

HIRADÁSTECHNIKA



HIRADÁSTECHNIKA

A Magyar Mérnökök
és Technikusok Szabad Szakszervezete
Híradástechnikai
Szakosztályának lapja

SZERKESZTŐK: GERŐ ISTVÁN, SALLÓ FERENC, VALKÓ IVÁN PÉTER

TÁVBESZÉLŐ * RÁDIO * TÁVÍRÓ

Címkép: Újjáépült a Pesterzsébeti automata telefonközpont

A MAGYAR VASÚTBIZTOSÍTÓ BERENDEZÉSI IPAR MEGOLDÁSÁRA VÁRÓ FELADATAI A KÖVETKEZŐ TERVÉVEKBEN

PÓSA JENŐ

656.25(439)

Vasútbiztosítóberendezési iparunk már az első világháborút közvetlenül megelőző években igen előkelő helyet biztosított magának Délkelet-Európában. Az első világháborút követő években ezt a helyzetét nemcsak hogy megtartotta, hanem jelentékenyen meg is szilárdította és nagy exporttevékenységet fejtett ki. A délkelet-európai vasútbiztosító-rendszerek a magyar vasútbiztosító-rendszerek mintájára készültek, egyedül talán Románia volt kivétel, ahol főleg nagy állomásokon a francia ipar is képviselve volt.

A „magyar” vasútbiztosító-rendszer az osztrák rendszerekhez hasonló felépítésű, illetve ezek továbbfejlesztésének tekinthető. Amikor „magyar” vasútbiztosító-rendszerekről beszélünk, ez alatt mindig csak a vonóvezetékes mechanikai berendezéseket értjük és nem soroljuk ide az újabb ú. n. elektrodinamikus berendezéseket, melyek a váltókat, illetve jelzőket nem kézi, hanem erőművi úton állítják. Ezeknek a vonóvezetékes mechanikai berendezéseknek jellemző szerkezeti eleme a közel 80 éves multira visszatekintő Siemens & Halske-rendszerű villamos blokkzár. Erre a szerkezetre épült fel egész Közép- és Délkelet-Európa vasútbiztosítási rendszere; általában ezt alkalmazták a Német Birodalmi Vasutak köré a Közép-Európai Vasútegyletbe tömörült vasutak. Ebben a társaságban a hangadók természetesen a német vállalatok voltak, melyeknek úgyszólván minden közép- és délkelet-európai vasútbiztosítóberendezési vállalkozásban érdekelt-ségük volt és mely vállalatok központi irányító szerve a Siemens-koncernbe tartozó hatalmas egyesülés a Vereinigte Eisenbahnen und Signalwerke, röviden VES. lett.

Hazai vasútbiztosító vállalataink sem járhattak önálló utakon. A magyar szemmel nézve rendkívül konzervatív és a németeket jellemző „alapossággal” túlméretezett szerkezetekben az anyag dominált. A sebesség és vonatsűrűség fokozódása következtében elkerülhetetlenül szükségessé vált korszerűsítések irányába egészen sajátos volt. Részben a német lelki beállítottság, részben pedig szabadalmi kérdések miatt ezek a berendezések a régi mechanikai szerkezeteket még legújabb kiviteli alakjaiknál is megtartották, jöllehet vagy már húsz éve nyilvánvalóvá vált, hogy ezen a vonalon zsákutcába jutnak. Különösnek látszik ez akkor, amikor éppen Németország sűrű vasúti hálózatán igen sok nagyforgalmú csomópont alakult ki, melyek biztosítóberendezései az alkalmazott váltók és jelzők nagy száma miatt igen nagyméretűvé

váltak. Természetes, hogy a VES. is iparkodott újabb és újabb szerkezetekkel ezen segíteni, de egészen a legutolsó időkig sem tudta megtenni azt a lépést, mely itt egyedül segít és melynek lényege az, hogy a mechanikai elzárások helyett villamos elzárásokat, függőségeket alkalmazunk. Hazai vezető vasútbiztosítóberendezési vállalataink legújabb szerkezetei is még ezekkel a mechanikai elzárásokkal készültek.

Világviszonylatban VES-nek két komoly versenytársa volt, mindkettő székhelye az Egyesült Államokban van, bár Európaszerte vannak érdekeltségeik és gyártó vállalataik. Ez a két amerikai vállalat a General Railway Signal Co. és az Union Switch & Signal Co. A két vállalat publikációit és propaganda anyagát összevetve, azonban könnyű megállapítani, hogy ezek között valami kapcsolat áll fenn; kisebb kiviteli különbségektől eltekintve ugyanis ugyanazt csinálják és propagandagépezetük is egyértelműen és összehangolva működik. A többi kis vállalat ezek mellett az óriások mellett nem jön komolyabban szóba.

A nagy angolszász vasútbiztosítóberendezési vállalatok főleg Franciaországban, Spanyol- és Olaszországban fejtették ki aktivitást, de igen tekintélyes mennyiségű korszerű berendezést szállítottak Szovjetországnak is. Ez a szállítás az egész világháború alatt tartott, a kölcsönbérleti szerződés keretében. Ezeknek a nyugati berendezéseknek alapján áll ma és ezek nyomán fejlődik Szovjetországnak vasútbiztosítási technikája, ami anynyira elütő a magyar rendszertől, hogy pl. az orosz jóvátételi szállításokra nemcsak teljes magyar-rendszerű berendezések, hanem még ezek alkatrészei sem jöhetnek szóba. A Szovjetunió szakemberei a mi rendszerünket elavultnak tekintik.

Hazai vasútaink az angolszász rendszereket nem alkalmazták, az angolszász vasútbiztosítástechnikai irodalmat legfeljebb az érdekelt gyárak tanulmányozták, a magyar vasutak ezirányú igényeit főleg a német szakfolyóiratok elégítették ki; ezek pedig az angolszász iránnyal már beállítottságuknál fogva sem foglalkoztak belterjesebben. A vasutak tanulmányútjai rendszerint véget értek a német határoknál és ha jött is néha szóba egy-egy beszámoló ezen túlról, ennek rendszerint nem volt visszhangja, mert „miért menjünk olyan messze, mikor közelebb is kapunk megfelelő” volt a jelszó. És ha tárgyilagosa akarunk maradni, meg kell állapítanunk, hogy a VES-

berendezések annak ellenére, hogy nagyok és nehézkesek voltak, jól ellátták feladatukat és kifogástalanul működtek.

Fenti megállapításaink nemcsak a magyar vasutakra vonatkoznak. Nagyjából ugyanez volt a helyzet a Közép-európai Vasútegylet többi vasútjain is, a Skandináv Államok sem voltak kivételek.

A második világháború alatt ez a helyzetkép megváltozik. A változás először a semleges államoknál következett be. Ezek mind nehezebben kaptak árut a háborúban fokozatosan kimerülő Németországból, ezért biztosítóberendezési iparukat lehetőleg függetlenítk a német befolyástól. Így volt ez pl. Svájcban is, melynek a legújabb időkhöz nem volt saját vasútbiztosító berendezési ipara.

A háború végén azután hazánkban is az a helyzet állott be, hogy hazai vasútbiztosítóberendezési iparunk teljesen magára maradt, a délkelet-európai államokban pedig jelentkeztek azok az angol-amerikai eredetű rendszerek, illetve ezek képviselői, amely rendszerek elhelyezése ezeken a területeken eddig úgyszólván kilátástalan volt. Egyidejűleg hazai viszonylatban is revízió alá kellett vennünk a fejlődés eddigi irányvonalát és ügylátszik, már csak bizonyos gazdaságossági elvek érvényesülése következtében is, a jövőben fel kell hagyjunk egyes berendezéstípusok további gyártásával, illetve alkalmazásával. A dolog bizonyos mértékben divatkérdés is, mert ma egyenlő ár mellett az „áramvonalas” készülékeket előnyben részesítik. A divat, az „áramvonal”, ezen a téren a jelfogó. Vannak olyan feladatok, melyek mechanikai módszerekkel vagy egyáltalán nem, vagy csak igen bonyolult és drága szerkezetekkel oldhatók meg. A távbeszélő kapcsolástechnika viszont bebizonyította, hogy nincsen úgyszólván olyan feladat, melyet villamos áramkörökkel megne lehetne valósítani. Közelfekvő volt a gondolat, hogy a vasútbiztosítótechnika feladatainak megoldását szintén jelfogókra bizzuk.

Az angolszász rendszerek ezt jóval előbb ismerték fel és már a második világháborút megelőzőleg kiterjedt mértékben alkalmazták mechanikai problémák megoldására a jelfogókat és mechanikai elzárások helyett a villamoselzárásokat. Tekintettel a megkövetelt teljes biztonságra, az angolszász gyakorlat az óriásjelfogókat fejlesztette ki. Hatalmas mágnesrendszerekkel bíró, üvegburával lezárt szerkezetek ezek, igen nagy helyszükséglettel. Nem is annyira jelfogók ezek már, hanem elektromágneses kapcsolók. A másik véglet a biztosítóberendezési feladatokat távbeszélőtechnikai jelfogókkal, kapcsológépekkel és távbeszélőtechnikai áramkörökkel vélte megoldani. A két szélsőséges irány harcából egy harmadik irány alakul ki, amelyet eddig talán a svájciak közelítettek meg leginkább. Ez az angol-amerikai óriásjelfogók méretei már csökkenőben vannak, a távbeszélőtechnika jelfogói és gépelemei viszont nem váltak be a vasútbiztosítási üzemben. Egy azonban már bizonyos és ezt a hazai vasútbiztosítóberendezési vállalatoknak tudomásul kell venniük, hogy a mechanikai elzárások kora lejárt és hogy a Siemens villamos blokkzár, ez a közel 80 éves szerkezet, melyből csak a VES-üzemek 1942-ig bezárólag közel 300.000 egységet szállítottak, át kell és át is fogja adni helyét egy újabb, korszerűbb és villamos szempontból főleg üzembiztosabb szerkezetnek.

Ez talán az a két alapelv, amelyet a magyar vasútbiztosítási iparnak szem előtt kell tartania, ha továbbra is meg akarja őrizni mostani piacait. A helyzet pillanatnyilag nem mondható kényelmesnek. Új szerkezetek, új megoldások bevezetését tanulmányokon alapuló tervező-, szerkesztő- és kutatótevékenység kell, hogy megelőzze, az idő viszont sürget. A vasútbiztosítóberendezési iparnak a a dolog természetéből kifolyólag bensőséges kapcsolatban kell állnia a vasutakkal. Csak ily módon válik ugyanis le-

hetővé, hogy a berendezések a vasutak üzeméhez mintegy hozzásimuljanak és a biztonságon felül a forgalom meggyorsítását és az üzem gazdaságosságának fokozását is eredményezzék.

Vasútbiztosítási vállalataink az Államvasutaktól várják a kezdeményezést. Ez a lépés a legutóbbi időben megtörtént. A közlekedésügyi minisztérium vezetésével az Államvasutak tanulmányi bizottságot küldött Svájcba, a korszerű vasútbiztosítási rendszerek tanulmányozására. A bizottság jelentésének kiértékelése után meg kell hogy szűnjön és minden bizonnyal meg is fog szűnni a magyar biztosítóberendezési iparban ezidőszent érezhető bizonytalanság és határozott irányt lehet majd vennünk a délkelet-európai vasútbiztosítási feladatok megoldására, mely feladatok nagyjából az Államvasutakon megoldandó feladatokkal azonos vonalon mozognak.

Az alábbiakban szeretném kissé részletesebben körvonalazni azokat a feladatokat, melyeket a közeljövőben meg kell oldanunk.

Az első vonalban az úgynevezett kisebb középállomások biztosítása áll. A jelenlegi gyakorlat az ilyen állomások váltóit és jelzőit a váltók környezetében létesített váltóállítóközpontokból kezeli, egy-egy állomáson tehát két ilyen őrhelyre van szükség és az ezeket vezénylő központi berendezésre, mely utóbbit rendszerint a forgalmi irodában helyezik el. Napi 8 órás szolgálati időt véve alapul, a két őrhely benépesítéséhez 6 főnyi személyzet szükséges; ezek munkaköreje kis- vagy közepes forgalom esetében — különösen, ha az állomásokon tolatás sincsen — nem használható ki, munkaidejük legnagyobb részét pusztán jelenlétükkel töltödi ki.

Villamos váltó- és jelzőállítás bevezetésével ez a két szolgálati hely megszüntethető és az állomást maga a forgalmi szolgálattevő tarthatja kézben. Az ilyen kis középállomások berendezései az új biztosítástechnikai módszerek és a villamoselzárások elvének alkalmazásával igen kismértékűek és könnyen kezelhetők lehetnek. A svájci vasutak és a svájci ipar kooperációjával kifejlesztett ilyen berendezések például csupán a személyzeti munkabérek megtakarításából 2—3 év alatt teljesen amortizálódtak, fenntartási költségeik pedig a régi berendezések fenntartási költségeinek $\frac{1}{10}$ -re csökkentek.

Államháztartásunk mai helyzetében ez igen fontos szempont. Igaz, hogy ilyen berendezések létesítésének előfeltétele, hogy a helyszínen, hálózati áram álljon rendelkezésre, a villamosítás azonban nemcsak hazai, hanem délkelet-európai viszonylatban is programm és ha csak 15 évre tekintünk előre, a legtöbb ilyen középállomáson a hálózati áram már rendelkezésre fog állni.

Az újabb állomási biztosítóberendezéseknél két irányzat alakult ki. Mindkét irányzat közös jellemvonása, hogy mechanikai függékek helyett csak villamosfüggéseket, illetve reteszelékeket alkalmaz, de míg az egyik építési módnál minden kezelőfogantyú, illetve gomb mindenkor szabadon mozgatható, addig a másik módszernél azok a kapcsológombok, billentyűk vagy egyéb szervek, melyek működtetése nem kívánatos, nem mozdíthatók el, mert ezeket villamosrögzítőszervekkel ilyenkor megfogják. Az előbb említett teljesen szabadmozgású berendezések is természetesen olyanok, hogy egy tiltott mozgást vezénylő gomb- vagy billentyű kezelése hatástalan marad addig, amíg a veszélyes állapot fennáll. A mintegy elraktározott vezénylés azonban később hatályos lesz és a berendezés azokat végre is hajtja. Eppen az az a pont, ahol a második megoldás, tehát a rögzített kapcsolók hívei támadják ezt a rendszert és joggal. A kezelő személyzet — ha közben egyéb dolga is van — esetleg nem tudja egyértelműleg megállapítani a kapcsolók állásából a mindenkori helyzetet és ebből félreértések származhatnak. Minden jel arra mutat, hogy kis középállomásokon az Államvasutak

a második elvet, tehát a rögzített kapcsolókat fogják szabványosítani.

Nagyobb állomásaink biztosításánál már más szempontok lesznek irányadók. A vezérelv itt is a munkaerő-megtakarítás és az egyszerű kezelhetőség kell hogy legyen. A villamoselzárású rendszerek alkalmazása itt is érdekes lehetőségeket rejt magában. Lehetséges ugyanis a jelenlegi vonóvezetékes rendszer átmeneti megtartásával ezeket olyan vezénylőkészülékekkel összefogni, mely készülékek későbbi idők folyamán már teljesen villamosított berendezésekkel is összeműködhetnek. Lehetséges tehát egy-egy nagy állomást fokozatosan korszerűsíteni, ami egy ilyen nagy állomásnál jelentkező tetemes építési költségeknek több évre elosztását teszi lehetővé.

Erdekes, mintegy átmeneti megoldás az, melynél a váltókat a váltók közelében levő állítóközpontokból mechanikusan állítják, a jelzők fölött viszont az egyközpontos berendezések mintájára, maga a forgalmi személyzet rendelkezik és ezeket közvetlenül a forgalmi irodából állítja.

A nagyobb állomások korszerű biztosításának úgyszólván elengedhetetlen feltétele, az összes állomási vágányok és váltók szigetelése. Az Államvasutak svájci tanulmányútjának egyik legfőbb tanulsága éppen az volt, hogy még idejében felhívta figyelmünket erre. A svájciak pl. még régebben vasaljakra helyezték legnagyobb állomásaikat és most igen kényelmetlen helyzetbe kerültek. Ha jól akarnak biztosítani, az egész állomási felépítményt ki kell cserélniök, ha pedig ezt a felmerülő költségek miatt nem tehetik, számolniuk kell bizonyos baleseti veszteséggel. Egyelőre ezt az utóbbi utat választották és most a zürichi pályaudvarokon évente kb. 10 mozdonyt váltanak alá, ami kb. évi 100.000 svájci frank kiadással jár. Pedig a svájci személyzet igazán példásan diszciplinált!

Mi még nem vagyunk ilyen kedvezőtlen helyzetben. Mint tudjuk, a korszerű biztosítóberendezések fontos jellemzője a vágányfoglaltság gépi ellenőrzése, ami egyúttal a tolatások tartama alatt alaváltás elleni védelmet is jelent. Ha állomásainkat faaljakra helyezzük, ezek a vágányfoglaltsági berendezések viszonylag egyszerűek és így olcsók és üzembiztosak is lehetnek. Más a helyzet betonalk esetében. Pedig ezek kiterjedt alkalmazásával a jövőben számolnunk kell. Ezen a vonalon élmunkára lesz szükség, amit a hazai biztosítóberendezési vállalatoknak az államvasutakkal karöltve kell végezniök. A kísérleti szakaszok előkészítése a vasutak részéről már folyamatban van és a mérések eredményei fogják eldönteni, hogy milyen irányban kell hogy haladjon a fejlődés.

Egy már mindenestre most is biztosra vehető, hogy vasbetonaljakkal kapcsolatban a legérzékenyebb és legújabb sínáramkörrendszerek alkalmazására kell hogy sor kerüljön. Az egyfázisú villamosvontatás miatt sínáramkörreink egyenárammal kell hogy működjenek, de a régi klasszikus egyenáramú rendszerek érzékenysége előrelátólag nem lesz kielégítő.

Térközbiztosítóberendezésünkénél a Siemens-rendszerű villamosblokkzárakról fokozatosan át kell térnünk más szerkezetekre. Ez a törekvés általánosnak mondható és önmagábanvéve is igen érdekes problémakör. Abban általában megegyeznek a vélemények, hogy a Siemens-blokkzár nem korszerű, sok hibája mellett villamosított vonalakon bizonyos helyeken egyenesen üzemveszélyesnek is mondták már, mégis mindenki elismeri, hogy akár csak a Morze-távíró vagy a Ford-autó, nagyszerű előrelátással felépített szerkezet, amit igen nehéz lesz másral helyettesíteni. A most fejlődésben levő rendszereknek tehát igen sok előnyt és nagy biztonsági fokot kell felmutatniok, hogy kiszorítsák ezt a főleg mechanikus zárat, aminek leggyengébb pontja éppen a villamos része.

Az újabban kialakult blokkrendszerek részben az önműködő vonalblokk, részben a korszerű állomási biz-

tosítóberendezések áramköreit és gépelemeit használják fel.

Egyvágányú pályákon fontos lenne a gépi ellenmenet-biztosítás bevezetése. Ez szintén összefügg a Siemens-blokkzár kérdésével. Főleg egyvágányú pályákon fontos ez, ahol ezzel egyrészt a szolgálat egyszerűsíthető, másrészt az egyvágányú pályák teljesítőképessége is fokozható.

Az önműködő térközbiztosítás problémája hazánkban egyelőre csak egyes nagyforgalmú vonalszakaszokon fog megoldásra várni, a közeli jövőben inkább csak kísérleti jellegű berendezések felszerelésére kerül majd sor. Ezzel kapcsolatban ismét szemben találjuk magunkat az aljkérdéssel. A szigeteltsínrendszereken alapuló berendezéseket vasbetonaljakkal felszerelt vonalainkon nem tudjuk majd gazdaságosan alkalmazni. Szerencsénkre másoknak is vannak hasonló, sőt súlyosabb gondjaik; többek között pl. a svájciaknak, ahol a pályák nagyrésze vasaljakon fekszik és ahol szigetelésről a dolog természetéből kifolyólag szó sem lehet. A vágány szabad voltának gépi megállapítására ilyen helyeken a tengelyszámlálókat alkalmazzák. Mechanikai megoldások, pedálsínek, sínérítők stb. természetesen szóba sem jöhetnek, ezért mágneses, illetve induktív rendszereket fejlesztettek ki. Ezeknek ezideig egyetlen komoly hibájuk, hogy indikációjuk a járművek, illetve a kerékpárok sebességétől függ. 5 km/óránál kisebb sebességnél üzemük már bizonytalan.

A központi forgalomvezérlő berendezések bevezetését mértékadó körünk általában még korainak tartják, egyéni véleményt fejezek ki akkor, amikor állítom, hogy a következő öt éves terv folyamán legalább egy 4—5 állomásra kiterjedő egyvágányú pályaszakaszon meg kellene próbálkoznunk vele. Vasútbiztosítóberendezési vállalatainknak mindenestre tanulmányozniok kell ezt a témakört is, mert könnyen kaphatunk Délkelet-Európa felől ösztönzést ilyen berendezések létesítésére. Minthogy pedig gyári munka vasúti kooperáció nélkül nem járhat eredménnyel, az ipar érdekében az Államvasutaknak is bizonyos áldozatot kell hoznia annál is inkább, mert a délkeleteurópai vasutak csak olyan rendszereket fognak gyárainktól elfogadni, melyeket gyakorlatban, üzemben láthatnak.

A közeljövőben mind jobban előtérbe fog kerülni az útátjárók biztosítása is, azaz a sorompók automatizálása. Ennek jelen időpontban még bizonyos jogi szempontok állanak útjában. Kilátás van azonban arra, hogy a fennálló jogi helyzet, illetve gyakorlat, mely vasúti pályakeresztezéseknél történt balesetek alkalmával úgyszólván minden esetben a vasutat marasztalta el, oly irányban nyer törvényes rendezést, mely a vasutak helyzetét a jelenleginél kedvezőbbé teszi és módot fog nyújtani az önműködő útátjáró-, illetve sorompóberendezések kiterjedt alkalmazására.

Gurítópályaudvaraink teljesítőképességének növelése végett ezek legtöbbjét már felszereltük korszerű jelző- és vezénylőkészülékekkel, ezek azonban még további kifejlesztésre várnak. Legnagyobb gurítópályaudvaraink teljesítőképességét villamos, illetve légnymásos vágányfékberendezések alkalmazásával még tovább növelhetjük.

A fent vázolt problémák mellett számos mellékfeladat vár megoldásra. Így pl. nagy hatásfokú, kis áramfogyasztású fényjelzők, korszerű áramellátási rendszerek, stb.

Összefoglalva a fentieket, a magyar vasútbiztosítóberendezési ipar háború utáni helyzete időszerűvé teszi, hogy mielőbb állástfoglaljon bizonyos rendszerek tekintetében és áttérjen olyan rendszerek kifejlesztésére és gyártására, melyek egyrészt exportképesek, másrészt pedig alkalmasak arra, hogy lényeges változtatás vagy kiegészítés nélkül a következő 50—75 üzemévre szabványosíthatók legyenek.

A MÁGNESES HANGRÖGZÍTÉS FEJLŐDÉSE A HÁBORÚ ALATT

KÁDÁR MIKLÓS

534.852

A hang rögzítésének háromféle módja ismeretes a híradástechnikában, a mechanikai, az optikai és a mágneses eljárás. A mágneses eljárást Poulsen alkalmazta először 1898-ban. Telegrafon nevű készülékében vastag acélhuzalt használt hanghordozóul, minthogy azonban a használt acélhuzal mágneses tulajdonságai nem voltak megfelelők és az elektroncsöves erősítő még nem volt ismeretes, a kapott hang gyenge volt. Mivel a mechanikai rendszerek nagyobb hang-erőt szolgáltattak, a század első évtizedeiben ezt fejlesztették ki és a gramofon a mágneses hangrögzítést háttérbe szorította. 1929-ben a hangosfilm feltalálásával megoldották a hangnak optikai rögzítését. Az optikai hangrögzítés azóta hatalmas fejlődésen ment keresztül és magas minőségi színvonalat ért el.

Az első világháború után az erősítőtechnika kifejlődése tette lehetővé, hogy újból foglalkozzanak a mágneses hangrögzítés problémájával. Pfeu-mer végezte 1928-ban Németországban az első ezirányú sikeres kísérleteket. Az ő szabadalmait az AEG vette át és az AEG mérnökei az I. G. Farbenindustrieval együttműködve dolgozták ki az első, gyakorlatban is használható mágneses hangfelvevő készüléket, mely 1935-ben Magnetofon néven került forgalomba. A Magnetofon vékony acélhuzalra rögzítette a hangot, de a leadott hang minősége nem érte el az akkor már magas fokon levő optikai vagy mechanikai hangfelvevő rendszerek minőségét. Az átvitt hangsáv szűk volt és a jel-zaj viszony is alacsony, csak 20 db volt. A készüléket éppen ezért főleg diktafon céljaira használták.

A második világháború alatt a mágneses hangrögzítő eljárás sokat fejlődött. Német gyárak (Lorenz, Telefunken) olyan készüléket fejlesztettek ki, amelyben a hangot finom mágnesezhető vasporral bevont papírszalagra vették fel. Ezek a készülékek már lényegesen jobb minőségűek voltak az előzőeknél, a jel-zaj viszony 60 db-re nőtt meg. A második világháború alatt kezdtek el az USA-ban is foglalkozni a mágneses hangrögzítés problémájával. A National

Defense Research Committee védnöksége alatt az Indiana Steel Products Comp. mágnesezhető anyagok, mágneses bevonatok kutatásával, a Bell Telephone laboratórium, a Bush Development Company, a Magnecord Inc. és egyéb cégek a felvételi eljárások és készülékek kifejlesztésével foglalkoztak. Többféle hangrögzítő eljárást és készüléket dolgoztak ki, melyek az alkalmazott hanghordozó közeg szerint négy csoportba oszthatók.

1. a hanghordozó vékony acélhuzal,
2. a hanghordozó mágnesezhető Ni-Co-réteggel bevont sárgaréz-huzal vagy szalag,
3. a hanghordozó mágnesezhető porral bevont papírszalag vagy filmszalag,
4. a hanghordozó mágnesezhető porral bevont papírtárcsa.

Mindegyik típusban a különböző igényeknek megfelelően különböző minőségű és áru készülékeket készítettek. Általában a hangleadás minősége, az átvitt sáv szélessége növekszik a hanghordozó sebességével, ezzel együtt növekszik azonban a készülék mérete és ára is.

Bármelyik típusú készülékben megtalálható a hangfelvevő fej, a hangleadó fej és a törlő fej. A felvevő fejet egy mikrofon és erősítő vezérli, a leadó fejhez egy erősítő és hangszóró csatlakozik. A hangtörlő fejet egy 30—40 Kc-on működő ultrahang oszillátor táplálja. A készülék torzításmentes működéséhez szükséges, hogy a munkapont a mágnesező görbe egyenes részére kerüljön. Ezt úgy érik el, hogy a hanghordozó közeget megfelelően előmágnesezik. A régebbi készülékekben az előmágnesezés egyenárammal történt, jobb jel-zaj viszony elérése céljából azonban az újabb készülékekben ultrahang-előmágnesezést alkalmaznak. A felvevő fej így kettős tekercseléssel bír, egyikbe vezetik be a felerősített hangáramot, a másikba pedig az ultrahangáramot. A felvevő fej által rögzített mágneses fluxus φ_r , a veszteségektől eltekintve, arányos a vezérlő feszültséggel.

$$\varphi_r = k_1 V_b$$

ahol V_b = a fejbe bemenő feszültség, k_1 = arányossági tényező, mely kb. 2 Kc-ig állandó, 2 Kc felett azonban a szórás és vasveszteségek megnövekedése folytán csökken. Ennek kiegyenlítésére a felvevő erősítőt 2 Kc felett emelkedő frekvencakarakterisztikával készítik. Az 1. ábra mutatja egy mágneses hangrögzítő készülék felvevő rendszerét, a 2. ábra pedig a felvevő erősítő karakterisztikáját.

A hangleadó fej hasonló a felvevő fejhez, de hiányzik belőle az előmágnesező tekercs. A hangvisszaadásnál a leadó fejben indukált feszültség a fluxusváltozással arányos,

$$V_k = k_2 \frac{d\varphi_r}{dt} = k_1 k_2 \frac{dV_b}{dt}$$

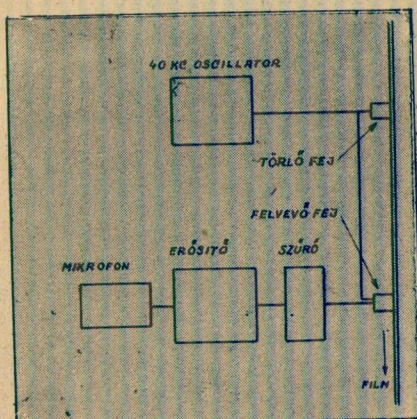
ahol k_2 = arányossági tényező, mely kb. 3 Kc-ig állandó, afelett azonban a növekvő szóródási és vasveszteségek miatt csökkenő értékű,

$$V_b = V \sin \omega t \quad \frac{dV_b}{dt} = \omega V \cos \omega t$$

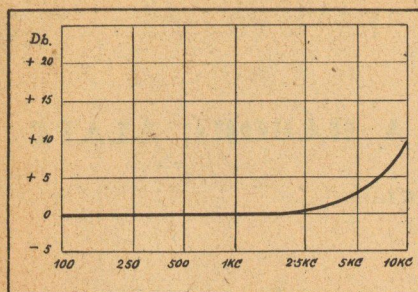
ami fáziseltolódáson kívül a frekvenciával növekedő feszültséget eredményez. A torzítatlan hangvisszaadáshoz a leadó erősítőbe egy szűrőt kell beépíteni, mely a fenti frekvenciafüggőségeket kiegyenlíti. A 3. ábra mutatja egy mágneses hangrögzítő készülék leadó rendszerét, a 4. ábra pedig a leadó erősítő karakterisztikáját.

ACÉLHUZALOS KESZÜLEK.

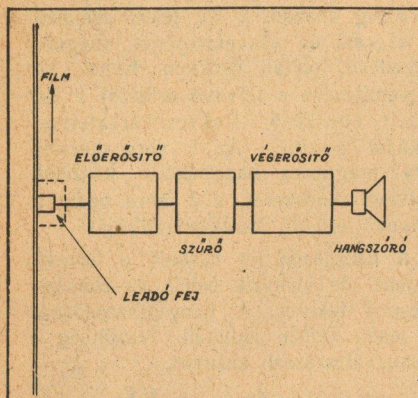
Ilyen készüléket gyárt a Magnecord Inc. cég, melynek Magnicorder S. D. 1. típusú készülékét az 5.



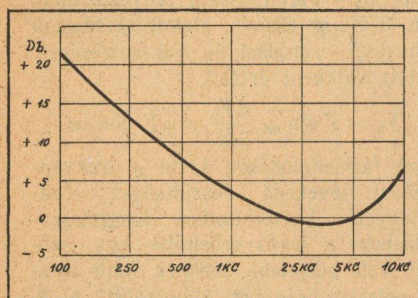
① Mágneses hangfelvevő rendszer.



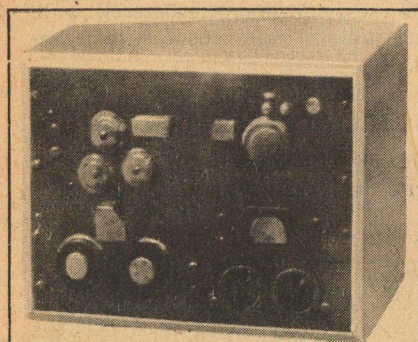
② Mágneses hangfelvevő erősítő karakterisztikája.



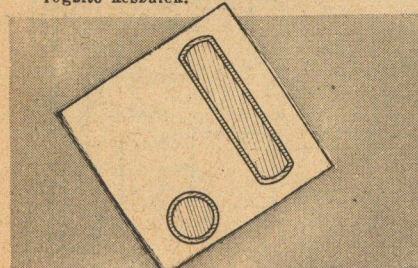
③ Mágneses hangleadó rendszer.



④ Mágneses hangleadó erősítő karakterisztikája.



⑤ Magnicorder SD 1 típusú acélhuzalos hangrögzítő készülék.



⑥ Mágnesezhető réteggel ellátott sárgaréz-huzal és szalag keresztmetszete.

ábra mutatja. A készülék 0.1 mm vastagságú acélhuzalt használ hanghordozóul, melyet 1.2 m/sec. sebességgel mozgat. Ilyen vékony huzal megfogása, feltekercselése és egyenletes mozgatása elég nehéz feladat. A huzal egyenletes mozgását a felvevő és leadó fejben, a hangosfilmgépekhez hasonlóan, egy lendkerékkel ellátott, egyenletes forgású, meghajtott dob biztosítja, melyre a huzal a szükséges tapadás elérése céljából néhány menetben rá van tekerve. A huzalt egy rúgós görgő feszíti ki pályáján. A feltekercselést egy rétegesen tekercselő szerkezet végzi. A készüléket synchron motor hajtja és az előre és visszafelé is járhat. Egy kívánt feljegyzés gyors megkereséséhez a készülék mindkét irányban négyszeres sebességgel is járatható.

A készülék frekvenciakarakteristikája 50—12.000 Hz-ig ± 2 db-re kiegyenlített. Torzítása kisebb, mint 1.5% és a jel-zaj viszony 40 db. A huzal nem rongálódik meg többszöri lejátszástól sem, egy felvétel többzerszer is lejátszható, a hang minden észrevehető rosszabbodása nélkül. A hang összeállítás, a hangosfilmhez hasonlóan, úgy történik, hogy a huzalt ollóval szétvágják, a megfelelő részeket összekötik és a kiálló végeket levágják. A csomók észrevehető zavar nélkül haladnak át a hangleadó fejen. A készülék kisméretű és súlyú és így előnyösen használható bizonyos ipari célokra (pl. helyszíni hangfelvételeknél) és amatőr célokra is.

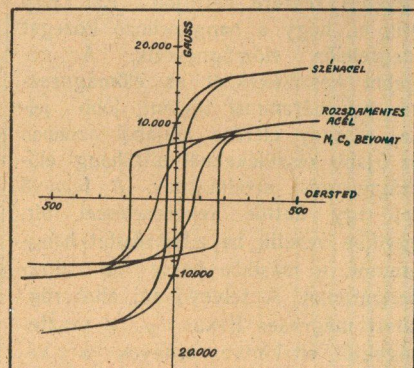
Ni-Co BEVONATÚ FEMHUZALOS KÉSZÜLEK.

Nagy koercitív erejű és nagy remanenciájú acélhuzalt pontos méretre húzni és biztosítani ennek egyenletes mágneses tulajdonságait nehéz és költséges feladat. Ezért fejlesztett ki a Brush Development Comp. egy olyan hangrögzítő készüléket, melynek hangfelvevő anyaga sárgaréz-huzal vagy szalag, melyet egy jól mágnesezhető 8—10 μ vékony Ni-Co réteggel vontak be. Sárgaréz-huzalt

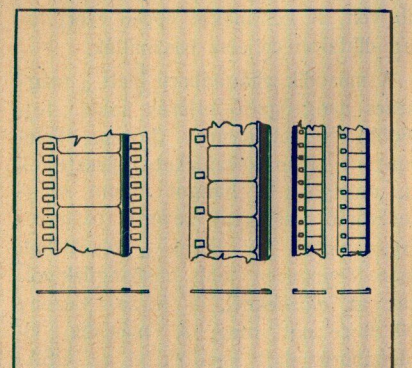
vagy szalagot könnyen lehet pontos méretre húzni és azt olcsó, egyszerű eljárással lehet egyenletes Ni-Co-réteggel bevonni. A 6. ábra mutatja, ilyen huzal és szalag keresztmetszetét. A Ni-Co bevonat koercitív ereje 200—250 Oersted. mágneses tulajdonságai — mint azt a 7. ábra mutatja — lényegesen jobbak, mint a régebben használt szénacél és rozsdamentes acél tulajdonságai. A huzal sebessége 0.6 m/sec. A készülék frekvenciakarakteristikája 60—6000 Hz-ig ± 5 db-re kiegyenlített. A jel-zaj viszony 40 db.

MÁGNESEZHETŐ PORRAL BEVONT PAPIR VAGY FILMSZALAGOS KÉSZÜLEK.

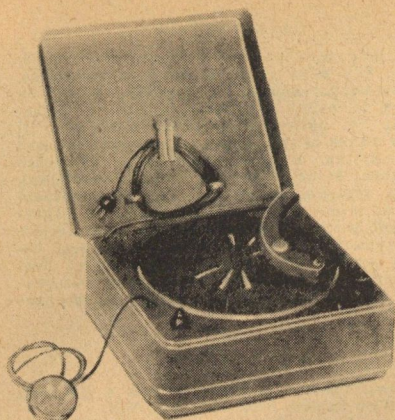
A legelterjedtebb készüléktípusok hanghordozóul különböző szélességű papírszalagot vagy filmszalagot használnak, melyet egyenletes finomszemcséjű, kötőanyagba ágyazott mágnesezhető porral vonnak be. Az első ilyen készülékek finomra őrölt vasport használtak, de ennek mágneses tulajdonságai gyengék voltak. A háború alatt a németek áttértek ferrioxyd-por (Fe_2O_3) használatára, ezzel már jobb eredményeket értek el. Az USA-ban permanens mágnesporok kutatásával főleg az Indiana Steel Co.-ben foglalkoztak. Jó eredményeket értek el speciálisan előállított és hőkezelt ferrooxyd-porral (Fe_3O_4), melynek koercitív ereje 200—250 Oersted, a legmagasabb koercitív erőt pedig egy Hyflux-nevű fémpor nyertek. A Hyflux egy ötvözet, melynek összetételét nem közlik és mágneses tulajdonságai megközelítik az Alnico-ét. Többféle módosulatban készül, melyeknek koercitív ereje 350—550 Oersted, remanenciája 7000—2000 Gauss, $BH_{max} = 0.4 - 1.1 \times 10^6$. A 0.2—1 μ szemcsenagyságú porhoz a film, ill. papírszalaghoz való tapadás céljaira kb. 10% kötőanyagot kevernek. A bevonat vastagságával nő a hang-visszaadás szintje, de egyenletes frekvenciakarakteristika elérése céljából a vastagság nem növelhető 15 μ fölé. A bevonat mágne-



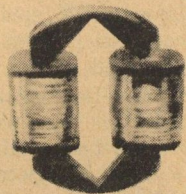
⑦ Különböző mágnesezhető anyagok hysteresis görbéje.



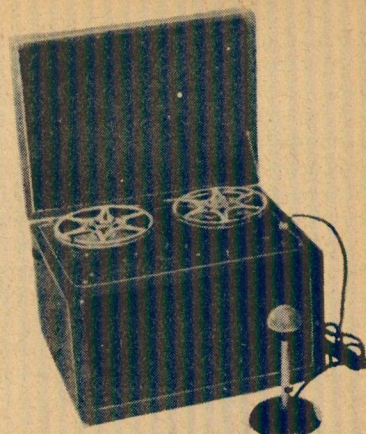
⑧ Különböző méretű filmszalagok mágneses hangosfékai.



⑨ Brush BK 401-típusú papírszalagos mágneses hangrögzítő készülék.



⑩ A BK 401-készülék hangfelvő feje.



⑪ Korongtípusú mágneses hangrögzítő készülék

ses tulajdonságai befolyásolják a hangrögzítés frekvenciakarakterisztikáját. A mély hangok jó átviteléhez nagy remanencia, a magas hangok jó átviteléhez nagy koercitív erő előnyös. A Hyflux hátránya, hogy hosszú ideig nedves, sós levegő hatásának kitéve oxidálódik és ekkor mágneses tulajdonságai romlanak, de ez hangerőben nem tesz ki többet 6 db-nél.

Hanghordozó anyagul különböző méretű papír vagy filmszalagot használnak. A speciális nagyszilárdságú, 0.05 mm vastagságú papírszalag előnye, hogy olcsó és mérettartó (nem zsugorodik), hátránya, hogy felülete nem olyan síma, mint a filmszalag és így alapzöreje valamivel magasabb. Csak egyik oldalát vonják be vasporral, a másik oldal felhasználható különböző jelzésekre. (Hossz, időjelzés, stb.) A papírszalag szélessége nincs szabványosítva, legelterjedtebb az 1/4 hüvelyk széles szalag, melyet 8 mm széles orsókra tekercselnek fel. 180 mm Ø-jű orsóra 300 m papírszalag fér rá. Minél szélesebb a szalag, annál magasabb a hangleadás szintje és a jel-zaj viszony, de kielégítő minőség érhető el 1.5 mm széles szalaggal is. Karcolásokra a papírszalag nem érzékeny, 4—5000 lejátszás után az alapzöreje nem nő és a hangerő sem csökken.

Mágneses bevonatot fel lehet vinni különböző méretű filmszalagokra is. Készítettek mágneses filmet 35 mm-es és 16 mm-es hangosfilmre, mikor is a mágneses bevonatot az optikai hangcsík helyére tették. Készítettek mágneses hangosfilmet 8 mm-es méretben is, amelyen az optikai hangfelvétel még nincs is megoldva. A mágneses sávot 8 mm-es filmen vagy az ekeskenyített méretű perforációsor mellett, vagy a film másik szélén helyezik el.

A 8. ábra mutat 35—16—8 mm-es hangosfilmet, mágneses hangcsíkkal. A mágneses bevonat elhelyezhető a filmszalag bármely oldalán, úgy az emulsiós, mint a síma oldalon, de általában a síma oldalra szokták tenni. A bevonatot rá lehet vinni a filmre az előhívás előtt, vagy az előhívás után is. A bevonat vízálló és az előhívó és fixirolatok sem támadják meg. A bevonat felvitele nem sérti meg az előhívott képet. Készítettek mágneses bevonatú hangfilmet 8 mm-es filmszalagra, a szalag teljes szélességében, kép nélkül is, amatőr hangfelvételi célokra.

A 9. ábra mutatja, a Brush Development Co. BK. 401. típusú amatőr-célokra készült papírszalagos hangrögzítő berendezését. A 6.35 mm széles papírszalag sebessége a készülékben 190 mm/sec. (megfelel a keskenyfilm sebességének), a 180 mm Ø orsók felírás hangfelvétel eszközölhető. A visszatekerés 1 perc alatt történik. A készülékbe 3 motor van beépítve, 1—1 motor hajtja az orsókat, a harmadik pedig egy mechanikai szűrőrendszeren keresztül egy dobort forgat, mely a szalagot a hangfelvő. illetve leadófejen húzza át egyenletes sebességgel. A felvőfejet a 10. ábra mutatja, árnyékolás nélkül. A fej szimmetrikus felépítésű, mindkét lammellált póluson 1—1 tekercs van. Ez a felépítés semlegesíti a külső zavaró mágneses terek hatását. Jó hatásfok elérése céljából a légrés igen kicsi, a pólusok majdnem érintik a szalagot. Úgy a felvő-, mint a leadófej mágneses árnyékolással bír, a külső zörejtér és a közvetlen mágneses csatolás ellen. A készülék frekvenciakarakterisztikája 60—6000 Hz-ig ± 5 db-re kiegyenlített, a torzítás kisebb mint 5%. A jel-zaj viszony az előmágnesező áramtól függ, ennek legkedvezőbb beállítása mellett 60 db.

Készítettek ipari célokra, hangosfilmfelvételekhez, perforált mágneses filmszalagot, melyet normálfilm sebes-

séggel 456 mm/sec. mozgattak. Ennek frekvenciakarakterisztikája 50—12.000 Hz-ig ± 3 db-re kiegyenlített, ami a legjobb minőségű optikai hangleadásoknak felel meg. A mágneses hangleadójel illesztő transzformátorral kb. 0.25 V csúcsfeszültséget ad, ami magasabb érték, mint az optikai hangleadásnál a fotocella által adott feszültség. A felvehető dinamikusáv is nagyobb, mint optikai felvételnél.

MAGNESEZHETŐ PORRAL BEVONT PAPIRKORONGOS KÉSZÜ- LEK.

Miután sikerült olyan mágnesezhető porbevonatot készíteni, mellyel aránylag kis haladási sebesség mellett is kielégítő hangminőséget lehet elérni, megvolt a mágneses hanglemez készítésének lehetősége. A 11-es ábra a Erush Development Co. korongtípusú hangfelvőjét mutatja. A szalagos hangfelvőnél használt mágneses porbevonatot itt egy papírtárcsára vitték fel. A lemez külső Ø-je 22 cm, a hangfelvételi belső Ø-je 14 cm. A hangbarázdák szélessége 35 μ , a barázdák közötti távolság 28 μ . A korong fordulatszáma percnként 20, egy lemez játszási ideje 3 perc. A felvő-, illetve leadófej vezetésére a hanglemez közepén egy vezető spirális van bevéve, mely a mágneses pick-up-karból kinyúló tű segítségével vezeti a kart.

Összehasonlítva egymással a különböző mágneses hangrögzítő rendszereket, megállapíthatjuk, hogy ámbár azonos frekvenciakarakterisztikához a huzalos készülékeket gyorsabban kell mozgatni, mint a szalagos készülékeket, a szalagok nagyobb szélességük folytán azonos lejátszási időhöz több helyet, nagyobb orsót igényelnek, ill. azonos orsóméret mellett kisebb játszási időt adnak. Hosszú játszási idő esetén a huzalos rendszer kisebb helyszükséglete előnyösebb. Előnye vi-

szont a szalagos rendszernek, hogy feltekercselve a mágneses rétegek nem érintkeznek közvetlenül egymással, hanem közöttük van a papír- vagy filmszalag. A huzalos rendszernél a mágneses rétegek közvetlenül érintkeznek egymással és így az egyik me-
netről a másikra való átmágnesezés nagyobb, ami viszont a zörejnívót növeli. A jel-zaj viszony ezeknél nehezen emelhető 40 db. fölé. Hátránya még a huzalos rendszernek a komplikáltabb, réteges tekercselő szerkezet, előnye viszont a fém nagyobb szilárdsága, tartóssága, papír-, illetve filmszalaggal szemben.

Összevetve a mágneses hangrögzítő eljárásokat az optikai, illetve mechanikai eljárásokkal, megállapíthatjuk, hogy a mágneses rendszernek vannak bizonyos előnyei a többi rendszerrel szemben. Ezek az előnyök különösen amatőr hangfelvételeknél mutatkoznak. A mágneses készülék olcsóbb, kezelése egyszerűbb, mint akár az

optikai, akár a mechanikai hangfel-
vevőé. A felvett hang azonnal készen van, semmiféle előhívást nem igényel és minősége azonnal ellenőrizhető. Ha a felvétel nem megfelelő, az letörölhető és azonnal megismételhető, akár hányszor, míg sikerül megfelelő eredményt elérni. Minthogy selejt ilymódon nincs, a mágneses rendszer gazdaságosabb is mint a többi. De vannak a mágneses hangrögzítésnek ipari alkalmazásnál is előnyei. Azonos ját-
szási időnél kisebb a helyszükséglete. Érzéketlen hőmérséklet-ingadozásra és mechanikai rázásra. Ismételt lejátszás nem növeli az alapzörejt. Azonos hangminőség mellett a berendezés és a felvételi eljárás olcsóbb és a felvétel gyorsabb, mint az optikai rendszerénél. Egyetlen jelentős hátránya viszont, hogy nem sokszorosítható olyan könnyen, mint a mechanikai vagy az optikai felvétel. A mágneses felvétel másolása csak átírással lehet-
séges.

Összefoglalás:

A mágneses hangrögzítő berendezések minősége, úgy mint az átvitt hangszívszélessége, frekvenciakarakterisztika, torzítás, jel-zaj viszony jelentősen megjavult és eléri a mechanikai, ill. optikai hangfelvétel minőségét. Új jobb mágneses tulajdonságú anyagokat találtak pl. Hyflux. A hanghordozó közeg különböző alakban készül, úgymint vékony acélhuzal, Ni-Co réteggel bevont rézhuzal, mágnesezhető porral bevont papír- vagy filmszalag és mágnesezhető porral bevont papír-tárcsa. Legelterjedtebb amatőr használatra a ferrooxidporral bevont papírszalagos készülék. Ezt a háború alatt katonai célokra is alkalmazták. Ipari alkalmazást nyert a mágneses hangosíkkal ellátott hangosfilm.

Irodalom:

- Camras: Theoretical Response from a Magnetic Wire Record. Proc. IRE 1943. VIII.
Begn: Recent Development in the Field of Magnetic Recording. SMPE 1947. I.
Tinkham-Boyer: A Magnetic Sound-Recorder of Advanced Design. SMPE 1947. I.
Howell: Magnetic Sound Recording on Coated Paper Tape. SMPE 1947. I.
Kornel: Frequency Response of Magnetic Recording. Electronics 1947. VIII.
A mágneses hangrögzítés fejlődése a második világháború alatt.
Die Entwicklung der magnetischen Tonaufzeichnung während des zweiten Weltkrieges.
Recent Development in the field of Magnetic Recording.
Développement récent de l'enregistrement du son.

FREKVENCIA-MODULÁCIÓS ADÓBERENDEZÉSEK

SÁRKÖZY GÉZA

621.396.61.029

A híradástechnika minden ágának, de az elektromágneses hullámok útján történő átvitelnek különösen, állandó törekvése a külföldi okokból keletkező zavaró zajok hatásának csökkentése, a jel-zaj viszony javítása. Ennek legkézenfekvőbb módja a hasznos jel télerősségének növelése a vétel helyén, ami az adóberendezés teljesítményének növelését és hatásos sugárzó-rendszerek (antennák, reflektorok) alkalmazását teszi szükségessé. A teljesítménynövelés azonban a növekvő beruházási és üzemeltetési költségek miatt csökkenti a berendezés gazdaságosságát, a sugárzó rendszer hatásosságának pedig a térbeli méretek és építési költségek szabnak határt.

Különösen élesen jelentkeznek ezek a gátló körülmények a közép- és hosszú-hullámú hírszóró-sávban, ahol a teljesítmények és az antennák méretei már nem növelhetők gazdaságosan, viszont a vételi viszonyok a sáv túlszűfolttsága, az egy állomásra jutó keskeny, 9–10 KC szélességű átviteli csatorna, az aránylag erős légköri zavarok és a fading-jelenségek következtében sok esetben egyáltalában nem kielégítőek.

A nehézségek kiküszöbölésére irányuló kutatómunkának egyik legjelentősebb állomása E. H. Armstrong amerikai fizikus 1936-ban megjelent tanulmánya, amelyben kimutatta, hogy az addig általánosan alkalmazott amplitúdó-modulációval szemben, a frekvencia-modulációs rendszer a jel-zaj-viszony javítása szempontjából lényeges előnyöket nyújt. Azóta az elméleti számításokat a gyakorlati eredmények teljes mértékben igazolták és a frekvencia-modulációs berendezések főleg Amerikában a műszaki fejlődés magas fokát és nagy elterjedtséget értek el.

A továbbiakban a frekvencia-moduláció részletes ismertetésére nem térhetek ki, csupán néhány fontos

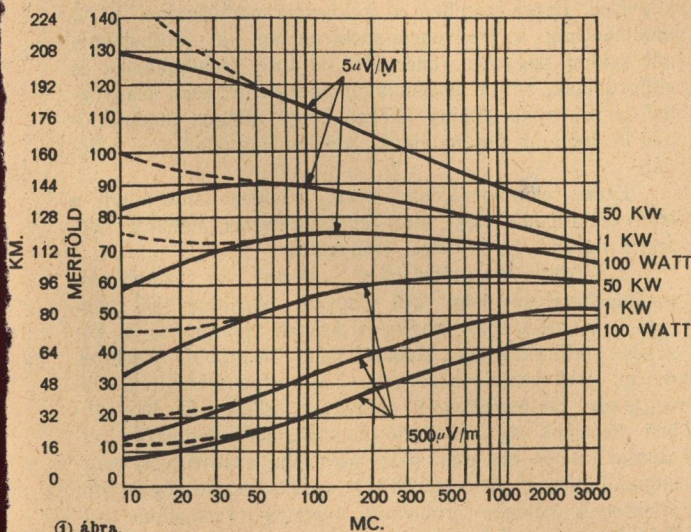
körülményre akarok rámutatni, amelyekre a későbbi tárgyalásnál hivatkozni fogok.

Mivel a frekvenciában modulált hullámnál az átvendő oldalsávok lényegesen szélesebbek, mint amplitúdó-modulációnál, vívőhullámul csak ultrarövid, vagyis 10 m-nél rövidebb hullámok jöhetnek szóba. Ily módon tehát a hatótávolságot ezek terjedési viszonyai korlátozzák. Az 1. ábrán az amerikai Federal Communications Commission által készített hatótávolság-görbéket tüntettük fel. Ezeknél úgy az adó-, mint a vevő-antenna félhullámú dipólus, az előbbi 1000 láb (kb. 300 m), az utóbbi 30 láb (kb. 10 m) magasan a föld színe felett. A kihúzott vonal vízszintes, a szaggatott vonal függőleges polarizáció esetén érvényes. Ezek természetesen ideális görbék és a valóságban 1:3 arányú eltérések is gyakran előfordulhatnak a télerősségben, úgy csökkenő, mint növekvő irányban. Megfelelően kialakított összetett antenna-rendszerekkel viszont a feltüntetett télerősségek 2–3-szorosa könnyen elérhető azonos vívőhullám teljesítmény mellett. Ha az amerikai tapasztalatok alapján a szükséges télerősséget nagyvárosok üzleti és gyári negyedeiben 500–1000 μ V/m-nek vesszük, 1 KW-os adóval és jól sugárzó antenna-rendszerrel 50 MC vívőfrekvenciánál 40–50 km sugarú kör területét elláthatjuk műsorral, ami pl. Nagybudapest és környéke esetén közel 2 millió főnyi lakosságot jelentene. Mivel pedig a rádióhallgatók sűrűsége ezen a területen lényegesen meghaladja az országos átlagot, a viszonyok ilyen szempontból még kedvezőbbek. Természetesen hazai viszonylatban ezidőszert a megfelelő vevőkészülékek hiánya miatt és az egyéb gátló körülmények folytán ez az új-rendszerű műsorszórás még nem vezethető be. Az élel-színvonal várható gyors emelkedése és a külföldi piacok biztosítása azonban feltétlenül indokoltá teszi a kérdés napirenden tartását. Vidéki viszonylatban a helyzet annyiban kedvezőbb, hogy a lényegesen kisebb zavar-szint miatt már 50 μ V/m télerősség elegendő a kifogás-talan vételhez. Ehhez pedig 100 watt teljesítmény és kb. 40 m magasan a föld felett elhelyezett jó sugárzó rendszer elegendő volna 40–50 km. sugarú kör területének műsorral való ellátására.

A frekvencia-modulációval elérhető jel-zaj viszony javulás az amplitúdó modulációhoz képest erősen függ az ún. „modulációs index”-től, amely a „frekvencia-löket” és a moduláló frekvencia viszonya:

$$m_p = \frac{f_i}{f_m} \dots \dots \dots (1)$$

továbbá attól, hogy a zajfeszültség egyenletesen eloszott, vagy lökésszerű-e. További lényeges különbséget okoz az a körülmény, hogy az adásnál az egész modulációs hangfrekvencia-sáv egyenletesen van-e a vívőhullámra rámodulálva, vagy pedig a magasabb moduláló frekvenciák erősebben ki vannak-e emelve a vívőhullámra való rámodulálás előtt. Korszerű adóberendezéseknél ezen utóbbi megoldást választják és a magasabb hang-frekvenciák kiemelésére egy sorbakapcsolt ohmikus ellenállásból és önindukcióból álló áramkört iktatnak a modulációs áramkörbe, amelynek időállandója megszabja



① ábra.

a frekvencia-görbe menetét. Ezen áramkör időállandóját 50 és 100 μ sec. között szokás választani. Egy μ sec. időállandójú kör pl. a 10 KC-u moduláló frekvenciát kb. 16 db-lel emeli ki a 100 periódusúhoz képest. Ezek figyelembevételével az elérhető jel-zaj viszony javulást az alábbi táblázat mutatja:

A rendszer jellemzői		Jel-zaj viszony javulás			
mod. index.	max. mod. frekv. K/s	kiemelés nélkül	db	kiemeléssel (10 μ sec.)	
		egyenl. zaj	lökésszerű zaj	egyenl. zaj	lökésszerű zaj
1	3	4,6	6	11,6	13
5	3	18,6	20	26,6	27
10	3	24,6	26	31,6	33
1	15	4,6	6	20,6	22
5	15	18,6	20	34,6	36
10	15	24,6	26	40,6	42

Hírszóró állomásoknál a modulációs indexet 5-nek szokás választani és kiemelést is szokás alkalmazni. Az elérhető 35 db körüli jel-zaj viszony javulás azzal egyértelmű, mintha az adó teljesítményét közel 4000-szeresére emeltük volna. Ez a hatalmas javulás azonban a szükséges átviteli csatorna lényeges kiszélesítésével érhető csak el. A frekvencia-lököt ebben az esetben ± 75 KC-nak felel meg és a teljes oldalsáv-spektrum átviteléhez 200 KC szélességű csatornára van szükség. Tapasztalat szerint a szomszédos állomás vivőhullámát ennek kétszeres értékével, azaz 400 KC-sal eltolt frekvenciánál szabad csak elhelyezni, ha a kölcsönös zavarást el akarjuk kerülni. Ez a körülmény azonban az ultrarövid hullámsávban nem bír nagy jelentőséggel, mert egyrészt a rendelkezésre álló frekvencia-tartomány igen nagy, másrészt az ultrarövid hullámoknak az optikai látás határán túl előálló rohamos csillapodása lehetővé teszi bizonyos távolságban azonos vivőhullámon sugárzó adó üzemben tartását. Ez a lehetőség a középhullámú hírszóró sávban csak igen korlátozott mértékben, kis adóteljesítményeknél és igen nagy távolságoknál áll fenn, tehát nem bír nagy gyakorlati jelentőséggel.

A frekvencia-modulációs adás minőségének jellemzésére az alábbi táblázat szolgál, amely az amerikai FCC 1945. szeptember 20-tól hatályba lépett műszaki előírásait tartalmazza:

Átvitt hangfrekvenciás sáv: 50—15000 periódus, 75 sec. időállandójú kiemelés mellett, ± 2 db eltéréssel 1 KC-től.

Torzítási tényező: legfeljebb 2% bármely frekvenciánál 50 és 15000 periódus között, 25—100% modulációnál.

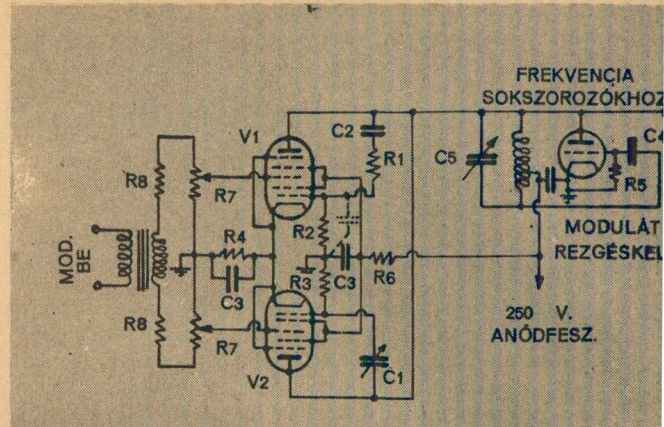
Zajmoduláció: legalább 60 db 100% moduláció alatt,

Vivőfrekvencia-állandóság: legfeljebb ± 2 KC eltérés a középhelyzetnek megfelelő névleges értéktől.

A valóságban kivitelezett adóberendezések műszaki jellemzői a fenti értékeknél is kedvezőbbek.

Ha a minőségbeli javulás megítélésénél a vétel-oldalt is figyelembe vesszük, akkor még szembetűnőbb a frekvencia-modulációs rendszer fölénye. A középhullámú hírszóró vevőkészülékek általában nem visznek át 3000—5000 periódusnál magasabb frekvenciákat, éppen a szomszédos csatorna-okozta áthallás csökkentése miatt. De ezzel a sávszűkítéssel lehet csak tűrhető vételi zajszintet is elérni. A frekvencia-modulációs vevőkészülékeknek egyik korlátozó tényező sem áll fenn és a vételi hangminőséget a hangszóró jósága szabja meg.

A fentiekből egyértelműen megállapítható, hogy a frekvencia-modulációs rendszer műszaki szempontból lényegesen magasabb fejlődési fokot jelent, mint az



② ábra.

amplitúdó-moduláció. Ami a gazdaságosságot illeti, nem lehet közvetlenül összehasonlítható számadatokból képet alkotni. A következő megfontolások azonban amellyel szólnak, hogy a frekvencia-modulációs rendszer ezen a téren is felveszi a versenyt az amplitúdó-modulációval.

Az adóberendezés beruházási költsége azonos vivőhullámú teljesítmény mellett sem lényegesen magasabb, mint egy középhullámú hírszóró adóé, viszont ha a középhullámú adó fadingmentes zónáját vesszük alapul, kisebb adóteljesítményre van szükség. A sugárzó-rendszer költségének összehasonlításánál viszont a leglényegesebb körülmény az, hogy van-e alkalmas természetes vagy mesterséges kiemelkedő pont, amelynek tetején az ultrarövid hullámú sugárzó-rendszert el lehet helyezni a nagy hatótávolság biztosítása céljából. Ha ez rendelkezésre áll, akkor maga a sugárzó-rendszer lényegesen olcsóbb frekvencia-modulációs adásnál, mint a középhullámú hírszóróállomások hatalmas antennatornyai.

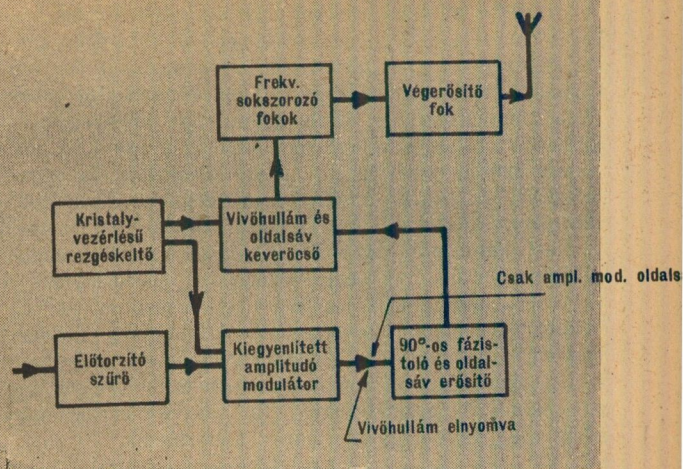
Az üzemben tartás költségeinek megítélésénél a legfontosabb szerepet a berendezés összhatófoka játssza. E tekintetben szintén a frekvencia-modulációs rendszer mutatkozik előnyösebbnek, amennyiben a frekvencia-modulációs adás hatásfoka különösen magasabb moduláció-százalékoknál lényegesen jobb, mint az amplitúdó-modulációs adásé. Ennek matematikai bebizonyítása messze vezetne, de a jelenségek rövid fizikai megvilágítása érthetővé teszi ennek okát. Amplitúdó-moduláció esetén 100% modulációnál a vivőhullámú energia változatlanul megmarad és a két oldalsáv — amely a modulációs energiát hordozza — a vivőhullámú energia felét képviseli. Ezzel szemben a frekvencia-modulációnál 100% modulációnál a frekvencia-spektrumban a vivőhullámnál sokkal nagyobb energiát hordozó oldalhullámok is előfordulnak, sőt a vivőhullámú energia teljesen hiányozhat is. Ez a körülmény okozza, hogy átlagos modulációnál is jobb az összhatófok frekvencia-modulációs adásnál.

Ezek előrebocsátása után röviden ismertetem a frekvencia-modulációs adás kivitelezésének néhány korszerű módját és fejlődési irányzatát.

A frekvencia-modulációs adásnál az amplitúdó-modulációval szemben két alapvető feladatot kell megoldani: a moduláció megvalósításának módját és a közepes vivőfrekvencia stabilizálását. A többi feladatok, ú. m. frekvencia-sokszorozás, teljesítményerősítés, ki-sugárzás, tápfeszültségek előállítása, hűtés stb. lényegében hasonlóak az amplitúdó-modulációnál alkalmazott eljárásokhoz és ma már többé-kevésbé szabványos megoldással bírnak. A nagyobb átvitendő sáv szélességek sem jelentenek különös problémát, mert a távolbalítás fejlődésével kapcsolatban még sokkal szélesebb modulációs sávok frekvencia- és fázishű átvitele is megoldódott.

A frekvencia-moduláció létrehozására szolgáló áramkörök közül ma is leginkább a reaktancia-csővet használják, amely az önműködő hangulású vevőkészülékeknek nyert először alkalmazást már a 30-as évek közepén. Ez lényegében olyan rádiócső — rendszerint pentóda —, amelynél az anód-váltófeszültség és anód-váltóáram között 90° -os késés vagy sietés van, tehát a cső mint pozitív vagy negatív reaktancia (önindukció vagy kapacitás) jelentkezik anódköre felől nézve. A látszólagos reaktancia előjelét és abszolút értékét a vezérlő rács-váltófeszültség fázisszöge és nagysága szabja meg. Ha egy rezgéstkeltő-cső hangolt köréhez ilyen reaktancia-csővet kapcsolunk párhuzamosan, akkor a rezgéstkeltő frekvenciáját egy közepes értékhez képest pozitív vagy negatív irányban befolyásolni tudjuk, vagyis frekvencia-modulációt hozunk létre. A tápfeszültség-ingadozások hatásának csökkentésére ezt a reaktancia-csőves modulátor-áramkört rendszerint ellenütemű kapcsolásban képezik ki. A 2. ábra egy ilyen megoldást tüntet fel. Ennél a V_1 cső a C_2 és R_1 útján és a pontozottan berajzolt rács-katód kapacitáson át nyeri a fázisban eltolított rácsfeszültséget, R_1 értéke nagyra van választva a rács-katód kapacitás reaktanciájához képest, tehát a cső rácsán előálló feszültség 90° -al késik a rezgőkör kapcsain lévő feszültséghez képest. Ebből következik, hogy a cső anódárama szintén késni fog a rezgőkör kapcsain lévő feszültséghez képest. Mivel a cső fázisban késő anódárammal dolgozik, ezért a rezgőkörhöz párhuzamosan kapcsolt önindukciót képvisel. A V_2 cső viszont fázisban előresiető rácsvezérlést kap, tehát kapacitív reaktanciát képvisel a rezgőkörrel párhuzamosan. A C_1 kondenzátor kapacitása ugyanis elég kicsi ahhoz, hogy a R_a ellenáláshoz viszonyítva nagy reaktanciát képviseljen. Így módon a cső anódárama előre siet az anódfeszültséghez képest, vagyis úgy viselkedik, mint egy kapacitás. Mivel V_1 és V_2 csövek ellenütemű kapcsolásban dolgoznak és így 180° -al eltolódó moduláló feszültséggel vannak vezelve, a két cső reaktancia-változása összeadódik. Az itt ismertetett elvet természetesen más kapcsolásokban is meg lehet valósítani, de az áramkör lényegében mindig oly módon van felépítve, a reaktancia-cső vagy csövek párhuzamosan vannak kapcsolva a rezgéstkeltő hangolt köréhez, vagy annak egy részéhez.

Ez az elrendezés szorosan összefügg a másik alapvető problémával: a vivőhullám közepes értékének stabilizálásával. A fentebb ismertetett amerikai előírások erre vonatkozólag legfeljebb ± 2 KC eltérést engednek meg. Ha 50 MC közepes vivőfrekvenciát veszünk alapul, ez 4×10^{-5} frekvencia-állandóságnak felel meg, amit kristályvezérlés nélkül, párhuzamosan kapcsolt reaktanciacsövek mellett nem lehet megvalósítani. Ezért szükséges a frekvencia-modulált adókban is kristályvezérlés alkalmazása, de ezt természetesen nem lehet közvetlenül a frekvencia-modulációnak alávetett rezgéstkeltő cső elektródái között elhelyezni, mint az amplitúdó-modulációs rendszereknél szokásos. A kristályvezérlésű rezgéstkeltő frekvencia-modulált adókban a következőképpen működik: a kisu-gárgázott frekvenciában modulált vivőhullám egy részét és a kristályvezérlésű fix frekvenciájú rezgéstkeltő kidadott nagyfrekvenciás feszültségét egy keverő csőben



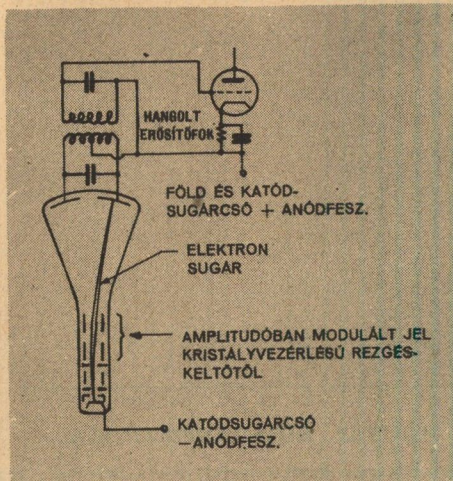
3. ábra.

összekeverjük, hasonló módon, mint az a szuper-rendszertű vevőkészülékek heterodyn rezgéstkeltőjénél szokásos. A keverőcsőben keletkező „középfrekvenciát” egy ú. n. diszkriminátorba vezetjük, amely az önműködő hangulású vevőkészülékek technikájában szintén régóta alkalmazást nyer. Ugyanezt az áramkört használják kiterjedten frekvencia-modulációs vevőkészülékekben demoduláció (detekció) céljaira is. A diszkriminátor lényegében olyan áramkör, amely frekvencia-modulált beadás esetén kimenő kapcsain változó polaritású egyenfeszültséget és amplitúdóban modulált hangfrekvenciás jeleket állít elő. Frekvencia-modulált adókban csak ezen változó polaritású és nagyságú egyenáramú komponensekre van szükség azon célból, hogy ezek segítségével a frekvenciában modulált rezgéstkeltő munkapontját megfelelő mértékben eltolhassuk és a közepes vivőfrekvencia szükséges állandóságát biztosíthassuk. A kristályvezérlésű rezgéstkeltő tehát a frekvencia-stabilizálásban csak mintegy közvetítő szerepet játszik.

A megkívánt kis zajmoduláció elérésére negatív visszacsatolás alkalmazása szokásos. A negatív visszacsatolás áramköre a következőképpen működik: A frekvenciában modulált vivőhullám egy részét kideréktáljuk, a zajfeszültséget képviselő jeleket — amelyek amplitúdóban moduláltak a vivőhullámot — felerősítjük és az adó végerősítő-fokozatát amplitúdóban megmoduláljuk velük. A visszacsatoló-erősítő erősítése és fázisviszonyai olyanok, hogy a zajmoduláció kb. 20 db-el csökken.

A második igen fontos frekvencia-modulációs módszer kifejtéséhez Armstrong nevéhez fűződik. Egy ilyen rendszerű adó vázlatát a 3. ábra tünteti fel. Ennek főelőnye a közvetlen kristályvezérlés és az így elérhető nagyfokú frekvencia-állandóság. A rendszer működési elve röviden a következő:

A nagy frekvencia-állandóságú kristályvezérlésű rezgéstkeltő kimenő feszültségét kétfelé vezetjük tovább: egyrészt egy ellenütemű amplitúdó-modulátorba, amelynek anódkörében lévő transzformátor a vivőhullámot kioltja és csak az oldalhullámokat továbbítja; az oldalhullámok kis kapacitásokon vannak átvezetve és 90° -os fáziseltolást szenvednek. A másik kristályoscill-



4. ábra.

tor-kimenet megfelelő erősítés után egy keverőcsőbe kerül, amelybe az előbb említett fázisban eltolt oldalhullámokat is bevezetjük. A keverőcső kimenő áramkörében, amint azt könnyen be lehet bizonyítani, fázis-modulált hullámot kapunk. A fázis-moduláció és frekvencia-moduláció elméletéből tudjuk, hogy az előbbi az utóbbira könnyen átalakítható. E célból a bejövő moduláló jelet egy ú. n. előtorzító szűrőn vezetjük át, amely a modulációs jeleket integrálja és ezután kerülnek az ellenütemű amplitúdó-modulátor rácsaira. Az ily módon előtorzított moduláló jelekkel létrehozott fázis-moduláció az eredeti moduláló jelekre nézve frekvencia-modulációt eredményez. A keverőcső után a szokásos frekvencia-sokszorozó és vég-erősítő fokozatok következnek. A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy az Armstrong-modulátor elég nagy torzításokat okoz, ha nem gondoskodunk különleges torzításmentesítő áramkörökről. Ez az oka annak, hogy eddig még nem nagy mértékben alkalmazzák.

Az eddig ismertetett két frekvencia-modulációs rendszeren kívül még több megoldás használatos, amelyek közül megemlítjük a katódsugárcsöves frekvencia-modulátort. Ennek vázlatát a 4. ábra tünteti fel. A katódsugárcsőnek elektrosztatikus eltérítése és különleges ernyőkiképzése van. Az ábrán az ernyőfelület két részből áll, amelyek mindegyike egy hangolt kör végeihez van kötve. Az eltérítő elektródák vezérlésüket egy amplitúdóban modulált kristályvezérlésű rezgéskeltőtől kapják. Az előbb említett rezgőkör ezen rezgéskeltő frekvenciájára van hangolva. Amint a katódsugár az egyik ernyőrészről a másikra átmegy, rezgésbe hozza a hangolt kört és ezen rezgés fázisa egyenesen arányos az amplitúdóban modulált eltérítő jel amplitúdójával. E módon tehát az amplitúdóban modulált jeleket egyszerű módon fázisban modulált jelekre alakítottuk át. A frekvencia-moduláció

elérése ebben az esetben is előtorzító szűrő alkalmazásával történik. Az adóberendezés további része itt is frekvencia-sokszorozó és végfokozatokat tartalmaz.

Befejezésül néhány szót kell szólnunk a használatos korszerű sugárzó rendszerekről. Hírszórásról lévén szó, a vízszintes síkban lehetőleg kör alakú diagramra törekszünk, míg a függőleges síkban a térsugárzás elnyomásával lehetőleg vízszintesen nyalábolt sugárzásra törekszünk. Ezt a célt egymás fölé helyezett dipol-rendszerek alkalmazásával érjük el. Ezeknek két legismertebb kiviteli formája az amerikai RCA által kidolgozott ú. n. „turnstile”, amely egymásra merőlegesen álló dipol-párokból építi fel több vízszintes síkban az antenna-rendszert. A másik kiviteli forma az amerikai Federal által kidolgozott ú. n. „lóhere” antenna, amelynél az egymás felett elhelyezett síkokban négylevelű lóherére emlékeztető sugárzóelemek vannak. Az elérhető vízszintes irányú nyalábolás mértékére nézve az alábbi adatokat említhetjük meg:

rétegek száma	teljesítmény-nyereség	térerősség-nyereség	nyereség db.
2	1.25	1.12	1.0
4	2.75	1.66	4.4
6	4.24	2.06	6.3
8	5.75	2.40	7.6
10	6.76	2.60	8.3

Az egyes rétegek között függőleges irányban felhullám távolság van. Amint a táblázatból látható, a nyereség 6 rétegen felül már nem nagy mérvű és ezért ritkán alkalmazzák. Végül megemlítjük a General Electric által kifejlesztett gyűrűantennát, amely lényegében kör alakúra összegörbített dipól. Ennél azonban a kölcsönös indukció csökkentése végett az egyes gyűrűket egész hullám távolságban kell egymás felett elhelyezni.

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

A Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete Híradástechnikai Szakosztályának lapja. — Szerkesztők: Gerő István, Balló Ferenc, Valkó Iván Péter. — Szakra Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, V., Honvéd-utca 10. Felelős nyomdavezető: Nodczky László műszaki igazgató.