összekössenek. (Tehát: a pakett hálózatról nem engedélyezett az internetes szolgáltatások (pl. WWW) elérése!) A világhálót és az amatőrhálót

összekötő gép a gateway. A gateway-eken AXIP protokollt alkalmaznak az AX.25 adatok TCP/IP hálózaton való továbbításához.

Napjainkban egyre inkább terjed az olyan NODE-k száma, amelyen XNET szoftvert üzemeltetnek. Az XNET segítségével NODE-ok rádiósan és AXIP-n keresztül is összeköthetők.

15.1.4. Mire használják a csomagrádiót?

A pakett lehetőséget nyújt arra, hogy a NODE-ok segítségével vagy közvetlenül összeköttetést alakítsunk ki két rádióamatőr állomás között. Az ilyen összeköttetések segítségével lehetőség van: adatátvitelre (fájlok), üzenet küldésére vagy akár valós idejű beszélgetésre (chat).

Sokan használják a DX clustereket, ahol aktuális információkat kapnak a DX összeköttetésekről, és ha szerencséjük van, akkor nekik is sikerül elcsípni az állomást valamelyik hullámsávon.

DX Cluster>

N6TTD	21277.0 SP8GWI	John 5/8 in Elk Grove, CA.	02/15 1711
IK5YJY	50048.0 TR0A/B	s2 >jn53	02/15 1704
G4OBK	7008.4 7M4CDX	Tokyo 589 FB early	02/15 1658

15.1-3. ábra. DX cluster információi 3 összeköttetésről

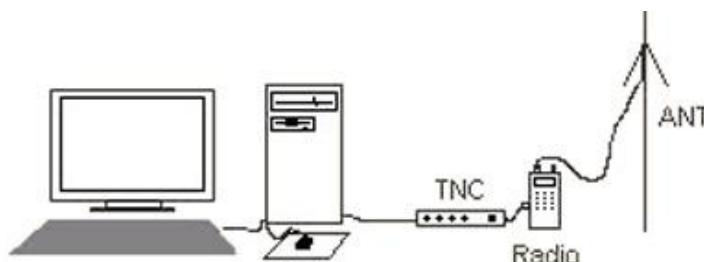
Napjainkban egyre több állomás használja az APRS üzemmódot, amely szintén a csomagrádiós hálózat segítségével érhető el. Ezzel más fejezetben részletesebben is foglalkozunk.

15.1.5. Kik hozták létre, és kik fejlesztik a pakett hálózatot?

A hálózatok kialakításában a rádióamatőr szövetségek, de nagyobb számban egyéni rádióamatőrök, rádióklubok jeleskedtek. Hosszú lenne felsorolni mindenkit. Köszönök nekik ezért. Az európai és a magyar hálózat is így épült fel.

15.1.6. Rádióamatőr pakett állomás felépítése

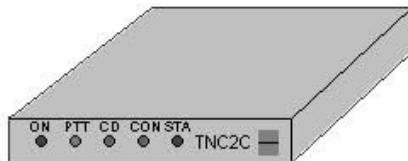
Egy rádióamatőr pakett állomáshoz feltétlenül szükség van egy számítógépre (vagy szélsőséges esetben csak egy TNC-re) és egy rádióra (pl. 144 MHz-re). Amennyiben számítógép segítségével pakettozunk, akkor egy pakett program is, amely az AX.25 protokollt kezeli.



15.1-4. ábra. Pakett állomás felépítése

A TNC (Terminal Node Controller), nem más, mint egy speciális mikroszámlítógép, amely valamennyi, az AX.25 protokol által megkövetelt feladatot ellátja. A TNC általában egy Z80 alapú kisszámlítógép, melynek van általában 256 kB memóriája és EPROM-ja, melybe egy kisebb pakett program beégethető. A TNC-k általában tartalmazzák a modemet is (egy dobozba építik őket). A TNC-hez legegyszerűbb esetben csatlakoztatható egy "buta" ASCII terminál, nincs feltétlenül szüksége számítógépre. Sőt sok pakett Node-nál csak néhány TNC-t összekapcsolnak, nem használnak hozzájuk számítógépeket, és a rajtuk futó (EPROM-ba égetett) programok elvégzik a szükséges feladatokat. A TNC vezérli, a hozzá csatlakoztatott modemet. Ha a TNC-hez számítógépet csatlakoztatunk, akkor a működése a következő: a rádió leveszi a jelet, azt a modem feldolgozza digitális jelekké, azt a TNC értelmezi, és csomagokra alakítja, majd a csomagokat átküldi a számítógépnek. Visszafelé: a számítógép elküldi a csomagokat a TNC-nek amely digitális jelekké alakítja és elküldi a modemnek, amely analóg jelet küld a rádiónak. A számítógépről küldhetünk parancsokat a TNC-nek, így beállíthatjuk a különböző

paramétereit. Ha kis ASCII terminált használunk, akkor a TNC értelmezi a csomagokat az EPROM-ba égetett program segítségével és a nekünk küldött csomagokat megjeleníti az ASCII terminál monitorján. Mi pedig a billentyüzetről parancsokkal vezérelhetjük a TNC-t, állíthatjuk be a paramétereket, illetve információkat küldhetünk.



15.1-5. ábra. TNC (kinézetre olyan, mint egy külső analóg telefonos modem)

Lehet TNC nélkül is pakettozni, egy speciális modem vagy **hangkártya és egy számítógép segítségével**. Vannak olyan modemek, melyek a számítógép soros vagy párhuzamos portjára csatlakoztathatók. Ha ilyen modemet használunk akkor nélkülözheto a TNC, viszont *hangkártya segítségével a legegyszerűbb pakettozni: kell hozzá egy számítógép (hangkártyával) és egy interfész kábel (az adásra kapcsolás miatt kell egy soros porti csatlakozó is)*. De mielőtt örülünk, és megkérdeznénk, hogy minnek akkor a TNC, ha létezik ilyen megoldás is, elárulnám a következőt: a TNC-t ebben az esetben emulálnunk kell egy rezidens DOS-os, LINUX-os vagy WINDOWS-os programmal és kell hozzá egy számítógép, míg egy TNC magában is képes működni...

15.1.7. Pakett hangkártyán keresztül

A legegyszerűbb pakett-állomást egy rádió, egy számítógép (hangkártyával) és egy interfész kábel alkotja. Amennyiben Windows 98/XP operációs rendszert használunk, akkor az alábbi programot kell beszereznünk:

AGWPE (SV2AGW's Packet Engine), amely innen letölthető:

<http://www.elcom.gr/sv2agw/soundcardpacket.htm>

Az AGWPE program elvégzi az AX.25 protokoll kezelését és az adó-vevő adásvételi kapcsolását, de kell a működéshez (egy BAYCOM modem, TNC vagy) hangkártya esetén csupán egy interfész kábel:

<http://www.jbgizmo.com/page28.htm>

Az AGWPE szoftver mellé kell egy felhasználói szoftver is, amely lehet:

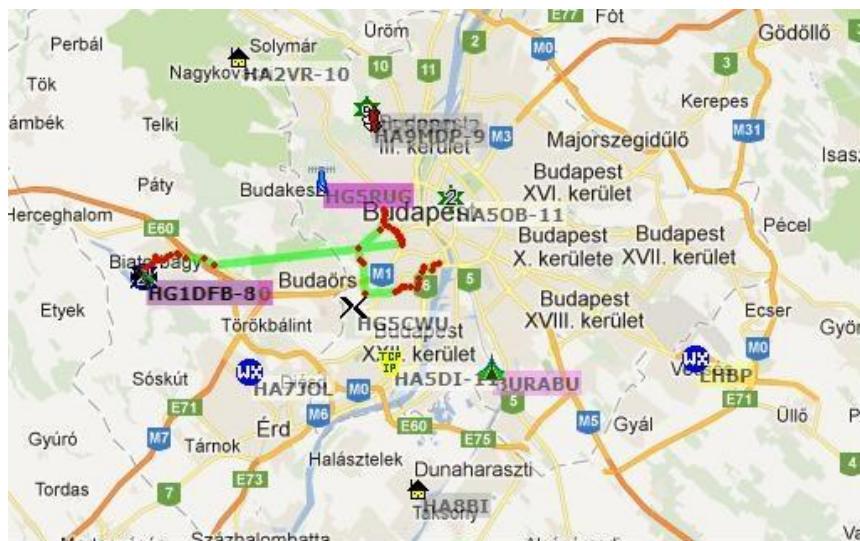
- pakett kommunikációs szoftver pl.: Winpack
- APRS szoftver, pl.: ui-view32

Szerencsére sok jól használható pakett szoftver található napjainkban az Interneten, szinte az összes operációs rendszer alá.

15.2. APRS

Az APRS kezdete 1984-re tehető. Amerikában Bob Bruninga, WB4APR által kifejlesztett protokol GPS-sel összekapcsolt pakett rádióállomások térképen történő megjelenését oldotta meg. (Automatic Position Reporting System) Ahogy az APRS fejlődött, újabb szolgáltatások jelentek meg: időjárás jelzések, iránymérés, üzenetküldés. Az APRS rövidítés új értelmezést kapott: Automatic Packet Reporting System.

Az APRS segítségével nyomon követhető egy rádióamatőr állomás, amennyiben folyamatosan jelenti pozícióját, azaz jelen van az APRS rendszerben. Az APRS rendszer a rádióamatőr pakett hálózat segítségével működik, úgy hogy az egész világot behálózó APRS átátszók (digirepeater-ek) továbbítják az adatokat az amatőr állomástól a rendszerbe.



15.2-1. ábra. Budapest Környéki APRS állomások

A különböző átjátszóknak a hagyományos csomagrádiós rendszerben más és más a hívójelük, míg az APRS rendszerekben ún. ALIAS hívójeleket használnak, melyek segítségével bármerre is jár a mozgó rádióamatőr állomás, a rendszerben tud maradni. Az APRS rendszer intelligens átjátszókkal rendelkezik, így hívójel helyettesítéssel meg tudja akadályozni a hálózat „elárasztását”. Európában, a legtöbb országban szabványosan (2m-es amatőrsávban) 144,800-on vannak az átjátszók, melyeket 1200 Baud-os átviteli sebességgel lehet elérni.

Az APRS rendszer használatához (amennyiben mozgó állomásról van szó), szükség van egy GPS-re, amelyet össze kell kötni egy pakett rádióállomással (TNC + rádió). Így akár autóból is megoldható a rendszer használata. A GPS veszi a műholdak jeleit és másodpercenként kiszámolja a GPS vevő pontos koordinátáit amit kiküld a soros portján. Ez ASCII text formátumú, tartalmazza a szélességi és hosszúsági adatokat is. Ezt egyszerűen rákötve a TNC soros portjára, BEACON-ként ki lehet adni. A vevő állomások mindegyike képes dekódolni ezeket az adatokat, és meg tudja jeleníteni a térképen.

A hagyományos AX.25 (pakett) kapcsolat két állomás között zajlik. Először fel kell építeni egy kapcsolatot, utána lehet az adatokat adni/venni. Az APRS használatánál nem kell felépíteni kapcsolatot. Egy állomás által küldött adatok azonnal megjelennek a többi állomásnál. Az APRS programok számos platformon működnek: DOS, WIN 3.x, WIN 95/98/2000/XP, MacOS, Linux és PALM.

Az APRS-nél is van lehetőség internetes kapuállomások létesítésére. Ezek a kapuállomások a rádión hallott adatok elérését teszik lehetővé Interneten keresztül. Az adatokhoz nem rádióamatőr is hozzáférhet, megnézheti azokat. Nem regisztrált felhasználó csak Interneten csatlakozó állomásnak tud adatot küldeni. Regisztrált, hívójellel is rendelkező állomás képes csak rádiós állomással adatot cserélni. Az APRS hálózat így védtelen van nem rádióamatőrtől származó információk ellen. A kapuállomásokat természetesen össze is lehet kötni Interneten keresztül, így egy helyi felhasználónak nem szükséges pl. egy amerikai kapuállomást meghívnia, a helyi kapuállomáson is ugyanazokat az adatokat 'látnia'.

15.3. EchoLink

Az ECHOLINK „Voice over IP” kategóriába sorolható, azaz az internetes telefónia technológiát alkalmazó szoftver. Azonban ebben a globális rendszerben rádiófrekvenciás kapcsolt állomások (szimplex üzemmódú és átjátszó berendezések) is találhatók. Feladata kétoldalú, fél duplex fónia összeköttetések biztosítása közvetlen internet kliensek közötti, továbbá rádiófrekvencia-internet-internet kliens, valamint rádiófrekvencia-internet-rádiófrekvencia (és vissza) útvonalon.

A program filozófiája a rövidhullámú sajátosságok virtuális leképzése, természetesen kizárra a terjedésből eredő bizonytalanságokat. A hangátvitel minősége kiemelkedőnek és stabilnak mondható, azonban a rendelkezésre álló sávszélesség és a világháló pillanatnyi leterheltségének függvénye. A tapasztalatok szerint egy 33 kbit/s sebességű analóg telefonmodem már kielégítő adatátvitel érhető el abban az esetben, ha más

internettes forgalmat nem bonyolít a kliens számítógép.

Az EchoLink program kifejlesztője K1RFD. munkája olyan sikeres volt, hogy kitüntetésben részesítette az ARRL. Természetesen a szerző és más rádióamatőr fejlesztők időszakonként frissített verzióval, illetve segédprogramokkal jelentkeznek.

Magyarországon az EchoLink elterjedését adminisztrációs és internettes infrastrukturális okok nehezítették. A 2006-ban megjelent, megreformált rádióamatőr rendelet az adminisztrációs akadályokat véglegesen felszámolta, az infrastruktúra fejlődése és további fejlesztése a szélessávú internet irányába mutat. Érdekességeképpen célszerű megemlíteni, hogy az USA-ban a legtöbb internet felhasználó ma is analóg modemes vagy elavult ISDN rendszert használ, ugyanakkor idehaza pontosan fordított a helyzet, noha a felhasználók összlakossághoz viszonyított aránya messze elmarad az USA mögött.

Az első két kísérleti átátszót Viktor, HG2QE helyezte üzembe 2004. február végén, márciusában. Mindkét átátszó akkor dorogi telepítésű volt, a HG2RVC és a HG2RUB. A sikeres kísérleteknek köszönhetően az EchoLink rendszerbe kötött átátszók az óta is üzemelnek, a következő változásokkal: A HG2RVC megmaradt regionális átátszónak Dorogon, a HG2RUB felkerült a HG2RVD mellé az esztergom Vaskapu-hegyre, s ez a két, nagy területet lefedő átátszó került beiktatásra véglegesen a globális rendszerbe. Ezen két átátszón keresztül akár DTMF-es kézirádióval minden földrész online státuszú felhasználója (egyéni kliens, rádiolink, átátszó, nagy konferencia szerver) elérhető.

Nem sokkal később Budapesten is csatlakoztatták a HG5RUG hívójelű átátszót a rendszerhez, amely fix kapcsolatban együtt működik a Tihanyban telepített HG2RVG hívójelű átátszóval, biztosítva a Balatoni régió - Budapest és térsége egyidejű lefedését. Jelenleg a hazai rádiolinkes és átátszós lefedettség dinamikusan növekszik.

Amennyiben egy rádiolink vagy kapcsolható átátszó lefedési körzetében vagyunk, távoli átátszókra, rádiolinkre, vagy egyedi felhasználó számítógépére tudjuk kapcsolni a közeli rádiórendszert. Ehhez ismerni kell a távoli felhasználó nodeszámát, ami az echolink.org honlapon megtalálható. A kapcsolat létrehozása és lebontása DTMF kódokkal Echolinkes rádióállomásoknál eltérő lehet, ezért ismerni kell a használni kívánt rádióállomás beállítását. Általános protokoll: a C betű kiküldése után a nodeszám kiküldése következik. E hívásra a használt rádió a célállomáshoz kapcsolódik. Az összeköttetés befejezése után a kapcsolatot kötelező lebontani, ami a kettőskereszettel lehetséges, illetve a régebbi állomásoknál a D betű is bontja a kapcsolatot.

A rádióról történő használathoz regisztráció nem szükséges, minden hívójelű amatőr rendelkezésére áll az Echolinkes globális rendszer.

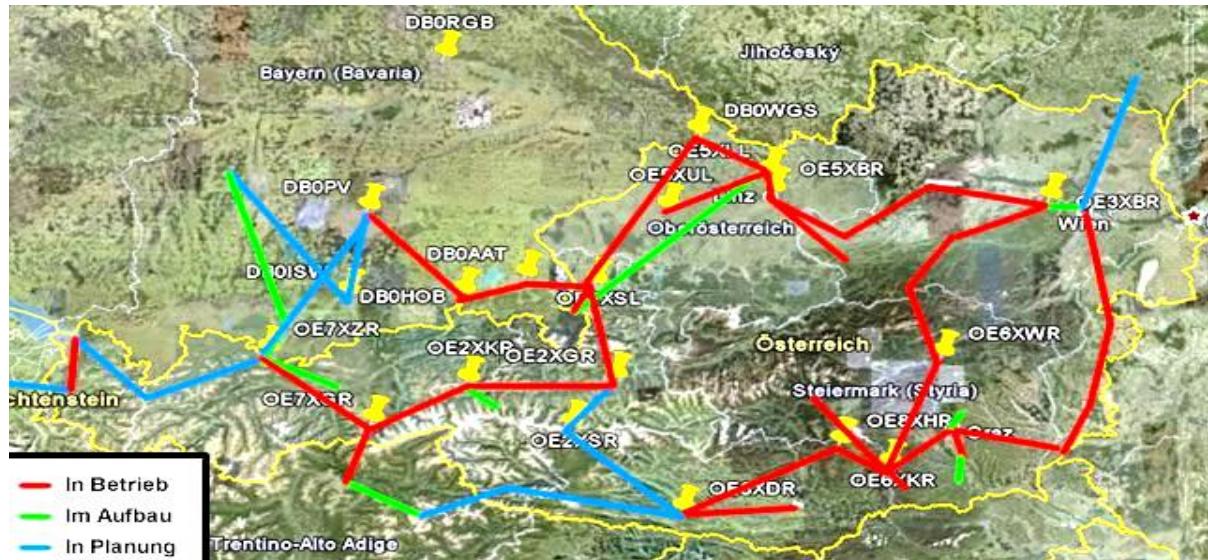
15.4. HAMNET

15.4.1. Nagysebességű multimédiás Amatőr Rádiós Hálózat (Highspeed Amateurradio Multimedia Network)

HAMNET egy zárt hálózat, ami rádióamatőr célú felhasználást biztosít a gyors mikrohullámú kapcsolatot előtérbe helyezve. Ez nem egy új üzemmód, hanem a már meglévő rádióamatőröknek használható magasabb frekvenciáit kihasználva pl.: 13 cm-es rádióamatőr sáv: 2300 - 2450 és 6 cm-es rádióamatőr sáv: 5650 – 5850 MHz en egy nagysebességű TCP/IP protokollt is használó adatátvitelt valósít meg. Ez nagymértékben hasonlít, (részegységekben megegyező eszközökkel) az interneten használatos WI - FI, WLAN rendszerekkel.

A valóságos INTERNET rendszerrel való közvetlen összeköttetése nincs! Ezért különféle kísérleti adatátvitelt, bármiféle kísérletezést, terjedési megfigyeléseket kockázatok nélkül végezhetünk a rendszeren. Az eszközök kiválasztásánál fontos követelmény, hogy a frekvencia (csatorna) kiválasztható legyen az engedélyben meghatározott tartományba. Az eszközök egy része a gerinc (backbone) rendszert képzik, amin nemzetközi adatforgalom is továbbításra kerül. Ezekben más átviteli protokoll is jelen van a gerinc hálózatra jellemző BGP (EBG, IBG). Előszeretettel alkalmazzák a MIKROTIK Routerboardot és Ubiquiti eszközöket a hálózat építésénél, (fél-profi eszközök) nagyon jól konfigurálhatók és az üzemvitelük is jó, megbízható. Antenna tekintetébe a parabola, radom, parabola, grid, tölcser, és yagi antenna is szóba jöhét. A méretezése nagyon fontos főleg a nagyobb áthidalandó távolságok miatt is. Ne feledkezzünk el a szélterhelésről és a megfelelő villámvédelem is fontos!

A felhasználó rádióamatőröknek már jóval kisebb tudású eszközök is szóba jöhettek, természetesen az antenna itt is fontos, de már a saját készítésű is megfelel az üzemeltetéshez. Ezek az eszközök lehetnek pl: TP-LINK, Ovislink, linksys, stb., ezeken az eredeti vagy OPEN-WRT kommunikációs linux fut. Németország, Olaszország, Svájc és Ausztriában ezt a rendszer a rádióamatőrök előszeretettel használják.



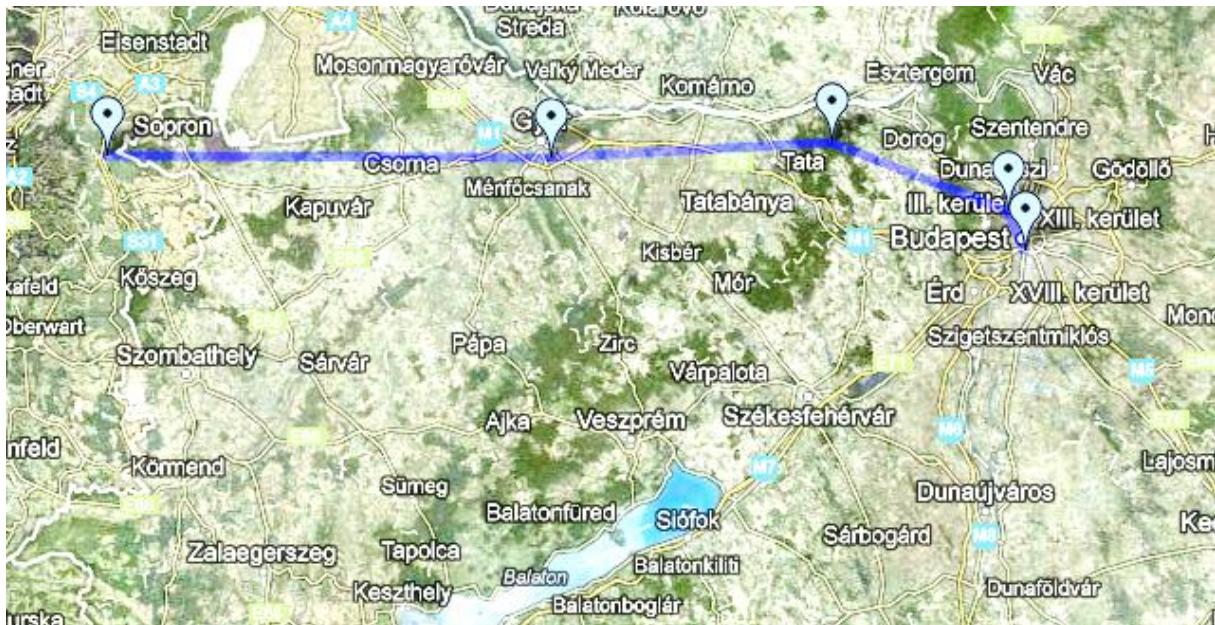
15.4-1. ábra Osztrák HAMNet hálózat kialakítása

15.4.2. A HAMNET rendszer lehetséges alkalmazásai:

- Packet Radio a hagyományos értelemben vett, gyors adatátvitel AX25
- EchoLink
- WinLink2000
- VoIP
- DATV / IP ATV
- APRS
- Rádióamatőr honlapok (kizárolagosan Hamnet)
- Azonnali üzenetküldés (Jabber)
- VoIP (SIP) - Skype?
- Videó archívum (h264)
- HAM-Intranet
- Digitális hozzáférés ATV, webkamera, IP TV stb alkalmazásokhoz

Lehetőség nyílik így modernizálni a már meglévő csomagkapcsolt rádiós hálózatot, amiben eddig is használatos volt az APRNet -nél kiosztott IP címek, amit például az www.apr.org -on lehet megnézni. A rádióamatőrök által használható IP tartomány a 44.x.x.x-be kell esnie, Magyarországon a 44.156x.x es IP címek használhatóak, amit a mindenkorú koordinátor oszt ki. Így a HAMNET –en használt IP címek formátuma, használata teljesen megegyeznek a nem amatőr szolgáltatokban használt (internet) IP címekkel.

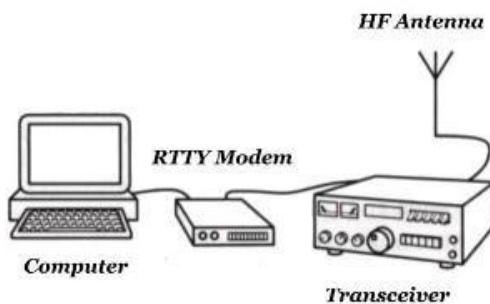
A magyarországi gerinc kapcsolódást a rendszerhez Ausztriából lehet megvalósítani.



15.4-2. ábra Tervezett gerinc kialakítása Ausztria felé

15.5. RTTY

A kezdeteknél a TTY azaz a géptávíró gépek önálló egységek voltak, amelyek leginkább egy írógéphez hasonlítottak. A 2. világháború előtt már használták őket, a bemeneti periféria egy billentyűzet volt, míg a kimenet egy papírkereszt. Az 1970-es évektől jelentek meg a videó monitorral rendelkező változatuk. A géptávíró hagyományos változata vezetékes átvitelrel működik, míg a rádiós változata az RTTY, rádiófrekvenciákon keresztül. A modern rádióamatőr géptávírók viszont már nem különálló írógéphez hasonló egységek, hanem multifunkciós gépek vagy PC interfészök, melyek a rövidhullámú rádióhoz vannak kapcsolva.



15.5-1. ábra. RTTY állomás

A géptávíró nem morze rendszerben ad. Abban különbözik a morze átviteltől, hogy a morzeadásnál a morzejelek adása közben az adó be- és kikapcsolt, így szaggatta az adást, míg ez a géptávíró esetében folyamatos adást jelent, úgy hogy két frekvencia közötti ugrálást végez. Ez az ún. FSK azaz Frekvenciabilentyűzés.

Rádióamatőrnél a két frekvencia távolsága 170 Hz, míg egyéb területen ez más is lehet (425 Hz, 850 Hz). Vannak olyan rendszerek, amelyek nem FSK-t hanem AFSK-t használnak (Audio Frekvenciabilentyűzés), ezeknél a rendszereknél nem az adó végzi a frekvenciaugrásokat, hanem a mikrofonbemeneten elhelyezett hangfrekvenciás egység. A két eljárás vételi oldalon azonos eredményt képez, így azonosan feldolgozható eljárásokról van szó.

Az RTTY rendszerekben használt megoldás, hogy az adó az adás elején a vétel megkönnyítése érdekében (a vevő állomások frekvenciára állásának segítése érdekében) R és Y karakterekből álló szöveget ad: RYRYRY. Ez azért fontos, mert itt szimmetrikus jelek vannak, így könnyebb a kalibrálás, még a tényleges üzenetátvitel előtt. Az RTTY nem egy hibamentes átviteli protokoll, tehát erős zajtartalom ill. fading esetén információvesztés léphet fel.

Az átvitelhez használt kódrendszer a Baudot kód, amely 5 bit hosszúságú. Egy kódtábla segítségével viszik át az adatokat. Az adatátvitel sebessége 60, 75 és 100 szó/perc lehet.

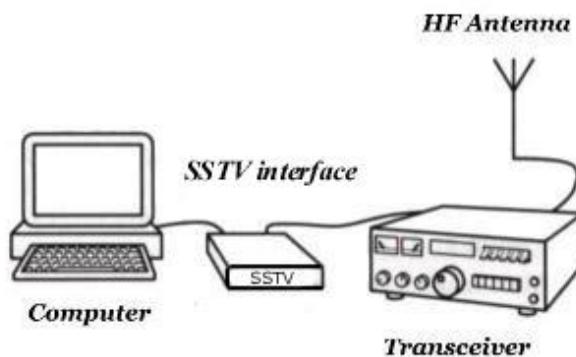
Még napjainkban is elég közkedvelt digitális átviteli forma a rövidhullámú sávokban az RTTY. Bár mára kissé átalakult a technikai háttér, leggyakrabban multifunkciós TNC-vel vagy hangkártya segítségével történik az RTTY kezelése. RTTY üzemmódhoz ajánlott szoftverek: MIXW 2.0 vagy MMRTTY.

15.6. SSTV

Az SSTV (Slow Scan Television) olyan képátviteli eljárás, amely állóképek (fotók) átvitelére képes rádióamatőr frekvenciákon keresztül. Lassú letapogatású eljárást használ, amely lényege, hogy pontról-pontra, sorról-sorra minden képpontot egymás után tapogat le és küld át az éteren keresztül. Segítségével nem csak fekete-fehér hanem színes képek is továbbíthatóak, mégpedig viszonylag elfogadható minőségen.

Az SSTV nagy előnye, hogy kis sávszélességet igényel, így rövidhullámon is használható, de hátránya más vizuális átvitelekhez képest (pl. ATV) a lassúsága. Egy kép átvitеле több másodperctől akár pár percig is eltarthat.

Az SSTV használatához szükséges egy számítógép, természetesen egy SSTV program, egy rádióamatőr adóvevő és egy SSTV interfész, amely a rádiót és a számítógépet köti össze.



15.6-1. ábra. SSTV állomás

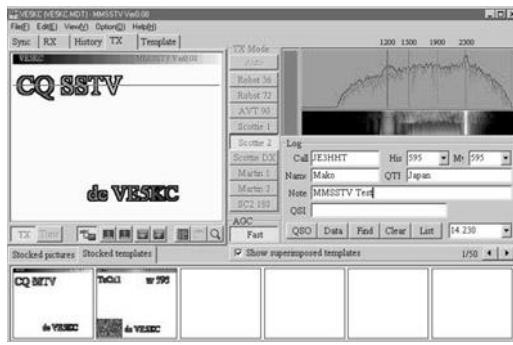
Rádióamatőr gyakorlatban általában a következő témaúj képeket továbbítják SSTV-n keresztül: képek rádióamatőr berendezésekről, saját magukról, családjukról és mindenről, amit érdekesnek találnak, pl.: úrálomásokról, úrhajókról stb.

Nagyon befolyásolja az átviteli időt a továbbítandó kép minősége. Például egy igen kis felbontású fekete-fehér kép (120 sor magas kép) átviteléhez elég akár 8 másodperc, míg egy 640x480-as true color képhez kb. 7 perc kell. A legtöbb kép, amit SSTV-n továbbítanak 320x240-es színes kép, melyhez kb. 2 perc átviteli idő kell.



15.6-2. ábra. W5NOO egyik SSTV képe

Az SSTV átviteleket általában közismert „SSTV frekvenciákon” végzik, így könnyebb rátalálni az ilyen adásokra. Ilyen frekvencia, pl.: 3.845, 7.171, 14.230, 21.340, 28.680 vagy a 145.500 MHz. Rádióamatőr SSTV aktivitás növelésének érdekében különböző SSTV versenyeket is rendeznek. Különböző képességű SSTV program létezik, vannak ingyenesen használhatóak és vannak olyanok, amelyekért – sajnos – fizetni kell.



15.6-3. ábra. A leginkább használható SSTV szoftver - az MMSSTV felülete

Természetesen létezik DOS-os, Windows-os és Linux-os SSTV program. Szerencsére nagy a választék, így mindenki kénye-kedve szerint dönthet, hogy mit használ.

15.7. ATV

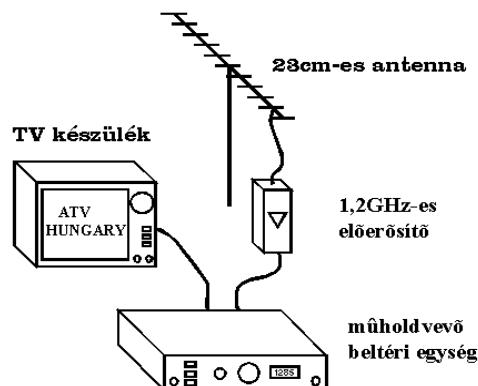
Sok rádióamatőr használja a lassú letapogatású TV-t, az SSTV-t, amely állóképek átvitelére képes, alacsony sávszélesség mellett. Nagy hátránya a lassúsága valamint mozgóképet nem képes továbbítani. Napjainkban egyre többen használják a gyors letapogatású TV-t (Fast Scan TV), az ATV-t (Amateur Television).

Az ATV nagy előnye az SSTV-hez képest, hogy mozgóképek továbbíthatók vele, sőt képet és hangot is képes közvetíteni, ugyan úgy, mint egy normál TV-s átvitel. Az ATV-s átvitel viszont nagyon nagy sávszélességet igényel, így csak magasabb frekvenciákon használható, mégpedig ott, ahol ez a sávszélesség belefér a teljes rádióamatőr sávba. Erre csak 420 MHz felett van lehetőség. Az ATV-zés elég drága hobbi, mivel drága berendezéseket kíván: drága az adóberendezés, mert magas frekvencián üzemel, speciális jelátalakító ill. modulátor kell hozzá, és kell egy képgenerátor (videokamera vagy videó, esetleg PC).



15.7-1. ábra. W8ZCF ATV állomása

A legtöbb ATV adás a 23 cm-es rádióamatőr sávban (1265.00 és 1289.25 MHz-en) történik, ott, ahol engedélyezett az ATV a 70 cm-es sávban (439.25, 434.00, 426.25 MHz-en) is lehetséges ATV-zni. Azok a rádióamatőrök, akik megfelelő berendezéssel rendelkeznek, azok dolgozhatnak magasabb frekvenciákon is: 2.4 GHz-en vagy akár 10 GHz-en is. Minél magasabb frekvencián ATV-zünk, annál drágábbak a berendezések (rádió, kébelek, antenna). Az ATV adások különböző szabványok szerint történnek: Európában általában PAL képnormával és FM adásmódban, míg Amerikában NTSC képnormával adnak. Ritkábban, de használják az AM adásmódot is (ebben az esetben csak egy konverter kell, és egy TV készülék). Gyakoribb az FM adásmód, amely adás, ha 23-es rádióamatőr sávban történik, akkor egy normál műholdvevő beltéri egységgel fogható.



15.7-2. ábra. 23 cm-es FM ATV adás vétele

Európában és a tengereken túl számos ATV átájszó működik, melyek segítségével messzebbre továbbítható az adás, sőt a legtöbb átájszó jeladóként is működik. Az ATV segítségével nem csak mozgóképek, hanem tesztábrák és teletext is továbbítható. Az ATV rengeteg lehetőséget rejt magában, viszont drágasága miatt nehezen terjed el.

16. fejezet

Mellékletek

16.1. Európai országok (prefixek)



16.2. Rövidhullámú rádióamatőr sávok felosztása

Frekvencia (KHz)	Sávsz (Hz)	Üzemmód és felhasználás
135,7 - 137,8	200	CW, QRSS és keskeny sávú digitális üzemmódok
1810 - 1838	200	CW, 1836 kHz - QRP aktivitásközép
1838 - 1840	500	keskeny sávú üzemmódok
1840 - 1843	2700	minden üzemmód, digimódok
1843 - 2000	2700	minden üzemmód
3500 - 3510	200	CW, kontinensek közötti összeköttetésekre
3510 - 3560	200	CW, versenyre ajánlott, 3555 kHz - QRS aktivitásközép
3560 - 3580	200	CW, 3560 kHz - QRP aktivitásközép
3580 - 3590	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok
3590 - 3600	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, automata állomások (kezelő nélkül)
3600 - 3620	2700	minden üzemmód - digimódok, automata állomások (kezelő nélkül)
3600 - 3650	2700	minden üzemmód, 3630 kHz - DV aktivitásközép, SSB versenyre javasolt
3650 - 3700	2700	minden üzemmód, SSB QRP aktivitás központja 3690 KHz
3700 - 3800	2700	minden üzemmód, SSB versenyre javasolt, 3735 kHz - kép aktivitás központja, 3760 kHz - vészhelyzeti hívó frekvencia
3750 - 3800	2700	minden üzemmód. SSB DX összeköttetések létesítésre
7000 - 7025	200	CW, versenyre javasolt
7025 - 7040	200	CW, 7030 kHz - QRP aktivitás központja
7040 - 7047	500	keskenysávú üzemmódok, digimódok
7047 - 7050	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, automata állomások (kezelő nélküli)
7050 - 7053	2700	minden üzemmód - digimódok, automata állomások (kezelő nélküli)
7053 - 7060	2700	minden üzemmód – digimódok
7060 - 7100	2700	minden üzemmód, SSB versenyre javasolt, 7070 kHz - DV aktivitásközép, 7090 kHz - SSB QRP aktivitásközép
7100 - 7130	2700	minden üzemmód, 7110 kHz - vészhelyzeti hívó frekvencia
7130 - 7175	2700	minden üzemmód, SSB versenyre javasolt, 7165 kHz - képtovábbítás aktivitásközép
7175 - 7200	2700	minden üzemmód, kontinensek közötti összeköttetésekre
10100 -	200	CW, 10116 kHz - QRP aktivitás központja
10140 -	500	keskeny sávú üzemmódok – digimódok
14000 -	200	CW, versenyre ajánlott, 14055 kHz - QRS aktivitásközép
14060 -	200	CW, 14060 kHz - QRP aktivitás központ
14070 -	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, 14070 USB: PSK31
14089 -	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, automatikus állomások (kezelő nélkül)
14099 -	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt), kizárolag jeladók részére

14101 -	2700	minden üzemmód - digimódok, automatikus állomások (kezelő nélkül)
14112 -	2700	minden üzemmód
14125 - 14300	2700	minden üzemmód - SSB versenyre javasolt, 4130 kHz: DV aktivitás központ, 14195 kHz+5 kHz: elsőbbséget élveznek a DX expedíciók 14230 kHz: képátvitel (SSTV) aktivitás központja, 14285 kHz: SSB QRP aktivitás központja
14300 -	2700	minden üzemmód, 14300 kHz vészhelyzeti hívó frekvencia aktivitás központ
18068 - 18095	200	CW, 18086 kHz - QRP aktivitás központ
18095 - 18105	500	keskenysávú üzemmódok – digimódok
18105 - 18109	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, automatikus állomások (kezelő nélkül)
18109 – 18111	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt): kizárolt jeladók részére
18111 - 18120	2700	minden üzemmód - digimód, automatikus állomások (kezelő nélkül)
18120 - 18168	2700	minden üzemmód , 18130 kHz - SSB QRP aktivitás központ 18150 kHz - <u>DV</u> aktivitás központ, 18160 kHz - <u>vészhelyzeti hívó frekvencia</u> aktivitás központ
21000 - 21070	200	CW, 21055 kHz - QRS aktivitás közepe, 21060 kHz - QRP aktivitás közepe
21070 - 21090	500	keskenysávú üzemmód – digimód
21090 - 21110	500	keskenysávú üzemmód - digimód, automatikus állomások (kezelő nélkül)
21110 - 21120	2700	minden üzemmód, (kivéve SSB) - digimód, automatikus állomások (kezelő nélkül)
21120 – 21149	500	keskenysávú üzemmódok
21149 – 21151	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt): jeladók részére fenntartva
21151 – 21450	2700	minden üzemmód, 21285 kHz - SSB QRP aktivitás központja 21340 kHz - képátvitel aktivitás központja, 21360 kHz - <u>vészhelyzeti hívó ferkvencia</u>
24890 – 24915	200	CW, 24906 kHz - QRP aktivitás központ
24915 – 24925	500	keskenysávú üzemmódok – digimódok
24925 – 24929	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, automatikus állomások (kezelő nélkül)
24929 – 24931	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt) jeladók számára fenntartva
24931 – 24940	2700	minden üzemmód - digimód, automatikus állomások (kezelő nélkül)
24940 – 24990	2700	minden üzemmód, 24960 kHz - DV aktivitás közép
28000 – 28070	200	CW, 28055 kHz - QRS aktivitás közepe, 28060 kHz - QRP aktivitás közepe
28070 – 28120	500	keskenysávú üzemmódok – digimódok
28120 – 28150	500	keskenysávú üzemmódok - digimódok, automatikus állomások (kezelő nélküli)
28150 – 28190	500	keskenysávú üzemmódok
28190 – 28199	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt) - helyi idő szerint megosztott jeladók
28199 – 28201	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt) - UTC szerint megosztott jeladók
28201 – 28225	-	IBP (nemzetközi jeladó projekt) - folyamatosan működő jeladók
28225 – 28300	2700	minden üzemmód - jeladók
28300 – 28320	2700	minden üzemmód - digimódok, automatikus állomások (kezelő nélkül)
28320 – 29200	2700	minden üzemmód, 28320 kHz: <u>DV</u> aktivitás közép, 28360 kHz: <u>SSB QRP</u> aktivitás közép, 28680 kHz: képátvitel aktivitás közép
29200 – 29300	6000	minden üzemmód - digimód, automatikus állomások (kezelő nélkül)
29300 – 29510	6000	műholdas kommunikáció lejövő áqa (felmenő 2 méteres vagy 70 cm-es sávban)
29510 – 29520	-	védett sáv (műholdas kommunikáció miatt)
29520 – 29550	6000	minden üzemmód - FM szimplex – 10 kHz-es csatona osztással
29560 – 29590	6000	minden üzemmód - FM átátszó felmenő – 10 kHz-es csatona osztással (RH1-RH4)
29600	6000	FM hívócsatorna
29610 – 29650	6000	minden üzemmód - FM szimplex – 10 kHz-es csatona osztással
29660 – 29700	6000	minden üzemmód - FM átátszó lejövő – 10 kHz-es csatona osztással (RH1-RH4)

16.3. 2 m-es sáv FM átjátszói

(2015. szeptember, forrás: <http://ha2to.orbel.hu>)

<u>Hívójel</u>	<u>OTH/Név</u>	<u>Lejövő [kHz]</u>	<u>Felmenő [kHz]</u>	<u>Csat. új</u>	<u>Elt. [kHz]</u>	<u>CTCSS DL/UL [Hz]</u>	<u>Echolink</u>	<u>QTH Lokátor</u>
<u>HG0RVA</u>	Debrecen	145600.0	145000.0	RV48	-600	131.8/131.8	406293	KN07TN53
<u>HG1RVA</u>	Zalaegerszeg	145662.5	145062.5	RV53	-600	--/--	501567	JN86JT75
<u>HG1RVB</u>	Sopron	145687.5	145087.5	RV55	-600	--/--	7649	JN87GP88ex
<u>HG1RVD</u>	Györ (Nyúl-hegy)	145637.5	145037.5	RV51	-600	107.2/107.2		JN87TN89
<u>HG2RVA</u>	Kőrishegy (Bakony)	145712.5	145112.5	RV57	-600	--/--		JN87VH00
<u>HG2RVC</u>	Dorog	145662.5	145062.5	RV53	-600	--/107.2		JN97IR73
<u>HG2RVD</u>	Esztergom (Vaskapu-hegy)	145787.5	145187.5	RV63	-600	--/107.2	185833	JN97JS28
<u>HG2RVG</u>	Tihany	145750.0	145150.0	RV60	-600	103.5/--	246807	JN86WV66fc
<u>HG3RVA</u>	Pécs (Misina-tető)	145775.0	145175.0	RV62	-600	103.5/103.5	253657	JN96CC63
<u>HG3RVB</u>	Fonyód (Balaton)	145612.5	145012.5	RV49	-600	--/--	202467	JN86SR57df
<u>HG3RVC</u>	Szekszárd	145737.5	145137.5	RV59	-600	74.4/--		JN96II07
<u>HG3RVF</u>	Kaposvár 2. (Igal)	145700.0	145100.0	RV56	-600	74.4/74.4	58700	JN86XN15
<u>HG5RVA</u>	Budapest HHH	145675.0	145075.0	RV54	-600	--/--		JN97LN93rh
<u>HG5RVB</u>	Budapest (Svábhegy)	145600.0	145000.0	RV48	-600	114.8/114.8		JN97LM60sh
<u>HG6RVA</u>	Galyatető (Mátra)	145625.0	145025.0	RV50	-600	114.8/--		JN97WV99
<u>HG7RVA</u>	Érd	145650.0	145050.0	RV52	-600	--/--	608207	JN97KK
<u>HG7RVC</u>	Cegléd	145787.5	145187.5	RV63	-600	114.8/114.8		JN97VE52
<u>HG8RVA</u>	Kiskunfélegyháza	145762.5	145162.5	RV61	-600	--/--	448398	JN96VQ95
<u>HG8RVB</u>	Békéscsaba	145700.0	145100.0	RV56	-600	--/--		KN06MQ45
<u>HG8RVC</u>	Szeged	145662.5	145062.5	RV53	-600	--/131.8	456734	KN06BG75
<u>HG8RVD</u>	Baja (Csávoly)	145687.5	145087.5	RV55	-600	--/--		JN96NE77
<u>HG8RVE</u>	Gyula	145787.5	145187.5	RV63	-600	--/--		KN06PP25
<u>HG9RVA</u>	Kis-köhát (Bükk)	145725.0	145125.0	RV58	-600	114.8/114.8	382993	KN08FB85gw
<u>HG9RVB</u>	Miskolc (Bükkszentkereszt)	145687.5	145087.5	RV55	-600	114.8/114.8	424421	KN08HB84xo
<u>HG9RVC</u>	Sátoraljaújhely	145775.0	145175.0	RV62	-600	114.8/114.8	411830	KN08TJ56
<u>HG9RVD</u>	Ózd	145762.5	145162.5	RV61	-600	114.8/--	428776	KN08DF54

16.4. 70cm-es sáv FM átjátszói

(2015. szeptember, forrás: <http://ha2to.orbel.hu>)

Hívójel	QTH/Név	Lejövő [kHz]	Felmenő [kHz]	Csat. úi	Elt. [kHz]	CTCSS DL/UL [Hz]	Echo link	QTH Lokátor
<u>HG0RUA</u>	Debrecen	438625.0	431025.0	RU690	-7600	131.8/131.8		KN07TM55
<u>HG0RUB</u>	Nyíregyháza	438725.0	431125.0	RU698	-7600	131.8/131.8		KN07UX52
<u>HG0RUV</u>	Véshelyzeti átjátszó	438925.0	431325.0	RU714	-7600	--/-		
<u>HG1RUA</u>	Zalaegerszeg	434650.0	433050.0	RU372	-1600	--/-		JN86JT75
<u>HG1RUB</u>	Sopron	439375.0	431775.0	RU750	-7600	--/-		JN87GP88ex
<u>HG1RUC</u>	Szombathely	439125.0	431525.0	RU730	-7600	107.2--	567741	JN87HF07
<u>HG1RUD</u>	Györ (Nyúl-hegy)	438987.5	431387.5	RU719	-7600	107.2--		JN87TN89
<u>HG2RUB</u>	Esztergom	439425.0	431825.0	RU754	-7600	--/107.2	150187	JN97JS28
<u>HG2RUC</u>	Gerecse	439400.0	431800.0	RU752	-7600	107.2/107.2	946110	JN97FQ92
<u>HG2RUD</u>	Kab-hegy	439450.0	431850.0	RU756	-7600	107.2/107.2	932036	JN87TB81tc
<u>HG3RUA</u>	Siófok (Ságvár)	439150.0	431550.0	RU732	-7600	--/-	406612	JN96BT
<u>HG3RUB</u>	Dombóvár	439337.5	431737.5	RU747	-7600	186.2/186.2		JN96BJ40
<u>HG3RUC</u>	Pécs (Misina-tető)	438900.0	431300.0	RU712	-7600	103.5/103.5		JN96CC63
<u>HG3RUF</u>	Kaposvár 2. (Igal)	439250.0	431650.0	RU740	-7600	88.5/88.5		JN86XN15
<u>HG4RUA</u>	Kőszárhegy (Polgárdi)	438700.0	431100.0	RU696	-7600	107.2/107.2		JN97DC71
<u>HG4RUB</u>	Székesfehérvár	438725.0	431125.0	RU698	-7600	107.2--		JN97FE
<u>HG4RUC</u>	Székesfehérvár	438750.0	431150.0	RU700	-7600	107.2/107.2	247090	JN97FE69
<u>HG5RUG</u>	Budapest HHH	439200.0	431600.0	RU736	-7600	114.8/114.8	225722	JN97MN02ea
<u>HG6RUA</u>	Galyatető (Mátra)	439375.0	431775.0	RU750	-7600	114.8/114.8		JN97WV99
<u>HG7RUA</u>	Érd	438675.0	431075.0	RU694	-7600	114.8/114.8	602241	JN97KK
<u>HG7RUB</u>	Cegléd	438800.0	431200.0	RU704	-7600	114.8/114.8		JN97VE52
<u>HG7RUC</u>	Dobogókő	439350.0	431750.0	RU748	-7600	114.8/114.8	340930	JN97KR82
<u>HG7RUE</u>	Budapest	438775.0	431175.0	RU702	-7600	114.8/114.8	567011	JN97LL78nb
<u>HG8RUA</u>	Szeged	438662.5	431062.5	RU693	-7600	131.8/131.8	456737	KN06BG75
<u>HG8RUB</u>	Békéscsaba	439000.0	431400.0	RU720	-7600	--/-		KN06NQ
<u>HG8RUC</u>	Kiskunfélegyháza	438950.0	431350.0	RU716	-7600	131.8/131.8		JN96VQ95
<u>HG9RUA</u>	Kis-köhát (Bükk)	438862.5	431262.5	RU709	-7600	114.8/114.8		KN08FB85gw
<u>HG9RUD</u>	Ózd	438762.5	431162.5	RU701	-7600	114.8/114.8		KN08DF54

16.5. 2 m-es és 70 cm-es sáv Digitális átjátszói

(2015. szeptember, forrás: <http://ha2to.orbel.hu>)

Hívójel	QTH/Név	Lejövő [kHz]	Felmenő [kHz]	Csat. új	Elt. [kHz]	Üzemmmód	QTH Lokátor
<u>HG0RUA</u>	Debrecen	438625.0	431025.0	RU690	-7600	C4FM/FM	KN07TM55
<u>HG2RUE</u>	Kab-hegy	438300.0	430700.0	RU664	-7600	DMR	JN87TB81TE
<u>HG3RUE</u>	Fonyód (Balaton)	438450.0	430850.0	RU676	-7600	D-Star	JN86SR57
<u>HG4RUC</u>	Székesfehérvár	438750.0	431150.0	RU700	-7600	C4FM/FM	JN97FE69
<u>HG5RUC</u>	Budapest	438500.0	430900.0	RU680	-7600	DMR	JN97LL
<u>HG5RUD</u>	Budapest HHH	438475.0	430875.0	RU678	-7600	D-Star	JN97MN02
<u>HG7RUA</u>	Érd	438675.0	431075.0	RU694	-7600	C4FM/FM	JN97KK
<u>HG7RUD</u>	Vác, Naszály	438450.0	430850.0	RU676	-7600	D-Star	JN97NU50ij
<u>HG7RUF</u>	Érd	438425.0	430825.0	RU674	-7600	D-Star	JN97KJ88mu
<u>HG7RUG</u>	Dobogókő	438525.0	430925.0	RU682	-7600	DMR	JN97KR82
<u>HG9RUA</u>	Kis-köhát (Bükk)	438862.5	431262.5	RU709	-7600	C4FM/FM	KN08FB85gw
<u>HG9RUE</u>	Kis-köhát (Bükk)	438550.0	430950.0	RU684	-7600	DMR	KN08FB85gw

16.6. Magyarországi CTCSS kiosztás

