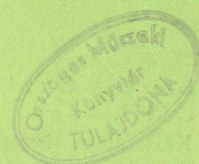


E 870

KAT

Magyar HIRADÁSTECHNIKA



2-3

Magyar

HIRADÁSTECHNIKA

A HIRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Felelős szerkesztő:

Balogh Pál
VI., Eötvös u. 11/a
Telefon: 420—536

Szerkesztők:

Boglár Gyula
Gál István
XI. Szigethy Gyula u. 11
Telefon: 259—660
458—718

A Híradástechnikai
Tudományos Egyesület
Titkársága:

VI., Rudas László u. 45.
Telefon 113—027

Megjelenik kéthavonta
Előfizetési ár egy évre
30,— Ft.
Példányonként 5.— Ft

TARTALOM:

<i>Kolos Richárd:</i> Az első híradástechnikai kiállítás és a harmadik híradástechnikai konferencia eredményei	45
<i>Valkó I. P.—Kemény Á.—Pálfi A.:</i> Pentódák zaja kisfrekvencián	47
<i>Lajkó Sándor:</i> Sokcsatornás vívőáramú távbeszélő gyármánycsalád	55
<i>Lajtha György:</i> A negatív impedancia és a kéthuzalos áramkörök stabilitása	63
<i>Adamis Béla:</i> Frekvenciamodulált (FM) adók elvi kérdései (II. rész)	72
<i>Bohner E.—Borsos K.—Dénes K.—Kardos Gy.:</i> Újtípusú nagyfrekvenciás koaxiális kábelszerkezet kialakítása	77
<i>Boros-Gyevi J.—Kelencs M.:</i> Nyomtatott áramkörök	83
<i>Dr. Bán Tamás:</i> Tranzisztorok fizikája	91
<i>Gobbi István:</i> Hiszterézistényező meghatározása az önindukcióváltozás méréséből	98
<i>Jeney Iván:</i> Összefoglaló áttekintés a budapesti tropikalizációs konferenciáról	101
Содержание и обобщение на русском языке	113
Contents and Summaries in english.....	114
Table des matières avec résumé des articles en langue française.....	115
Inhaltverzeichnis mit Zusammenfassungen in deutscher Sprache.....	B-3



Az első Híradástechnikai Kiállítás és a harmadik Híradástechnikai Konferencia eredményei

KOLOS RICHÁRD kohó- és gépipari miniszterhelyettes

A magyar híradástechnikusok mindannyian egyetértenek Pártunk és Kormányzatunk azon célkitűzésében, hogy a magyar ipar további fejlesztésében a híradásipar egyre fokozódó szerepet kapjon. Indokolja ezt a magyar híradástechnika kiemelkedő eredményekben gazdag múltja, szakembereink alapos képzettsége és szakmaszeretete és az a felismerés, hogy technikai kultúránk fejlődése, iparunk egyre szélesebb kibontakozása, gazdasági életünk gyorsütemű fejlődése szoros kapcsolatban áll a híradástechnika fejlődésével.

Hazánk közismerten szegény nyersanyagbázisai mellett döntő jelentőségű export tevékenységünk gyors kibontakoztatása. Híradástechnikai iparunktól elvárjuk, hogy korszerű minőségű, hazánkat és a szocializmus építését színvonalasan reprezentáló, exportra is versenyképes gyártmányokat állítson elő.

Bizonyos, hogy a híradástechnikai ipar és tudomány dolgozói meg fogják oldani feladataikat. Ezt bizonyítja a műszaki és minőségi fejlődésnek az a seregszemléje, melyet az első magyar híradástechnikai kiállítás tárt elénk, és ezt bizonyítják a harmadik híradástechnikai konferencián elhangzott előadások és viták. Híradásiparunk a felszabadulás óta a sok nehézség közepette is évről évre fejlődött, a kiállítás és a konferencia tanúsága szerint azonban a gyártmányok korszerűsége, választéka és minősége tekintetében a legutóbbi időben különösen gyorsan haladt előre. Híradástechnikusaink egyre alaposabb felkészültsége, vállalataink és kutató intézeteink felszerelésének fejlődése mellett nagy szerepe van ebben a baráti államokkal, első sorban a Szovjetunióval kialakult, mindjobban elmélyülő és mind termékenyebb kapcsolatainknak, melyek a tapasztalatcsere minden változatában meg hozzák gyümölcseiket.

A híradástechnikai kiállítás az ipar és a kutatás minden ágában számottevő eredményeket mutatott be.

A híradástechnika fejlődésének az alapja a vákuumtechnika és az alapanyag- és alkatrészgyártás megszilárdítása és kiterjesztése, mivel a bonyolult híradástechnikai berendezések minőségét

és megbízhatóságát a bennük alkalmazott legrosszabb anyag vagy alkatrész határozza meg. A kiállításon bemutatott különleges vákuumtechnikai és híradásipari alapanyagok, új típusú ipar és kereskedelmi rádióvevő- és adócsövek sorozatai, a tranzisztorok és egyéb félvezetők kísérleti és gyártási példányai, a miniatűr és szubminiatűr ellenállások, szilárd dielektrikumú és elektrolitikus kondenzátorok, korszerű kemény és lágy mágneses anyagok, közöttük a ferrit anyagok és alkatrészek, kábelek és huzalozási anyagok és a sok más kiállított termék mind azt bizonyítják, hogy alapanyag- és alkatrészgyártásunk, valamint vákuumtechnikai iparunk fejlődése és az azt megalapozó kutatás ki fogja elégíteni híradásiparunk egyre növekvő és egyre szigorúbb igényeit. A bemutatott anyag arra is enged következtetni, hogy berendezéseink miniatűrízálásához is leraktuk az alapokat. Örömmel láttuk, hogy megjelentek a nyomtatott huzalozású készülékek első példányai is.

A kultúra és a szórakoztatás céljait szolgáló készülékek, rádióvevők, zeneszekerények és zene-kombinátok, magnetofonok és lemezjátszók, televízió készülékek és antennák, igen nagy választékban kerültek bemutatásra, tetszetős külsővel, elsőrendű minőségben. A kiállításon nem szerepeltek ugyan az árak, de tudjuk, hogy a korszerű igények kielégítése mellett most a készülékek önköltségének a csökkentése a legfontosabb feladat.

Szép eredményeket produkáltak nagy híradástechnikai berendezéseket fejlesztő mérnökeink és vállalataink. A kiállított mikrohullámú és ultrarövidhullámú rádióadó berendezéseket, az új sokcsatornás vivőáramú távbeszélő és távíróberendezéseket, a hajórádió állomást, a kommunikációs készülékeket, a műsorszóró és televízió stúdió berendezéseket stb., a gondosan tervezett szép külső, a korszerű technológiára épített átgondolt konstrukció, a kis helyszükséglet, a különleges klimatikus viszonyok mellett is megbízható működés és a nemzetközi ajánlásoknak megfelelő minőség jellemzi. Szerkesztőink lelkes munkáját és formatervezőink ízlését dicsérik a bemutatott távbeszélő kezelői készülékek, kulcsos és vak-

dugaszos váltók és távbeszélő központok. Méltán keltett feltűnést és elismerést a hazai tervezésű cross-bar rendszerű kapcsológép.

Technológusainknak számos kiváló alkotását láthattuk a kiállításon. A bemutatott korszerű sorozatszerszámok, híradástechnikai és vákuumtechnikai célgépek és automaták, csillám ezüstöző berendezés, számos kézi munkagép és sok, korszerű eljárással készített alkatrész bizonyítja, hogy technológusaink is kiveszik részüket a híradásipar fejlesztéséből.

A III. Híradástechnikai Konferencia, melyet az Egyesület a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Osztályával közösen rendezett — a Híradástechnikai Kiállítással egyidejűleg —, joggal tűzhetette ki tanácskozásai tárgyául a magyar híradástechnika eredményeit és feladatait. Legjobb szakembereink és kutatóink közel ötven előadása és az azokat követő viták, az élénk érdeklődés és a nagyszámú részvétel biztosan enged arra következtetni, hogy híradástechnikai iparunk és kutatásunk fejlődésében nem lesz megállás.

Hároméves tervünk, valamint következő öt-éves és távlati terveink úgy készültek, hogy minden vonatkozásban megszilárdítsuk azokat az alapokat, melyek jelenleg is gyorsan fejlődő híradás-

technikai iparunk további fejlődését biztosítják. Iparunk fejlesztésében azonban takarékosan, az ország teherbíró képességének figyelembevételével kell eljárunk. A beruházások céljára rendelkezésre álló eszközöket gondos és felelősségteljes mérlegeléssel kell felhasználnunk, mindig figyelemmel arra, hogy csak a növekvő termelékenységgel biztosíthatja életszínvonalunk emelkedésének szilárd alapját. Beruházási tevékenységgel foglalkozó munkatársainknak törekedniük kell arra, hogy beruházásaink az ediginél termelékenyebb technikát valósítsanak meg úgy, hogy ezzel egyszerre mind a minőségi termelés feltételeit is biztosítsák. Híradástechnikai iparunk fejlesztésére jelentős összegeket szánnak terveink. A híradástechnika dolgozóin áll, hogy ezeket az összegeket valóban jól használjuk fel.

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület fontos és jelentős szerepet töltött be eddig is híradástechnikánk fejlődésében. A kiállítás és konferencia után biztosan számítunk arra, hogy ezt a szerepét a jövőben is sikerrel fogja betölteni. A kiállítás és a konferencia előkészítéséért és rendezéséért az Egyesület, az Akadémia és a KGM Híradástechnikai Igazgatóság vezetőit és aktívait és a rendező gárdákat minden elismerés megilleti.

NEMZETKÖZI MÉRÉSTECHNIKAI KONFERENCIA BUDAPESTEN

A november 24-től 30-ig Budapesten rendezendő Nemzetközi Méréstechnikai Konferencián számos tudós jelentkezett előadás tartására.

Az előadások tárgyköre a mérés technika minden ágára kiterjed. Így például:

Mechanikai mennyiségek: 1 belga, 4 lengyel, 4 magyar, 9 NDK, 1 szovjet.

Fény és szín mérés: 2 magyar, 4 NDK, 1 lengyel, 1 szovjet.

Hőmérséklet, átfolyás, nedvesség és egyéb üzemviteli mennyiségek mérése és műszerei: 1 cseh, 1 francia, 1 indiai, 3 lengyel, 3 magyar, 3 NDK, 1 NSZK.

Villamos és mágneses mennyiségek, valamint gyengeáramú mérés és műszertechnika: 5 lengyel, 5 magyar, 7 NDK, 3 szovjet.

Fiziko-kémiai mérések és műszerek: 2 cseh, 1 indiai, 2 magyar, 1 osztrák, 1 angol, 1 lengyel.

Röntgen és magfizikai sugárzások mérés technikája és ezek ipari alkalmazása: 2 magyar, 1 NDK, 1 cseh.

Műszaki-gazdasági és tervezési kérdések: 1 cseh, 1 lengyel, 1 magyar, 4 NDK.

Plenáris ülések, általános témák: 1 belga, 1 magyar, 2 lengyel.

A Nemzetközi Méréstechnikai Konferencián elhangzó előadásokat az Előkészítő Bizottság külön kiadásban megjelenteti.

További felvilágosítás a konferenciával, kiállítással kapcsolatban: MATE Titkárság, V., ker. Honvéd utca 22., I. V. Telefon: 122—457.

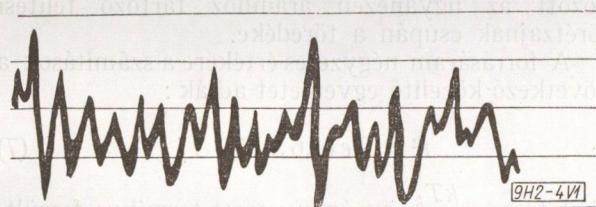
Pentódák zaja kisfrekvencián

VALKÓ IVÁN PÉTER, KEMÉNY ÁDÁM és PÁLFI ATTILA
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Elektroncső Laboratóriuma

Különféle zajok elektroncsövekben. Összehasonlítás sörétzaj és villódzási zaj között. A villódzási zaj keletkezése. Árameloszlás hatása. Vizsgálatok és mérés. A kísérleti eredmények valószínűsítik, hogy pentódákban a villódzási zaj 10–20%-kal nagyobb mint triódákban. Elméleti indokolás.

Céltűzés

A híradástechnikában minden olyan jelet, amely nem kívánatos és nem olyan információt tartalmaz, amelyet továbbítani akarunk, zajnak nevezünk. Szűkebb értelemben ezt a fogalmat az elektromos mennyiségek statisztikus, véletlen ingadozásaira tartjuk fenn. Ezek az ingadozások fizikai törvényszerűségek következményei és ezért nem küszöbölhetők ki teljesen. Annak is erősen korlátozott a lehetősége, hogy az ilyen zajokat az információt tartalmazó jelektől megkülönböztessük. Az ingadozásokból eredő zajok szabják tehát meg az erősítőkészülékek kihasználható erősítésének, illetve érzékenységének végső határát. Ha ugyanis



1. ábra. Tipikus zajjelenség

a berendezés már olyan kicsiny jelekre érzékeny, amelyek a zajban elvesznek, az érzékenység további növelése épp olyan céltalan, mint a mikroszkóp nagyításának növelése a feloldó-képesség határain túl.

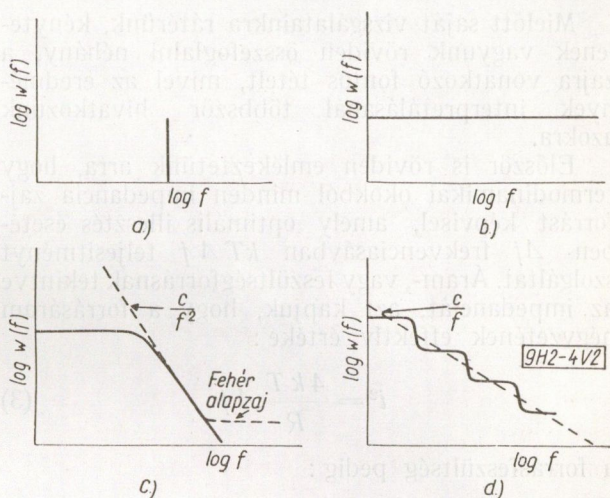
Az ingadozások felléptét fizikailag általánosan azzal magyarázzuk, hogy igen nagyszámú egyedi folyamattal van dolgunk, pl. elektronok, ionok mozgásával, amit egyenként nem lehet követni. A folyamatokról csupán a valószínűségszámítás alapján felállított statisztikus törvények nyújtanak képet.

Ilyen általános törvényszerűség pl. a Gauss-féle eloszlás, amely megmondja azt, hogy véletlen ingadozások esetében a fellépő pillanatnyi értékek milyen mértékben térnek el a vizsgált mennyiség átlagos értékétől. Ha az átlagértéket x_0 jelöli az átlagos szórás pedig σ , az x pillanatnyi érték előfordulásának valószínűsége

$$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Szórás alatt a pillanatnyi érték és az átlagérték különbségét, tehát magát az ingadozást értjük. Mivel az ingadozások pozitív és negatív értékek lehetnek, célszerű mindig azok négyzetes értékével

számolni. Ezért a zaj mennyiségének meghatározásánál mindig az áram vagy feszültségingadozások időfüggvényének négyzetét szokás vizsgálni. Mivel a négyzetes effektív érték csupán számfaktorban különbözik a teljesítménytől, azt is mondhatjuk, hogy a teljesítmény időfüggvényét kell vizsgálnunk. Mivel minden híradástechnikai berendezés bizonyos frekvenciasávban működik, a tényleges



2. ábra. Spektrális intenzitások összehasonlítása logaritmikus skálában. a) harmonikus rezgés, b) fehér zaj, c) a 11. egyenletnek megfelelő zaj, d) $1/f$ frekvenciamenet létrejötte c)-hez hasonló görbékből

észlelhető zaj nagyságát az időfüggvény Fourier transzformált alakjának segítségével határozzuk meg. Legyen például az $I(t)$ áramingadozás Fourier összetevője a df frekvenciasávban i , ez esetben a számunkra érdekes effektív négyzetes átlag ingadozás a df sávban:

$$\bar{i}^2 = w(f) df \quad (2)$$

Ezek a Fourier összetevők az erősítőben ugyanolyan módon haladnak tovább, mint a közönséges f frekvenciájú jelek.

A $w(f)$ függvényt spektrális intenzitásnak szokás nevezni. Egyszerű esetekben ez az érték frekvenciafüggetlen állandó. Az ilyen jellegű zajt fehér zajnak nevezik.

Elektronikus berendezésekben a különböző áramköri elemek különféle zajok keletkezésére adnak alkalmat. Különösen nagy figyelemmel vizsgálta a tudomány az elektroncsövek zaját. Ma már elmondhatjuk azt, hogy elektroncsövek-nél a zaj keletkezésének okai, a zaj csökkenésének módokatai és korlátai a közepes frekvenciák tartományában teljesen [1], az igen magas frekvenciák tartományában pedig túlnyomórészt [2] tisztázva vannak. Nem lehet ugyanezt elmondani azonban az igen kis frekvenciák tartományára. Itt ugyanis a zaj vizsgálata rendkívüli nagy kísérleti erőfeszí-

téseket igényel és az elméleti alapok sincsenek eléggé kiépítve.

A fentiekre való tekintettel indult meg a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Elektroncső Laboratóriumában az elektroncsövek kisméretű zajának tanulmányozása. Ez a hosszabb-ideigletű munka több részfeladatra tagozódik. Jelen tanulmányunkban egy gyakorlati szempontból különösen fontos kérdést tárgyalunk, mégpedig triódák és pentódák összehasonlítását a kisméretű zaj szempontjából. Az erre vonatkozó gyér irodalom a kérdést nem dönti el. [3].

Sörétzaj

Mielőtt saját vizsgálatainkra rátérünk, kénytelenek vagyunk röviden összefoglalni néhány, a zajra vonatkozó fontos tételt, mivel az eredmények interpretálásánál többször hivatkozunk azokra.

Először is röviden emlékeztetünk arra, hogy termodinamikai okokból minden impedancia zajforrást képvisel, amely optimális illesztés esetében Δf frekvenciasávban $kT \Delta f$ teljesítményt szolgáltat. Áram-, vagy feszültségforrásnak tekintve az impedanciát, azt kapjuk, hogy a forrásáram négyzetének effektív értéke:

$$\bar{i}^2 = \frac{4kT}{R} \Delta f \quad (3)$$

a forrásfeszültség pedig:

$$\bar{u}^2 = 4kTR \Delta f \quad (4)$$

Itt T az abszolút hőmérséklet és $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ joule/fok a Boltzmann-féle állandó. R az impedancia reális része. Ennek a zajnak értéke független az impedancián esetleg átfogó egyenáram nagyságától és kifejezésében nem szerepel az elemi töltés értéke.

Az elektroncsövekben fellépő zajjelenségek közül legáltalánosabb az úgynevezett sörétzaj. Ennek oka az egyirányban haladó véges nagyságú töltéshordozók számának ingadozása. Telítésben működő elektroncsőnél a Δf frekvenciasávban fellépő zaj forrásáramának négyzete

$$\bar{i}^2 = 2eI \Delta f \quad (5)$$

ahol I az anódáram, $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ coulomb az elektrontöltés. Mint ismeretes a fenti egyenlet levezetésénél olyan frekvenciákra szorítkozunk, amelyekhez képest az elektron átrepülése még végtelenül rövid impulzusnak tekinthető. Ha egy-egy elektron szabályos időközökben pl. 1 másodperc távolságban követné egymást, az impulzus-sorozat Fourier spektruma 1 Hertz távolságú vonalas rendszert adna, amelyben minden vonal $2e$ értékű együtthatónak felel meg. A valóságban az elektronok nagy száma miatt igen sok ilyen szabályos impulzus-sorozatra lehet bontani az áramot. Ezek egymáshoz képest a legkülönbözőbb fázis-eltéréssel rendelkezhetnek. Két Fourier spektrum összegezésénél mindenféle fázis-különbség egyforma valószínűséggel léphet fel. Az összegezés átlagos eredménye tehát két tag esetében

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2$$

Másodpercenként n elektron esetében az összegezés eredményeképpen az 1 Hertz széles sávra jutó Fourier együtthatók négyzetes összege tehát $n(2e)^2$. Mivel a Fourier együtthatók amplitudókat jelentenek, az effektív érték négyzete a Δf frekvenciasávban

$$\bar{i}^2 = \frac{1}{2} n(2e)^2 \Delta f = 2eI \Delta f \quad (6)$$

Égészen más eredményt kapunk tértöltéses állapotban működő elektroncsövek esetében. Az előző gondolatmenetben ugyanis minden egyes elektron áthaladását független eseménynek tekintettük. A tértöltéses működést viszont éppen az jellemzi, hogy minden egyes elektron kilépése növeli a katódot körülvevő negatív erőteret és gátolja további elektronok áthaladását. A tértöltés szabályozó hatása tehát kisimítja az áramingadozásokat, Mivel azonban az elektronok kezdősebessége nem egyforma, különböző mértékben járulnak hozzá a tértöltés, illetve a negatív erőter fenntartásához. A sebességeloszlás pedig maga is statisztikusan ingadozó mennyiség. Ennek következtében a tértöltéses cső áramában mégis fennmarad bizonyos ingadozás, amely azonban normális körülmények között az ugyanezen áramhoz tartozó telítési sörétzajnak csupán a töredéke.

A forrásáram négyzetes értékére a számítások a következő közelítő egyenletet adják:

$$\bar{i}^2 = 2e(1,6S U_T) \Delta f \quad (7)$$

ahol $U_T = \frac{kT_k}{e}$ az úgynevezett termikus feszültség, T_k a katód hőmérséklete, S pedig a meredekség. A zajáram négyzete tehát a meredekséggel, illetve közelítően az anódegyenáram $1/3$ -ik hatványával arányosan nő. A telítés esetével ellentétben a terhelésen fellépő zaj számításánál itt a véges értékű belső ellenállást is figyelembe kell venni.

Erősítőcsövek esetében azonban nem a telítési állapottal szokták összehasonlítani a zaj nagyságát, hanem inkább az ekvivalens ellenállás értékét adják meg. Ez alatt az az ellenállás értendő, amely a rácsra helyezve szobahőmérsékleten ugyanakkora zajáramot hozna létre a cső anódkörében, mint amennyi abban az elektronáramlás folytán ténylegesen fellép. A jelenleg használt csőkonstrukcióknál triódák esetében jó közelítést ad az alábbi egyenlet:

$$R_e = \frac{2,5}{S} \quad (8)$$

Ismét más eredményt kapunk olyan elektroncsövek esetében, amelyek árama több pozitív feszültségű elektroda között oszlik meg. Ez a helyzet a pentódáknál is.

Itt az árameloszlás ténye még abban az esetben is zajt hozna létre, ha maga a teljes katódáram zajmentes lenne. Ennek az oka az, hogy minden egyes elektron esetében statisztikus véletlen folyamat dönti el, hogy az a segédrácsra vagy az anódra

jut-e. Első pillantásra tehát azt gondolnánk, hogy a segédáram ingadozását ugyanúgy adhatjuk meg mint a telítési áramét:

$$\bar{i}_2^2 = 2e I_2 \Delta f$$

ahol I_2 a segédáram. Figyelembe kell azonban venni, hogy a segédáramra jutó elektronok számának ingadozása mégis korlátozva van, mivel az összes elektronok számát a katódáram értéke szigorúan meghatározza. Elemi valószínűség-számítással kimutatható, hogy ez esetben az eloszlás ingadozásából eredő zajáram négyzete:

$$\bar{i}_2^2 = 2e I_2 \frac{I_a}{I_a + I_2} \Delta f \quad (9)$$

Az eloszlás természetesen ugyanakkora zajt hoz létre az anódáramban is, mert a két ingadozás összege minden pillanatban zérus.

Az előbb említettek folytán azonban az anód- és segédáramban jelen van a tértöltés által csökkentett eredeti sörétzaj is, amely az áramerősségek arányában oszlik meg a két elektróda között. Így

$$\bar{i}_a^2 = 2e(1,6 S U_T + I_2) \frac{I_a}{I_a + I_2} \Delta f \quad (10)$$

Villódzási zaj

Az eddig tárgyalt számítások közös kiindulási pontja az volt, hogy a cső áramát különálló elektronok áthaladása gyanánt fogtuk fel. Ez azonban nem nyújt magyarázatot arra a tapasztalati tényre, hogy oxidkatódos csövek zaja az igen kicsiny frekvenciák tartományában nagy értéket vesz fel. Ezt a jelenséget nevezik villódzási zajnak.* Az ismételt vizsgálatok megállapították, hogy e zaj nagysága erősen függ a csőkonstrukciótól, az egyes példányok közötti különbségektől és a működési feltételektől. Növekvő anódárammal általában növekszik, spektrális intenzitása pedig közelítőleg a frekvenciával fordítva arányos [4]. Érdekes, hogy hasonló jellegű zaj lép fel egyenáram áthaladása esetében a legtöbb félvezetőben is.

A zaj nagyságának kvalitatív magyarázatát adhatjuk, ha feltételezzük, hogy az áram nem egyes elektronokból, hanem együtthaladó nagyobb elektroncsomókból áll. Az áram „szemcsézettsége” durvább lévén, nagyobbak az ingadozások. Számításainkban tehát az e elektrontöltés értékét kellene az elektroncsomók töltésének értékével helyettesítenünk. Mivel azonban a villódzási zaj nagyobb frekvenciákon nem észlelhető, a hipotézist azzal kell kiegészíteni, hogy az elektroncsomók kibocsátása viszonylag hosszabb ideig tartó áramlökések formájában megy végbe. Véges ideig tartó impulzusok Fourier integrálja pedig a magasabb frekvenciák felé erős csökkenést mutat. Így ott már csak az áramlökést alkotó egyes elektronok áthaladásából eredő sörétzaj érvényesül. Az egész jelen-

séget fizikailag úgy képzelhetjük el, hogy a katód nem egyenletesen bocsátja ki az elektronokat, hanem felületén hosszabb-rövidebb élettartamú emissziós centrumok lépnek fel. Ezek keletkezése és megszűnése okozza az áram viszonylag lassú ingadozását. Az eredeti számítás szerint a centrumok lecsengése exponenciálisan, τ időállandóval megy végbe.

Ha az I anódáramot N centrum szolgáltatja, akkor egy centrum átlagos áramintegrálja $q = \frac{2I}{N} \tau$ lesz, a zajáram négyzetes értékére pedig a valószínűség-számítás a következő egyenletet adja [5]:

$$\bar{i}^2 = \frac{4I^2}{N} \frac{\tau}{1 + (2\pi f)^2 \tau^2} df. \quad (11)$$

Ez a 2. ábrán látható frekvenciamenet nem fedi a kísérleti eredményeket, melyek szerint $\bar{i}^2$ mindaddig $1/f$ -vel arányos, amíg a sörétzajból kiemelkedik. Szükség van tehát az elmélet olyan módosítására, amely szerint az egyes centrumokban a legkülönbözőbb τ értékek fordulnak elő, bizonyos valószínűségi eloszlásban. Az ebből eredő problémákkal más helyen óhajtunk foglalkozni, csak azt jegyezzük meg, hogy hasonló megfontolások alapján szokták tárgyalni a félvezető zajt is.

Fenti számítás a telítési áram villódzási zajára vonatkozik. Tértöltés esetében itt még erősebb simítási hatás várható, mint a sörétzajnál. Ismeretes ugyanis, hogy a potenciálmínimumon túljutott I_a anódáram és az emissziós, tehát a telítésnek megfelelő értékű I_s áram között az alábbi összefüggés áll fenn [6]:

$$\frac{\partial I_a}{\partial I_s} = \frac{S U_T}{I_s}$$

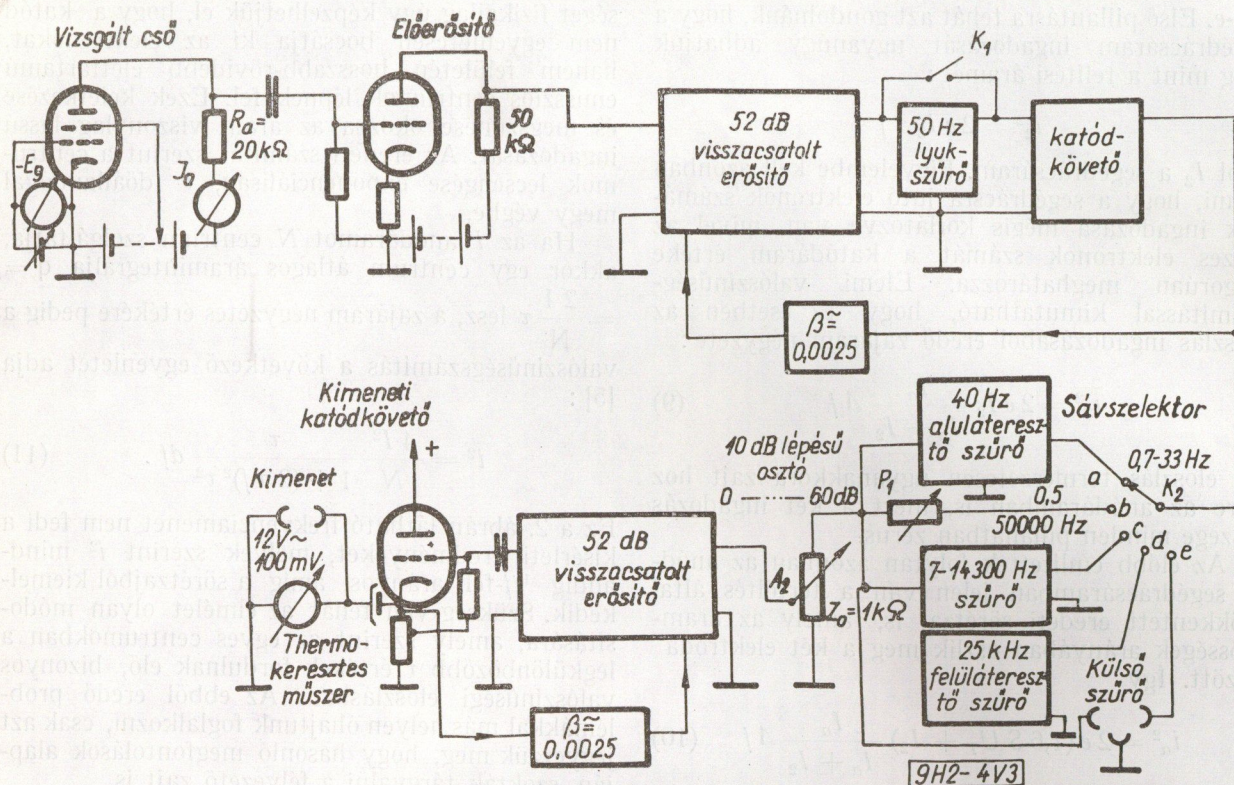
A kimutatható zaj négyzetes értéke tehát:

$$\bar{i}_a^2 = \left(\frac{S U_T}{I_s} \right)^2 \bar{i}_s^2 \quad (12)$$

(Sörétzaj esetében 7. egyenletünk $\left(\frac{1,6 S U_T}{I_s} \right) \bar{i}_s^2$ értéket adna.)

Ennek az összefüggésnek kísérleti igazolása azonban hiányzik, mert oxidkatódos csövet telítésben tanulmányozni úgyszólván lehetetlen. Az sincs bizonyítva, hogy a csövekben észlelt villódzási zaj valóban az elektron-kibocsátás ingadozásából származik. Hiszen a katód maga is félvezető tulajdonságokkal rendelkezik és még inkább áll ez arra a nagyobb ellenállású rétegre, amely bizonyos esetekben keletkezik a nikkelből való katódcső és az oxidréteg között. Lehetséges tehát, hogy a zaj okozója a katód ellenállásértékének ingadozása. Tekintettel az áthaladó egyenáramra, ez feszültség-ingadozást jelent, amely a csövet úgy vezérli, mintha az földelt rácsú kapcsolásban működne. A fellépő áramingadozás spektrális intenzitása ez esetben kimutathatóan $S^2 I^2$ értékkel lenne arányos. Ezt a feltevést irodalmi adatok is alátámasztják, amelyek szerint közbenső réteg keletkezése erősen

* A flicker effect angol elnevezés Johnson-tól származik. Németül Funkeeffekt, franciául scintillation a neve, az orosz irodalom a „mercenija” elnevezést használja.



3. ábra. A mérőberendezés tömbvázlata. K2 sávselektor állásai: a) villódzási zaj mérése 0,7—33 Hz, b) teljes sáv 0,5—60 000 Hz, c) hangfrekvenciás csőzaj 7—14 300 Hz, d) sörétzaj 25—60 kHz, e) külső szűrő

növeli a villódzási zajt. Hasonló eredményt mutatnak saját vizsgálataink is, bár az összefüggés nem volt egyértelmű. Telítés esetében a csövet nem lehet vezérelni és így ott a zajnak, ha valóban a félvezetőtől származnék, meg kellene szűnnie. Természetesen erről sem tudunk meggyőződni.

Különös figyelmet érdemel a villódzási zaj árameloszlás esetében. Ha valóban a félvezető katód okozza az áramingadozásokat, akkor épp olyan arányban kell anód- és segédrács között megoszolniok, mint bármilyen más vezérelt jelnek. A pentóda tehát semmivel sem lenne zajosabb, mint az azonos áramú és meredekségű trióda.

Nem ilyen egyszerű a dolog, ha a zaj emissziós eredetű. Beszélhetünk-e még elektroncsomókról a potenciál-minimum áthaladása után? Feltehetjük-e, hogy egy-egy elektroncsomó túlnyomóan az anódra, illetve túlnyomóan a segédrácsra fut fel? Vagy egymástól független elektronok formájában jut az elektrodákra az áram? Ez tulajdonképpen mértani probléma. Elsősorban az emissziós centrum kiterjedését kellene ismernünk, azután a belőle kilépő elektronok szóródását a potenciál-minimumig, továbbá a potenciál-minimum egy-egy pontjának hatását a katódfelület különböző pontjaira, végül pedig a vezérlőrács meneteinek hatását az elektronpályákra. Mindez igen nehezen számítható, inkább a kísérleti eredményekből lehet visszafelé következtetni.

A kérdésnek azonban nagy gyakorlati jelentősége van. Ez dönti el, hogy milyen csőtípust érdemes választani hangfrekvenciás erősítők előfokozatában.

Mérési elv

A vizsgálatok céljára stabilis, szélessávú kisfrekvenciás erősítőt terveztünk. A megépített erősítő átvitele 0,5 Hertz-től közel 70 000 Hertz-ig terjed. Ez módot nyújt arra, hogy ugyanazon csővekben, ugyanazon beállításban közvetlenül összehasonlítsuk a villódzási- és sörétzajt. A feszültség-erősítés — a vizsgált cső anódkörétől számítva — kerekén egymillió-szoros. A négyzetes értékek helyes mérésének érdekében a kimenő feszültséget termokereszt indikálja, melynek időállandója 1,6 sec. A berendezés stabilitását és a tápfeszültség ingadozásából való függetlenségét erős negatív visszacsatolás biztosítja. A gerjedésmentes felépítés mellett a legtöbb gondosságot a bugásfeszültség és egyéb idegen zajok távoltartása igényli. A készülék első fokozatainak tápfeszültségét, beleértve a vizsgált cső fűtését, telepek szolgáltatják. Ezekben bizonyos idő után zaj keletkezik, tehát sűrűn kell őket cserélni. Elektrolitikus kondenzátorok és réteg- vagy massaellenállások az első fokozatokban nem használhatók.

Különleges nehézséget jelentett a vizsgálandó cső rácselektrofeszültségének folyamatos szabályozása. Az irodalom által ismertett külföldi berendezésekben ezt nem tudták megoldani. (A rác után ugyanis mintegy 20—30 milliószoros a feszültségerősítés.) Készülékünkben azonban olyan eredeti, új konstrukciót sikerült alkalmaznunk, amely ezt a feladatot zavar nélkül teljesíti.

A berendezés hitelesítéséhez laboratóriumunkban számos új műszert, így pl. 0,1 Hertz-től kezdve

működő infrahang-generátort és mutató mőszer-
ek időállandóját vizsgáló készüléket fejlesztet-
tünk ki.

A mérőberendezést három sávszűrővel egészít-
tettük ki. Ezek a következő méréseket teszik lehe-
tővé:

1. Igen kis frekvenciák tartománya 0,7 Hertz-
től 32,5 Hertz-ig terjedő effektív sáv szélességgel.
A villódzási zaj e tartományban sokkal nagyobb
lévén a sörétzajnál, egyszerűen mérhető. A sáv
viszonylag széles (5,5 oktáv), tehát frekvenciában
átlagolt zajértéket nyerünk.

2. Nagyobb frekvenciák tartománya 24 000
Hertztől 69 000 Hertz-ig terjedő effektív sáv szé-
lességgel. Ebben a tartományban a villódzási zaj rend-
szerint elhanyagolható a sörétzajhoz képest. Szük-
ség esetén a kismértékű érték segítségével és az
ismert frekvenciafüggés feltételezésével a mérési
érték korrigálható, hogy azt tisztán sörétzajra
vonakoztathassuk.

3. Hangfrekvenciás tartomány 7 Hertztől
14 000 Hertz-ig terjedő effektív sáv szélességgel.
Ez a vizsgálat a gyakorlati felhasználás szem-
pontjából közvetlenül fontos minősítést tesz lehe-
tővé.

4. Végül lehetséges tetszésszerűen külső sáv-
szűrők alkalmazása is a zaj frekvenciamenetének
vizsgálatára. —

Az effektív sáv szélességeket a frekvencia-
menetek görbéjének négyzetes integrálásával határo-
ztuk meg, figyelembe véve a különböző jellegű zajok
frekvenciamenetéből adódó feltételeket is.

A pontról pontra felvett frekvenciagörbék
integrálásából eredő sáv szélesség értékeket más
módszerrel is ellenőriztük. A vizsgált cső helyébe
telítésben működő Wolfram-katódos zajdiódát
helyeztünk és felvettük a kimenő feszültség érté-
két a telítési áram függvényében. Az (5) egyenlet
segítségével ebből meghatározható Δ_f értéke, amely
a 2. sávban jó egyezést mutatott a pontonként fel-
vett értékkel. Az 1. és 3. sávban ilyen egyezés nem
volt látható, mert még a Wolfram-katódos csőben is
keletkezik igen kismértékben villódzási zaj. Az
így mért adatokkal jól összevágott a készülék saját
zaja, amely elsősorban a bemenő ellenállásból ered.
Ez a mérendő csövek anódkörébe helyezhető
20 000 ohmos munkaellenállásból és a vele párhuzam-
os 100 000 ohmos rácslevezető ellenállásból áll, de
zaj szempontjából hozzájárul a készülék csővének
ekvivalens ellenállása is. A további fokozatok a
zajt csak kevéssé növelik.

Maga a mérés úgy történik, hogy a vizsgálandó
cső anódkörébe kapcsoljuk a 20 000 ohmos munka-
ellenállást és a többi elektródát állandó tápfeszültség-
gel látjuk el. Az anódáram értékét az előfeszültség
folyamatos szabályozásával állítjuk be. A készülé-
ken tulajdonképpen a munkaellenálláson fellépő
zajfeszültség értéke olvasható le közvetlenül. Hogy
ezt az értéket a vizsgálandó cső bemenetére számít-
suk át, minden csőnél meghatározzuk a feszültség-
erősítést is olyan módon, hogy egy hanggenerá-
torból a rácsra meghatározott nagyságú hangfrek-
venciás jelet adunk és a munkaellenálláson fellépő
kimenő feszültséget a mérőerősítővel leolvassuk.
Mivel a 4. egyenletünk megadja, hogy az ekviva-

lens zajellenállás mekkora zajfeszültséget keltene
a rácson, a feszültségerősítés és sáv szélesség ismeretében
meghatározzuk az ekvivalens ellenállás érté-
két. Sörétzaj esetében tehát a 2. sávban ez:

$$R_e = \left(\frac{u_a}{A} \right)^2 \frac{1}{4kT\Delta f}$$

ahol u_a a vizsgált cső anódján fellépő zajfeszültség;
 A a cső feszültségerősítése.

A 3. számú sávban a zaj nem független a frek-
venciától. Ekvivalens ellenállás helyett ezért itt
jobb összehasonlítási alapként látszik, ha magával a
rácsra visszazámított zajfeszültséggel vagy annak
négyzetes értékével számolunk.

Ami viszont az 1. sávban mért villódzási zajt
illeti, ott többféle módon szokás kifejezni a zaj
nagyságát. A tapasztalatok szerint a zajáram négy-
zetes értéke egy-egy oktáv sáv szélességben állandó.
(Ez abból következik, hogy a spektrális intenzitás
 $1/f$ értékkel arányos.) Megadható tehát az oktáv-
onkénti zajfeszültség négyzete. Ha a frekvencia-
menetre vonatkozó hipotézist nem fogadjuk el,
megadhatjuk a teljes sávra vonatkozó zajt. Meg-
adhatjuk azt az ekvivalens ellenállást is, amely a
teljes sávban ugyanekkora zajt adna. A valóságban
azonban minden frekvencián más az ekvivalens
ellenállás értéke. Ha megint felhasználjuk az iro-
dalom által szentesített $1/f$ összefüggést a frekvencia-
menetre, kiszámíthatjuk, hogy az általunk mért
átlagos ekvivalens ellenállás pontosan melyik
frekvenciára vonatkozik:

$$\frac{1}{f_0} = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} \frac{df}{f} = \frac{\ln f_2/f_1}{f_2 - f_1} = \frac{1}{8,3} \quad (13)$$

ha $f_1 = 0,7$ és $f_2 = 32,5$ Hertz értékeket behelyet-
tesítjük. —

Vizsgálati eredmények

Az első tájékozódó méréseket különböző ége-
tési múlttal rendelkező EF 40 csöveken végeztük
el. A mérésekből csupán azt lehetett megállapítani,
hogy a csövek túlnyomó részében a rácsra vonatkoz-
tatott kismértékű sáv bizonyos korrelációt
mutat az anódárammal, ugyanis mind trióda, mind
pentóda kapcsolásban az anódáram növelésével a
zaj csekély mértékű növekedése volt észlelhető.
Ez mindenesetre igazolta azt, hogy a zaj mecha-
nizmusa erősen eltér attól, amit a sörétzajról mond-
tunk.

Ha viszont ugyanazon csövön azonos munk-
kaponton hasonlítottuk össze a triódánál és pen-
tódánál mért zaj értékét, a két szint viszonya 1
körül mozgott, de igen erős szórással. Mivel a csö-
veken végzett ismételt mérések azt mutatták,
hogy a példányok egy részében a villódzási zaj
azonos feltételek mellett is erősen ingadozott, ezt
a tételt tovább nem is vizsgáltuk.

A további vizsgálatokat friss, az előírásoknak
megfelelő EF 40 csöveken végeztük, mégpedig
úgy, hogy a mérésre kerülő sorozatból töröltük
azokat a csöveket, amelyek zaja a legalacsonyabb

1. táblázat

Cső-példány	Anódáram mA	Villódzási zajfeszültség		Zajfeszültség viszony u_{Tr}/u_P
		u_{Tr} (trióda) V	u_P (pentóda) V	
1	1	0,92	0,73	1,26
	2	1,02	0,86	1,19
	3	1,04	1,04	1,0
2	1	1,58	1,49	1,06
	2	1,58	1,81	0,87
	3	1,60	1,76	0,90
3	1	0,50	0,76	0,65
	2	0,78	0,81	0,96
	3	0,90	1,07	0,84
4	1	2,37	2,55	0,93
	2	2,62	2,94	0,84
	3	2,94	3,33	0,88
5	1	1,10	1,04	1,05
	2	1,11	1,20	0,93
	3	1,02	1,45	0,70
6	1	1,20	1,31	0,90
	2	1,41	1,50	0,93
	3	1,49	1,67	0,90
7	1	0,50	0,61	0,83
	2	0,78	0,81	0,94
	3	0,81	1,03	0,79
8	1	2,49	2,6	0,96
	2	2,74	2,13	0,95
	3	2,97	3,63	0,82
9	1	1,28	1,49	0,85
	2	1,39	1,86	0,75
	3	1,60	1,83	0,86
10	1	1,28	1,13	0,89
	2	1,07	1,21	0,87
	3	0,99	1,33	0,75
11	1	1,42	1,12	0,79
	2	1,48	1,57	0,94
	3	1,52	1,62	0,93
12	1	1,10	0,82	1,35
	2	1,11	0,90	1,20
	3	1,06	1,30	0,82

Átlag és szórás 1 mA anódáramnál $0,96 \pm 0,19$
 „ „ „ 2 „ „ $0,94 \pm 0,11$
 „ „ „ 3 „ „ $0,85 \pm 0,08$

frekvenciasávban többszöri mérésnél erősen ingadozott. A megmaradt, reprodukálhatóan mérhető zajú csöveknél összehasonlítottuk trióda- és pentóda kapcsolásban a sörétzajt magas frekvencián, a villódzási zajt 0,7 és 32,5 Hertz között és a hangfrekvenciás sávban fellépő zajt 7 és 14 300 Hertz között.

1. A sörétzaj vizsgálata semmi újat nem hozott. Trióda esetében az ekvivalens zajellenállás $\pm 5\%$ szórással mozgott, 1 mA anódáram esetében $3 \cdot 6/S$, magasabb anódáram esetében pedig $2 \cdot 6/S$ érték körül. Kisáramú munkaponton ugyanis a csőben nem mindenütt azonosak a viszonyok; a szabályos tértöltéses működésen kívül indulóáramú, sőt esetleg a telítéshez közeledő működésű részek is megtalálhatók. Ezek sörétzaja viszonylag magas.

2. táblázat

Cső-példány	Anódáram mA	Hangfrekvenciás zajfeszültség		Zajfeszültség viszony u_{Tr}/u_P
		u_{Tr} (trióda) V	u_P (pentóda) V	
1	1	1,18	1,22	0,96
	2	1,25	1,38	0,90
	3	1,20	1,68	0,72
2	1	1,26	1,37	0,92
	2	1,35	1,65	0,82
	3	1,28	1,68	0,76
3	1	0,96	1,15	0,83
	2	0,95	1,95	0,65
	3	1,1	1,93	0,57
4	1	1,79	2,08	0,85
	2	2,18	2,86	0,76
	3	2,23	2,9	0,76
5	1	1,29	1,52	0,85
	2	1,29	1,81	0,71
	3	1,27	2,02	0,62
6	1	1,20	1,19	1,01
	2	1,30	1,66	0,79
	3	1,34	1,96	0,68
7	1	0,95	1,16	0,82
	2	1,11	1,45	0,77
	3	1,14	1,74	0,66
8	1	1,70	2,08	0,82
	2	1,95	2,60	0,75
	3	2,06	3,18	0,65
9	1	1,08	1,35	0,78
	2	1,0	1,58	0,63
	3	1,05	1,70	0,62
10	1	1,33	1,52	0,89
	2	1,24	1,81	0,65
	3	1,28	1,90	0,68
11	1	1,23	1,41	0,88
	2	1,2	1,67	0,72
	3	1,31	1,78	0,74
12	1	1,10	1,26	0,87
	2	1,11	1,52	0,73
	3	1,06	1,70	0,62

Átlag és szórás 1 mA anódáramnál $0,85 \pm 0,07$
 „ „ „ 2 „ „ $0,74 \pm 0,07$
 „ „ „ 3 „ „ $0,68 \pm 0,06$

Pentódás kapcsolásban 1 mA-nél az átlagos érték $(3,6/S + 20 I_2/S) \frac{I_a}{I_a + I_2}$, magasabb anódáramnál pedig $(2,6/S + 20 I_2/S) \frac{I_a}{I_a + I_2}$ körül van, ami (10). egyenletünknek felel meg. Mivel a meredekség az anódáram $1/3$ -ik hatványával arányos, a zajellenállásnak minimuma van. (Ennél a típusnál 1 és 2 mA között.) Triódánál a zajellenállás monoton csökken az anódáram növelésével.

2. Egészen más képet nyújt a rácsra vonatkoztatott villódzási zaj függése az anódáramtól, amelynek jellegzetes menete a 4. ábrán látható. Itt pentóda esetében monoton növekedést látunk, amit trióda esetében nem mutathatunk ki.

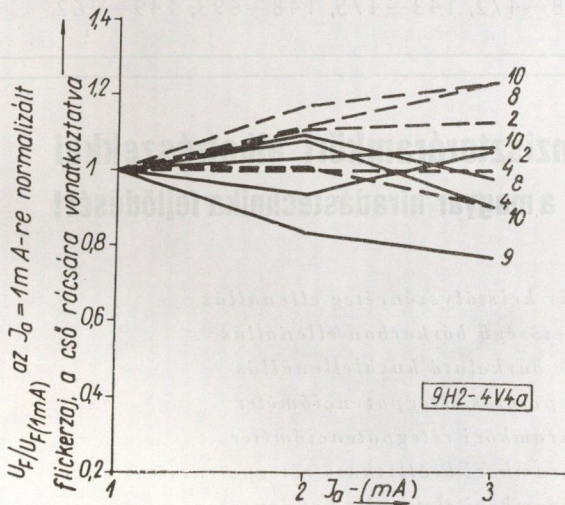
3. Az árameloszlás hatását a villódzási zaj pontonkénti összehasonlításával tanulmányoztuk. Az összehasonlítást minden csőpéldányon lehetőleg azonos statikus beállításnál kell lefolytatni. Itt az a kérdés merül fel, hogy mi az, amit azonos értékre kell beállítanunk, a trióda és pentóda kapcsolásnál: katódáram, anódáram, vagy meredekség? Mindhárom lehetőség indokolható; mi gyakorlati okokból a második megoldást választottuk. A mérési eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze:

4. Egyszerűbb eredményeket kapunk a teljes hangfrekvenciás sávban végzett mérések alapján. (7—14 300 Hertz.) —

Következtetések

A felvetett probléma szempontjából legnagyobb jelentősége az 1. táblázatnak van. Ha az 1 mA-es beállítást azzal mellőzzük, hogy ott a cső egyes részei esetleg indulóáramban működnek, egyértelműnek látszik, hogy az árameloszlás ténye a villódzási zajnál is növekedést hoz létre. Ez a növekedés azonban sokkal csekélyebb, mint sörétzajnál. (Ahol 7. és 10. egyenletünkéből származóan 3 mA anódáramnál duplájára nő a zaj.)

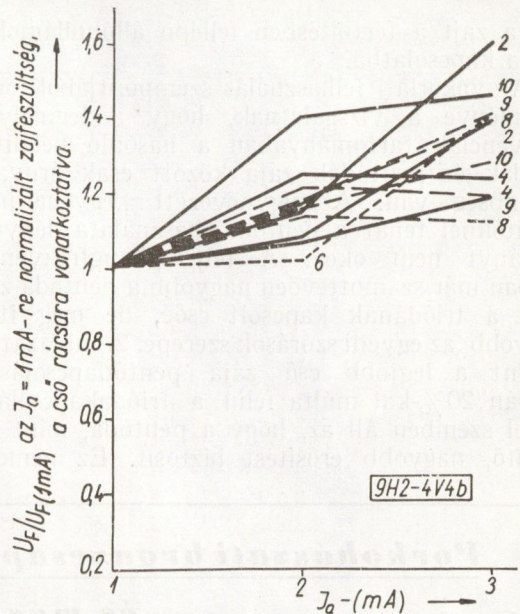
Ha ezt az eredményt összehasonlítjuk az egyetlen régebbi hasonló vizsgálattal (3), amelyet 8 db, 6SJ7 típusú csővön végeztek, meglepő egyezést tapasztalunk, mivel az észlelt zajnövekedés ott is 10—20% körül van.



4. ábra. Villódzási zajfeszültség az anódáram függvényében triódnál

Azt, hogy a zaj növekedése pentódnál az árameloszlásból származik, a 4. ábra is alátámasztja, amely szerint a zaj csak pentóda kapcsolásban mutat határozott függést az anódáramtól. Amennyiben ugyanis a zaj emissziós ingadozásoktól származik, a (11) egyenletünk szerint a rácsra vonatkoztatott zajfeszültség értékében semmiféle munkaponti adat nem szerepel. Kézenfekvő gondolat tehát, hogy a zajnak az a része, amely növekvő árammal nő, nem emissziós, hanem eloszlási jellegű.

Ennek ellenére sem fogadható el a jelenség magyarázatául ugyanolyan mechanizmus, mint amely a sörétzajnál. Fentebb ugyanis kimutattuk,



5. ábra
Ugyanaz mint a 4. ábra pentódnál

hogy a villódzási zaj fellépése feltétlenül azzal függ össze, hogy az áram nem egymástól független elektronok formájában, hanem elektronsomók formájában halad. Ezek a csomók bizonyos — aránylag hosszú — τ idő alatt egymásután kilépő elektronokból állanak. A tértöltés szabályozó hatása folytán a csomók csökkentett nagyságban hagyják el a potenciálmínimumot. Az árameloszlás csak akkor okozhat villódzási zajt, ha a csomóalkotó elektronok együttmaradnak és így jutnak el vagy az anódhoz, vagy a segéd rácsra. Más a helyzet a sörétzajnál. Ott különálló elektronokról van szó. Jegyezzük meg azonban, hogy ott is csak annyiban lép fel eloszlási zaj, amennyiben valóban a véletlen dönti el, hogy az elektron melyik elektrodára jut. Olyan esetben, ahol a katód egyes pontjairól csak az anódra, más pontjairól csak a segéd rácsra juthat el elektron, a cső gondolatban két különálló triódnál bontható fel és eloszlási zaj nincs. Ugyanez az eset állna be a villódzási zajra nézve is, ha egyes emissziós centrumok a katódon elfoglalt helyzetüknél fogva inkább az anód részére, mások pedig inkább a segéd rács részére bocsátanának ki elektronokat. Ha viszont ezt a lehetőséget kizárjuk, akkor csak azokra a kicsiny oldalirányú sebességösszetevőkre gondolhatunk, amelyek végső fokon igazi okozói az egy pontból kilépő elektronok pályája közötti különbségeknek. Azt kell feltételeznünk, hogy ezek nem egymástól független statisztikus véletlen módon oszlanak meg az egyes elektronoknál, hanem egy-egy csomónál kitüntetett irányok vannak. Ez pedig ellentétben van a tapasztalatok által ézerszeresen igazolt Maxwell-eloszlással.

Kiút ebből a dilemmából akkor van, ha elfogadjuk azt, hogy a villódzási zaj komplex jelenség, amelynek az emissziós centrumok fellépése csak egyik, de nem egyetlen oka. A különböző zajhipotézisek között valóban találunk olyat, amely a *tértöltésből kilépő* elektronok számára a Maxwell-féle sebességeloszlástól eltéréseket enged meg. Ez

(8) a zajt a tértöltésben fellépő állóhullámokkal hozza kapcsolatba.

A gyakorlati felhasználás szempontjából fontos eredménye a vizsgálatnak, hogy a legmélyebb frekvenciák tartományában a hasonló beállítású triódák és pentódák zaja között csak árnyalati különbség van. Az úgynevezett „egyenáramú” erősítőknél tehát a pentóda használata lényeges hátrányt nem okoz. A teljes hangfrekvenciás sávban már számottevően nagyobb a pentóda zaja, mint a triódának kapcsolt csőé, de még itt is nagyobb az egyedi szórások szerepe. 2. táblázatunk szerint a legjobb cső zaja pentódapcsolásban csupán 20%-kal múlta felül a triódapcsolását. Ezzel szemben áll az, hogy a pentóda, mint előerősítő, nagyobb erősítést biztosít. Ez nemcsak

nagyobb negatív visszacsatolást vagy esetleg egy fokozat megtakarítását teszi lehetővé, de a teljes erősítő zaját is kedvezően befolyásolja, mert csökkenti az előfokozat utáni elemek hozzájárulását a teljes zajszinthez.

IRODALOM

1. Sebestyén: Magyar Híradástechnika. 1955.
2. Valkó: Mikrohullámú elektroncsövek. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955.) 122. o.
3. Tomlinson: J. of the B. I. R. E. 1954. 515. o.
4. Wijngaarden: Physica. 1952. 689. o.
5. Schottky: Phys. Rev. 1926. 74. o.
6. Langmuir: Phys. Rev. 1923. 419. o.
7. Malakov—Dubrovin: Zsurnal tyekniczeszkjo fiziki 1956. 1451. o.
8. White—Emeleus: J. of Electronics 1957. 358. o.

Porkohászati bronzesapágyperselyek,

és más gépalkatrészek színes fémből méretpontosan, nagy sorozatban

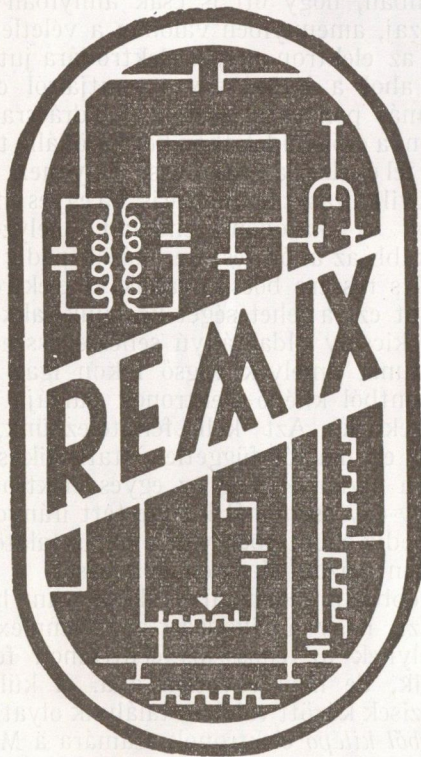
Forgácsolás nélkül felhasználási helyre azonnal beszerelhető. Megbízhatóságával, anyag- és munkamegtakarítással, önköltségcsökkentéssel segíti a termelést.

Gyártja:

MŰSZÉNTERMELŐ VÁLLALAT

Budapest, X., Gergely u. 47—51. Tel.: 148—472, 148—475, 148—693, 149—262

Korszerű nyomtatottáramköri és tranzistoráramköri alkatrészekkel biztosítjuk a magyar híradástechnika fejlődését!



szubminiatur kristályszenréteg ellenállás
nagyterhelhetőségű bőrkarbon ellenállás
hidegzománc burkolatú huzalellenállás
miniatűr kapcsolós rétegpotencióméter
tranzistoráramköri rétegpotencióméter
nyomtatottáramköri beállítható rétegpotencióméter
tranzistoráramköri elektrolit kondenzátor
miniatűr fémezett papirkondenzátor
nyomtatottáramköri epoxy-gyantás kondenzátor
nyomtatottáramköri RC tagok
nyomtatottáramköri műanyagburkolatú
csillámkondenzátor

REMIX

RÁDIÓTECHNIKAI VÁLLALAT

BUDAPEST, X., PATAKI ISTVÁN TÉR 20.

Sokcsatornás vivőáramú távbeszélő gyártmány-család

LAJKÓ SÁNDOR
BHG. Átviteltechnikai Fejlesztés

A sokcsatornás távbeszélő berendezéseket (légvezetékre, kábelre és rádiócsatornákra) magábanfoglaló új átviteltechnikai gyártmány-család fejlesztési szempontjainak ismertetése. A gyártmány-család tagjai. Az egységes modulációs rendszer ismertetése és a berendezések jeláramkörének, valamint vivőfrekvenciát szolgáltató áramkörének általános ismertetése. A berendezések átviteltechnikai adatai és konstrukciós felépítése.

- a külső behatásokkal szemben kényes áramköri részek hermatikus lezárása ;
- a por és külső mechanikai behatások elleni védelem ;
- tartalék áramkörök alkalmazása
- jól átgondolt risztóáramkörök.

1. Bevezetés

Minden országban igen nagy gondot fordítanak a hírközlő hálózatok fejlesztésére. A postaigazgatások és egyéb szervek legfőbb gondja a vezetékes és vezeték nélküli távbeszélőhálózatnak az igényekkel lépést tartó bővítése, új hírközlő utak bekapcsolása, a csatornák számának növelése és a régi, elavult berendezéseknek új, korszerű és gazdaságos berendezésekkel való kicserélése.

A BHG új, korszerű átviteltechnikai gyártmány-családja háromtól több száz csatornás rendszerig fokozatosan épül fel és magábanfoglalja a légvezetéken, szimmetrikus távkábelben, koaxiális kábelben, valamint ultrarövid- és mikrohullámon működhető, vagyis nagy távolságok áthidalására alkalmas, továbbá a szimmetrikus kábeleken rövid távolságon is gazdaságosan üzemeltethető távbeszélő berendezéseket.

2. A gyártmány-család tervezésekor figyelembe vett szempontok.

A kutatási-fejlesztési munka mindig sokrétű feladatot jelent s különösen igaz ez a híradástechnikában, ahol fel kell használni a tudományok, technológiai eljárások és konstrukciós módszerek legújabb eredményeit.

Export területeink klíma viszonyainak, a hazai és külföldi felhasználók követelményeinek és a gyártás gazdaságosságának szem előtt tartásával kellett kidolgoznunk a gyártmány-családot, amely több évi fejlesztési munkának az irányát szabja meg. Egységes, jól átgondolt vezérfonallal ingadozások, sikertelen útkeresések, valamint az ezzel járó anyagi- és idővesztések elkerülhetők.

Az alapvető fejlesztési szempontok részletes kifejtése nagyon megnövelné ezen amúgyis széles témájú cikk terjedelmét, ezért ezeket a következőkben csak címszószerűen foglaljuk össze.

Jó minőség elérésére vezet

- a célszerű rendszertechnikai felépítés ;
- korszerű, jó áramköri megoldások.

Az üzembiztonságot fokozzák

- az egységesen alkalmazott hosszúélettartamú csövek ;
- a legjobb minőségű elektromos alkatrészek ;
- a klímaálló kivitel ;

Kis méretekre és könnyű kezelhetőségre vezet

- a szekrényes-fiókos egységes konstrukció,
- a korszerű, kis méretű alkatrészek (pl. ferrit és permalloy vasmagok, fémpapír kondenzátorok, tranzisztorok és félvezető-diódák) alkalmazása,
- az egységfiókok könnyű cserélhetősége ;
- az alkatrészek jó hozzáférhetősége ;
- a célszerű vizsgálati lehetőségek.

A rendszer gazdaságosságát jelenti

- a kisebb csatornaszámról nagyobbra való áttérés (vagyis a bővítés) könnyű lehetősége ;
- a kevésféle egység tartalékban tartásának szükségessége ;
- a kevés szakképzett személyzet igénye a fenntartáshoz ;
- több berendezés-típushoz egységesen használható szekrény és fiók fajták alkalmazása ;
- nagy állomásokon több rendszer ellátására alkalmas vivőfrekvencia szolgáltatás ;
- felügyeletlen és távtáplált erősítőállomások alkalmazása

A berendezések külső megjelenésére jellemzők

- a szekrényyszerű kiképzés ;
- a tetszetős kikészítés ;
- a különféle berendezések egységes külső képe ;
- az egységfiókok műszakilag szép és célszerű elrendezése.

3. A gyártmány-család tagjai.

I. Légvezetékes rendszerek 2-huzalos üzemmódra

- a) BTO-3/4. 3-csatornás távbeszélő 4 táviró csatorna egyidejű átvitelével
- b) BTO-6/12. 6-csatornás berendezés, 12 táviró csatorna egyidejű átvitelével
- c) BO-12. 12-csatornás berendezés.

II. Kiscsatornaszámú rendszerek szimmetrikus kábelre

- a) BK-12. 12-csatornás berendezés, 4-huzalos üzemmódra.
- b) BK-12R. 12-csatornás rövidtávú berendezés, 2-huzalos üzemmódra.

III. 4-huzalos szélessávú rendszerek szimmetrikus kábelre

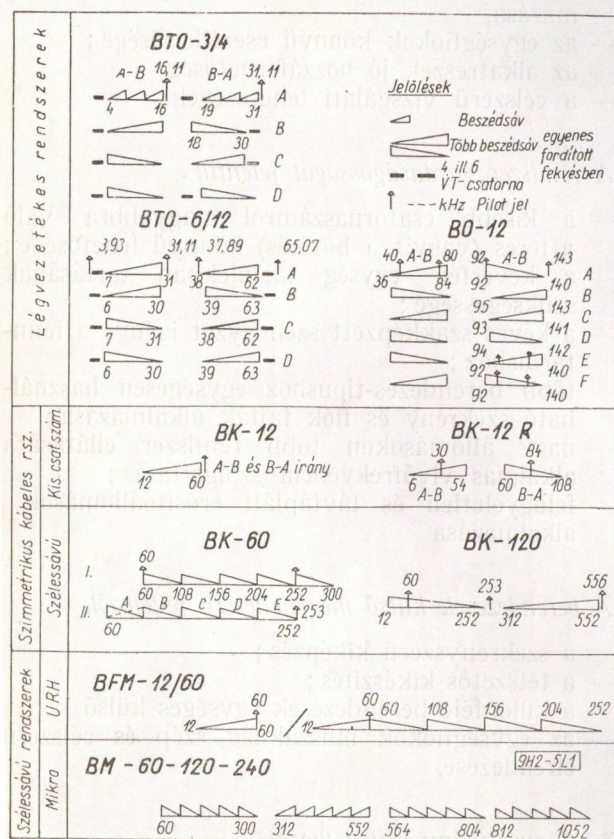
- BK-60. 60-csatornás berendezés.
- BK-120. 120-csatornás berendezés.

IV. Szélessávú rendszerek rádió átvitelre.

- BFM-12/60. 12—60 csatornás rendszer frekvenciamodulált ultrarövidhullámú átvitelre (100—300 Mc/s).
- BM-60-120-240. 60-120-240 csatornás rendszer mikrohullámú átvitelre (4000 Mc/s)

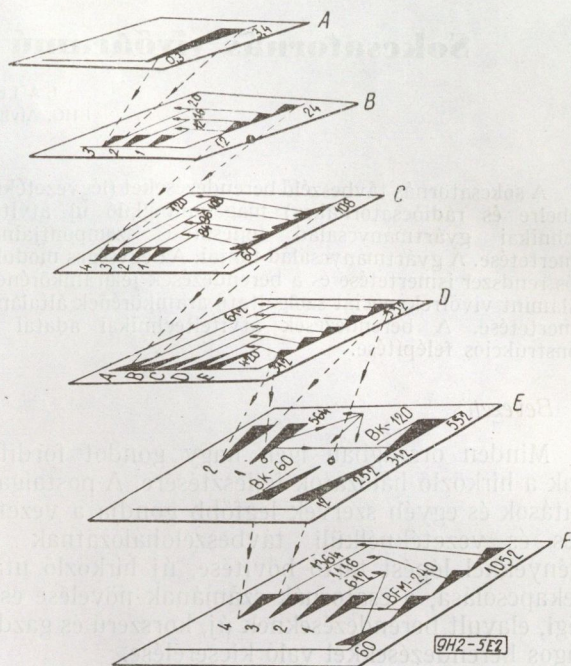
A vonalon átvitt frekvenciasávok az 1. ábrán láthatók. Az egyes berendezések a CCITT legújabb ajánlásainak mindenben megfelelnek.

Az átfogó rendszertervek eredményeképpen a nagyobb csatornaszámú berendezések a kisebb csatornaszámúak felhasználásával épülhetnek fel.



1. ábra. A gyártmánycsalád tagjainak vonalon átvitt frekvenciasávjai

A légvezetéken átvitt frekvenciasáv és a csatornafekvések szempontjából a 3- és 6-csatornás légvezeték berendezések négy, a 12-csatornás légvezeték berendezések pedig hat változatban készülnek. A csatornák a vonalon egyenes, vagy fordított fekvésben vannak (az ábrán háromszögekkel jelölve). Ez az ugyanazon oszlopsoron működött több hasonló rendszer egymásközötti áthallása esetén lényeges. A fordított relatív helyzetű csatornák ugyanis egymásközött nem okozhatnak érthető áthallást. Ugyancsak az érthető áthallás elkerülése érdekében egyes rendszerek átviteli sávja



2. ábra. Lépcsőzetes modulációs terv

a többihez képest 1—2 kHz-cel eltolt helyzetű. A légvezeték soron ezért áthallás veszély nélkül egyidejűleg több érpár használható 3-, 6- vagy 12-csatornás összeköttetések létesítésére.

4. Lépcsőzetes modulációs terv.

A gyártmány-család frekvencia tervét a 2. ábrán tekinthetjük át. A frekvencia kiosztás lépcsőzetes, a nagyobb csatornaszámú berendezések számára logikusan felépített. A csatornacsoportosítások mindenben megfelelnek a CCITT vonatkozó ajánlásainak is [1] [2]. Minden berendezéstípus ezen csatornacsoportok valamelyikéből, vagy azok többszöröséből alakul ki. Ezáltal a rendszer egyöntetű.

A frekvenciaterv alapja a 0,3—3,4 kHz beszédsáv (A. sík). Három beszédsáv, egyenként 12, 16, és 20 kHz vívőfrekvenciákkal modulálva és a felső oldalsávokat használva alkotja a 12—24 kHz tartományban helyet foglaló előcsoportot (B. sík).

A következő lépcsőben négy előcsoportnak egyenként a 84, 96, 108 és 120 kHz vívőfrekvenciákkal való modulálásával és az alsó oldalsávoknak egymásmellé sorolásával kapjuk a 60—108 kHz tartományban fekvő 12 csatornás CCITT alapcsoportot.

Ezután öt alapsoport további 420, 468, 516, 564 illetve 612 (444) kHz vívőfrekvenciákkal történő modulációja és egyesítése következik. Eredményül a 60 távbeszélőcsatornát magában foglaló alap-főcsoportot kapjuk (D. sík), amely a CCITT ajánlása szerint a 312—552 kHz frekvenciatartományba esik.

Az előcsoportot, alapsoportot és alapfőcsoportot a vonalon átvendő frekvenciasávba az egyes berendezések saját rendszermodulációja teszi át.

A berendezések egységesen gyárthatók, mert ugyanazon áramkörök a különböző berendezésekben ismétlődnek. Ez az üzemfenntartás szempontjából is előnyös.

A szabványos csatorna csoportok lehetőséget nyújtanak egyrészt valamely alapszoport síkján a különféle berendezések összekapcsolására, másrészt leágaztatásra vagyis kisebb csatornacsoportoknak a nagyobb csatornaszámú átviteli sávból való kihasítására és továbbvezetésére. Így a forgalmi és hálózati igényekhez az egész rendszer igen rugalmasan illeszthető.

5. Jeláramkör

A 3. ábra a gyártmány-család egyszerűsített tömbvázlatát mutatja be.

A tömbvázlat gerinc a 60-csatornás alap-főcsoport. Ebből ágaznak le a megfelelő helyeken a többi berendezéstípus jeláramkörei. Mindegyik jeláramkör alatt a frekvenciaterv megfelelő részét is feltüntettük.

Az egyes berendezéseknél szükséges csoport; ill. rendszermodulációs fokozatok e rajzon a felső megfelelő helyéről húzott függőleges vonaltól jobbra szerepelnek. A függőleges vonalaktól balra eső részek a felső tömbvázlat szerintiek.

Kísérjük végig először a valamennyi berendezésben azonos jeláramkört.

A csatornák hangfrekvenciás végződése a központ felé tetszés szerint 2- vagy 4-huzalos lehet. Az átkapcsolást a hangfrekvenciás végződő egységen lehet végrehajtani. Ezután mind az adó, mind pedig a vevőágban csillapítótagokat találunk, amelyek a hangfrekvenciás adási, ill. vételi szintek beállítására valók. A szabványos adási szint -2 N (600 ohm), a vételi szint pedig $+1\text{ N}$ (600 ohm).

A hangfrekvenciás végződő egységben a *jelzésátvitel áramkörének* üzemmódját is beállíthatjuk. A központ felé ez is lehet 2- vagy 4-huzalos.

A csatorna modem áramkör adási és vételi irányban hasonló gyűrűs modulátorokat és csatorna sávszűrőket, vételi irányban ezenkívül egyfokozatú hangfrekvenciás erősítőt tartalmaz. Mindkét modulátor azonos vivőfrekvenciákkal és pedig az előcsoport első csatornájában 12, a másodikban 16, a harmadikban pedig 20 kHz-cel dolgozik.

A csatornák hangfrekvenciás áramkörének és a sávon kívüli jelzésátvitel megoldásának részleteiről egy korábbi közlemény nyújt tájékoztatást [3].

Az előcsoport három csatornájának adási, illetve vételi ágában a sávszűrők ki-, illetve bemenőkapcsai párhuzamosan vannak kötve. Ugyanezen pontokhoz csatlakoznak a sávon kívüli jelzésátvitel adó-, ill. vevőáramkörei is. Adási irányban vivőelnyomó szűrőt találunk az áramkörben.

A további lépés a 3-csatornás előcsoportok összesítése alapszoporttá. Ez az *előcsoport modem áramkörök jeladata*. Az előcsoportmoduláció a rajzon feltüntetett 84- -120 kHz vivőfrekvenciákkal történik. A modulációs termékek közül a sáv-szűrők a 12 kHz szélességű alsó oldalsávokat választják ki, a többi pedig elnyomják. A négy áramkör

közül a rajzon részletesen csak egy látható. Az adó- és vevőágban egy-egy gyűrűsmodulátor és sávszűrő található. A vevőág ezenkívül egyfokozatú erősítőt is tartalmaz.

Az előcsoportok összecsatolása hibrid áramkör alkalmazásával a *kombináló áramkörben* történik, ahol az adási irányt a beállítható erősítésű alapszoport erősítő egészíti ki. Az alapszoport 60—108 kHz frekvenciasávban fekvő 12 csatornája $-4,2\text{ N}/150\text{ ohm}$ teljesítményszinttel kerül rá a csoportelosztó *rendező* forrásokra. Vételi irányban ugyanezen a helyen $-3,5\text{ N}/150\text{ ohm}$ teljesítményszint van. A rendezőről az alapszoportot a további modulációs áramkörökre vagy más berendezésekre lehet továbbkapcsolni. Az alapszoportból 12-csatornás berendezéseket, vagy — csak egyes 3-csatornás előcsoportok felhasználásával — 3-, ill. 6-csatornás berendezéseket alkothatunk.

A légvezeték átviteli sávjának jobb kihasználása céljából a 3-csatornás berendezésnél 4, a 6-csatornás berendezésnél pedig 12 távirócsatorna egyidejű átvitelét is biztosítjuk. A táviró csatornákat — a rajzon bejelölt módon — a beszédmodulátoroknál szükséges vivőfrekvenciákkal csoportmodulálva átesszük a vonalon átvitt beszédfrekvencia tartomány szélére. A rendszer szűrői és erősítői átviszik a távirócsatornákat is.

A BTO-3/4 típusú 3-csatornás berendezés az alapszoportnak 84—96 kHz terjedő részét használja. Ebből állítjuk elő különböző vivőfrekvenciákkal a vonalon átvendő frekvenciasávokat a rendszermodulátor fokozatok segítségével. A négy VT csatornát (420, 540, 660 és 780 Hz) először 12 kHz vivővel, majd a rendszernek megfelelő második vivőfrekvenciával helyezzük át a két átviteli iránynak megfelelő fekvésbe.

A BTO-6/12 rendszer megoldása hasonló a BTO-3/4-éhez. Itt két 3-csatornás előcsoportot (89—108 kHz) használunk a rendszermodulátorban. Eltérés az, hogy az A—B átviteli iránynak megfelelő frekvenciasávból 33 kHz-es iránymodulációval nyerjük a B—A irány frekvencia fekvését. Ebben a rendszerben a középerősítőkben is alkalmazunk ilyen iránymodulációkat, amelyek felcserélik a két átviteli irány frekvenciafekvését (frekvencia-ugratás). Ily módon könnyebbé válik az átvitel kiegyenlítése és az áthallási viszonyok is javulnak.

A BK-12 és BK-12R 12-csatornás kábeles berendezések a teljes alapszoportot igénybe veszik. Mindkét berendezésben egyetlen rendszermoduláció fokozat állítja elő a vonalon átvitt frekvenciasávot. Az első rendszer nagytávolságú összeköttetésekre, szimmetrikus távkábelekre készül. A BK-12R berendezés rövidtávú 2-huzalos üzemi és így egyetlen kábelben működtethető. Mindkét rendszerhez 7,5N erősítésű közbeeső vonalerősítők tartoznak. A BK-12R berendezések előnyösen használhatók régebbi típusú, terhelt kábeleken olcsó áramkörök létesítésére. Az erősítőszakaszok ilyenkor általában 30—35 km hosszúak. A csatornához csatolt kompondorok lehetővé teszik, hogy a berendezés áthallás szempontjából kevésbé jól kiegyenlített kábeleken is jól működjék.

Továbbhaladva a fő tömbvázlaton az *alapszoportmodem* fokozat következik, amelyben egy vagy több 12-csatornás alapszoport tovább modulálása és *alapfőcszoportba* foglalása történik. Adóirányban alul áteresztő szűrő, gyűrűsmodulátor és további szűrő látható, vételi irányban ugyanez megfordított sorrendben és a többi modulációs fokhoz hasonlóan, demodulátor erősítővel. Az $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$, $\bar{D}$, és $\bar{E}$ jelű felső csoportok hibrid áramkörön való összekapcsolása az előcszoportok kombinálásához hasonlóan történik. A 312—552 kHz frekvenciasávban fekvő alapfőcszoportot közös szélessávú adóerősítő adja ki a *nagyfrekvenciás rendezőkeretre*.

A főcszoport-modulátorban és demodulátorban 420...612 kHz vivőfrekvenciákat alkalmazunk. A modulációs termékek közül aluláteresztő szűrővel választjuk ki az alsó oldalsávot. Valamennyi főcszoport egyesén állású, kivéve az $\bar{A}$ jelűt, amely kívánatra fordított állásúvá is tehető. Előállítására 440 kHz vivőfrekvenciát használunk. Ez olyankor szükséges, ha a kábelén átvitt frekvenciatartományból az első 12-csatornás szakasznak (12—60 kHz) együtt kell működnie például a BK-12 berendezéssel, vagy pl. a Philips 48-csatornás rendszerrel.

Az alapfőcszoportból is többféle berendezés alkotható a teljes 60 csatorna, vagy csak bizonyos 12-csatornás főcszoport-rész felhasználásával.

A *BO-12* 12-csatornás légvezetékes berendezés az alapfőcszoport $\bar{E}$ részét (312—360 kHz) a vonalra kiadott frekvenciasáv előállítására. A rendszermodulációs fokozata különféle vivőfrekvenciákkal működhet. Így kapjuk a két átviteli irány és a 6-féle frekvenciafekvés (lásd 1. ábrán) valamelyikét. A 3. ábrán csak az egyik frekvenciafekvés előállítása szerepel.

A 12-csatornás rendszerben is alkalmazhatunk az erősítőállomásokon frekvenciaugratást (E és F rendszerekben).

Mindhárom *légvezetékes berendezés önműködő pilotszabályzó* rendszerrel működik, amely teljesen elektronikus (termisztoros) megoldású és mintegy 3—4 N nagyságú, az időjárástól és a frekvenciától függő vezetéksillapítás változást tud kiegyenlíteni a középerősítő és végállomásokon. A 3-csatornás berendezés irányonként egy-egy, a 6- és 12-csatornás berendezések pedig két-két pilotfrekvenciával működik (l. az 1. ábrán). A teljes alapfőport a 60-csatornás *BK-60* berendezésben az igénybevett kábel minőségétől függően kétféle frekvenciafekvésben adható ki a vonalra. Az egyik rendszermoduláció 564 kHz-cel, a másik 612 kHz-cel történik és a kiadott sáv 12—252, illetve 60—300 kHz.

A 60-csatornás rendszer terheletlen kábelnégyeseken működtethető 15—20 km hosszú erősítő szakaszokkal.

Korszerű szimmetrikus kábeleken a 120-csatornás *BK-120* rendszer adja a leggazdaságosabb sokcsatornás kihasználást. E rendszer — mint a tömbvázlaton látszik — egyszerűen állítható elő, mert a 60-csatornás alapberendezéshez mindössze

hozzá kell csatolni egy második alapfőcszoportot újabb modulációs fokozat nélkül. A két 60-csatornás rész kombinálása itt is szűrőkkel és hibrid áramkörrel történik. Egy kezdeti 60-csatornás, (vagy esetleg ennél is kisebb 12-24-36-48-csatornás) kiépítés tehát bármikor egyszerűen és olcsón tovább bővíthető 120 csatornáig.

Szélessávú rádiós átviteli rendszereink multiplex részének felépítése nagymértékben azonos az előbbivel. 60 csatornánként bővíthet a rendszer 240 csatornáig. Az alapfőcszoportok összefűzése főcszoportmoduláció és hibridáramkörös kombinálás útján történik.

Frekvenciamodulált, ultrarövidhullámú berendezéseink, mint a *BFM-12/60* multiplex részeiben a BK-60 rendszert használják lényegileg változatlan kivitelben.

Mikrohullámú berendezésünk, *BM-60-240*, három frekvenciamodulált 4000 Mc/s névleges frekvenciájú mikrohullámú csatornával működik, melyek tetszés szerint használhatók televíziós jelek, vagy egyenként 240 beszédcsatorna átvitelére. (Teljes rendszer kapacitás tehát 720 csatorna).

Szóbakerült egy 300-csatornás szupercszoport bevezetése is mikrohullámú átvitel céljára. E csoport öt alapfőcszoportnak a 812—2044 kHz sávba való áthelyezéséből állna. Ilyen magasan fekvő (kis relatív sáv szélességű) csoport képezhetné alapját a még nagyobb csatornaszámú rendszereknek az előzőekhez hasonló felépítési elvek szerint.

6. Vivőfrekvencia ellátás tömbvázlata

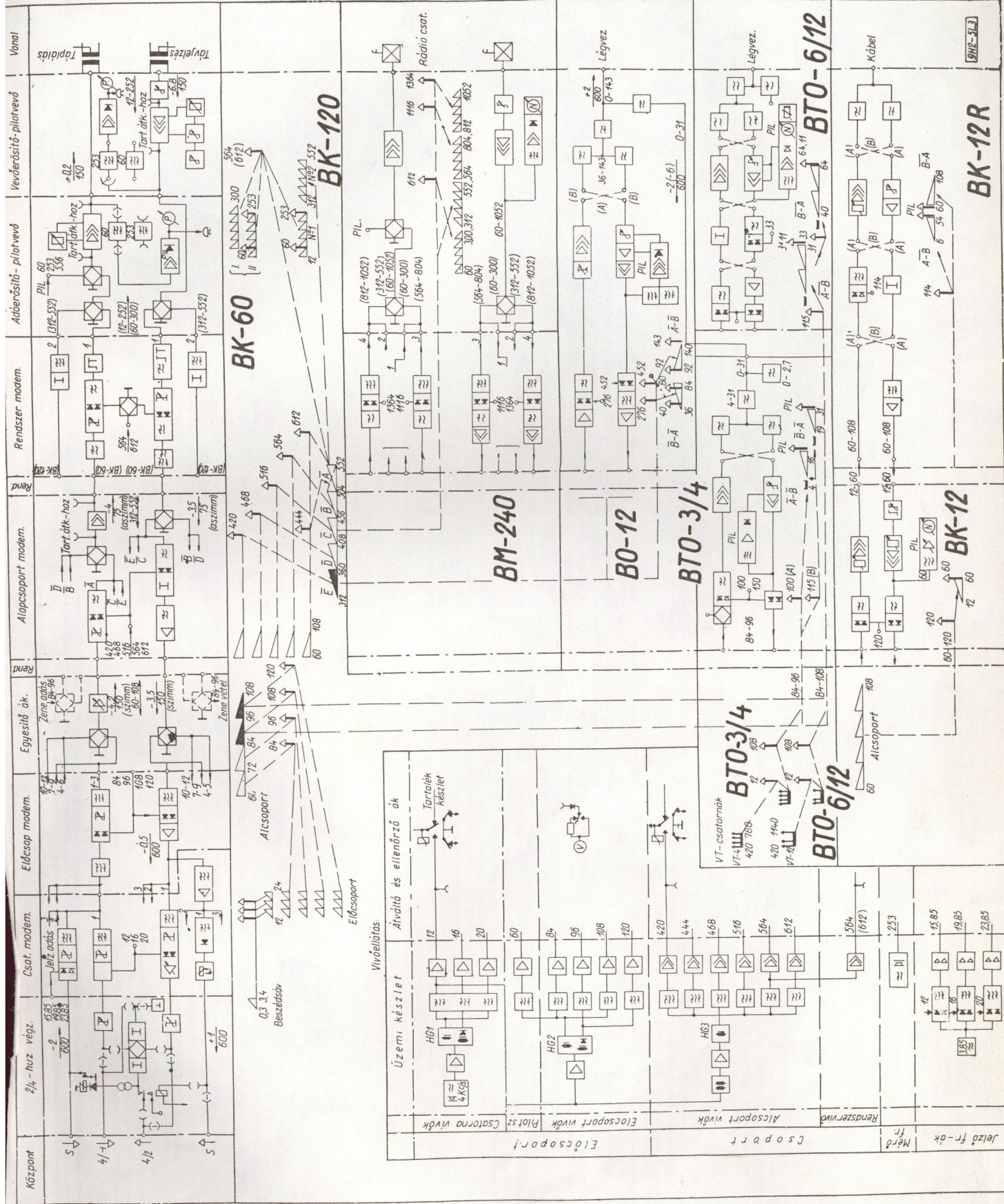
A rendszer frekvencia kiosztása olyan, hogy a különféle frekvenciák nagyrésze közös alaposzcillátorból származtatható, ami nagy relatív pontosságot és stabilitást nyújt.

A rendszer lépcsős felépítése arra is módot ad, hogy az egyes berendezéstípusok nagyrészt azonos áramkörökből nyerjék a szükséges vivőfrekvenciákat. Kisebbről nagyobb csatornaszámú berendezés felé haladva, a vivőáramellátó áramkör is fokozatos bővítéssel egészíthető ki.

Nagyobb állomásokon több azonos típusú berendezés, vagy a gyártmány-család különböző tagjai közös *központi vivőellátó berendezésről* táplálhatók. A fokozott üzembiztonság érdekében a központi vivőellátó berendezés üzemi és készenléti tartalék áramkörökkel és önműködő átváltási lehetőséggel bír.

A gyártmány-család egyes tagjai — kisebb állomásokon — maguk is tartalmazhatják a szükséges vivőfrekvenciákat szolgáltató fiókokat. Ezek teljesítménye is elegendő néhány rendszer ellátására.

Az univerzális vivőellátó rendszer tömbvázlatát is a 3. ábra mutatja. Az összes vivőfrekvenciák, amelyek a csatorna- előcszoport- és csoportmodulációkhoz szükségesek, 4 kHz alapfrekvenciából származnak. A termosztátos, kvarckristály vezérlésű alaposzcillátor frekvencia stabilitása $1,5 \cdot 10^{-6}$. Ennek megfelelően a csatornában a legnagyobb frekvenciaelcsúszás a táviróátvitel szempontjából megengedett 2 Hz alatt marad.



BK-12R

BK-12

BTO-6/12

BTO-3/4

B0-12

BM-240

BK-120

BK-60

A BM-60-240 nagyobb frekvenciájú rendszer vivőszükségletét 10^{-7} frekvenciapontosságú főoszilátor látja el.

A 4 kHz alaprezgés erősítő segítségével, kellő energiával vezérli a HG1 harmónikus generátort. Az ebben lévő telítettségig vezérelt vasmagos tekercs páratlan harmónikusokat termel. Ezek közül a 12 és 20 kHz frekvenciákat egy-egy sáv-szűrő szűri ki. A harmadik csatornavivő frekvenciát (16 kHz-et) — mivel ez a 4 kHz páros harmónikus — a páratlan harmónikusok egyenirányítása után szűrhetjük ki.

Az előcsoportvivők előállítása hasonló. A HG2 harmonikus generátort az előbbi áramkörből kapott 12 kHz frekvenciával egy másik meghajtófokozat vezérli. Itt is páratlan és egyenirányítás után páros harmonikus frekvenciákat kapunk. Ezek közül sáv-szűrők választják ki az előcsoport vivőket, valamint a BTO-3/4 rendszerénél szükséges 72 kHz frekvenciát. A sáv-szűrők ferritmagos tekercsből és styroflex kondenzátorokból vannak összeállítva. A 60 és 120 csatornás berendezésekhez szükséges csoportvivő, valamint pilotfrekvenciákat a HG3 szintén 12 kHz-es harmonikus generátor páratlan harmonikusai közül szűrjük ki kristálysűrőkkel, majd felerősítjük őket.

A légvezetékes berendezéseknél szükséges olyan rendszervivő- és pilotfrekvenciákat, melyek a harmonikus generátorokból nem származtathatók, külön termosztátos, kvarcvezérlésű oszcillátorokkal állítjuk elő.

A jelzésátvitelhez szükséges frekvenciákat úgy állítjuk elő, hogy a csatorna vivőket egyenként 3,85 kHz-cel moduláljuk. A tömbvázlat feltünteti a jelzőoszcillátort, a három modulátort és a 15,85, 19,85, valamint 23,85 kHz frekvenciákat kiválasztó sáv-sűrőket.

Az egyes vivőfrekvenciák több berendezés modulátorainak táplálására elegendő teljesítménnyel rendelkeznek. Ezért betáplálásuk elosztó áramkörön történik.

7. Átviteltechnikai adatok

Általános értékek

2500 km hosszú összeköttetésen a teljes
zaj: 10 000 pW,
ebből a vezetékre és erősítőkre jut: . 7 500 pW,
a végberendezésekre jut: 2 500 pW,
Egy beszédcsatornán 24 VT csatorna vihető át.
3 csatorna helyett 1 zenecsatorna vihető át.

Adatok a hangfrekvenciás végződések

A végződések átkapcsolhatók 2- vagy 4-huzalos üzemmódra.

Átvitt frekvenciasáv 300—3400 Hz
Bemenő teljesítményszint -2 N/600 ohm
Kimenő teljesítményszint $+1$ N/600 ohm
Csillapítás-torzítás : adás és vétel együtt $\frac{2}{5}$ része
adás: $\frac{1}{5}$ része a CCITT
toleranciának

Nonlineáris torzítás $< 1\%$
Frekvencia stabilitás ± 1 Hz
Színtstabilitás $\pm 0,2$ N

Jelzésátvitel

Beépített sávon kívül csengető és távválasztó jel-átvitel.

Jelzőfrekvencia (0 frekvenciára): 3.85 kHz
Jelzőszint (0 szintre) $-0,5$ N
Zaj távolság jelzés alatt a saját csatornában > 6 N
Impulzustorzítás $\pm 0,3$ N színtingadozásnál $< 10\%$

Zeneátvitel

Zenesáv 50—10 000 Hz
Bevezetve az alapszoportba 84—96 kHz sávban
Adószint $-4,2$ N/150 ohm
Vevőszint $-3,5$ N/150 ohm

Vonaloldali adatok

Rendszer		Adási	Vételi	Minimális vételi szint	Erősítő szakasz		Huzalos üzem- mód	Vonalon átvitt frekvenciasáv (kHz)
		szint a vonalon (normál)			N	km		
Légvez.	BTO-3/4	+2n/600 ohm	−2N/600 ohm	−6N	4N	300	2	3,18—31,11
	BTO-6/12					200		6— 64,11
	BO-12					100		36—143
Kábeles	BK-12	+0,5 N/ 150 ohm	−6,5 N/150 ohm	−7N	7,5	30	4	12—60
	BK-12R	+0,8 N/ 150 ohm			7,8	30	2	6—108
	BK-60/120	+0,2 N/ 150 ohm			7	15	4	12—252—552
URH	BFM-12/60	+0,2 N/ 75 ohm	+0,2 N/ 75 ohm	—	—	—	4	12—60
Mikro	BM-60/240	−1,3 N/ 75 ohm	−1,3 N/ 75 ohm	—	—	—	4	60—1052

Átkapcsolási szintek:

Alapcsoport adás	—4,2 N/150 ohm
vétel	—3,5 N/150 ohm
Alapfőcsoport adás	—4 N/75 ohm
vétel	—3,5 N/75 ohm

A berendezések táplálása**Légvezetékcsatlakozások:**

110, 127, 220 V, 50 Hz egyfázisú hálózati, vagy
206 V, 130 V, 24 V telepes táplálás

Kábeles és rádió átvitelre szolgáló rendszerek:

Központi tápberendezésről (3 fázisú csatlakozás,
220 V, 24 V telepes és 220 V, 50 Hz váltóáramú
(fűtés) táplálás.

8. A berendezés felépítése

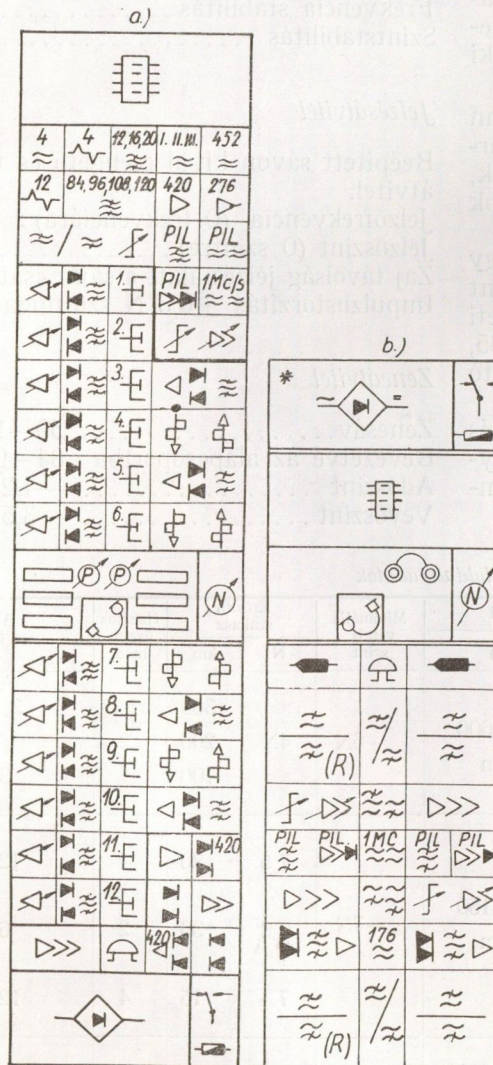
Új átviteltechnikai berendezéseink korszerű
egységes konstrukciós rendszerben épülnek fel [4].

A gyártmány-család egyes tagjai nemcsak
áramkörileg függnek össze egymással szorosan,
hanem a konstrukciós rendszer is összefűzi őket.
A homogenitás — ami a különféle berendezések-
ben előforduló sok egyforma fiókban és a hasonló
szekrényfelépítésben nyilvánul meg — nagy elő-
nyöket nyújt felhasználási és üzemeltetési szem-
pontból.

A berendezéseket vaslemezről készült, ajtó-
kal zárható, tetszetős külsejű szekrényekbe épít-
jük. A szekrények hátoldalához nem kell hozzá-
férni és így azok a fal mellé, vagy kettesével egy-

Jelölések

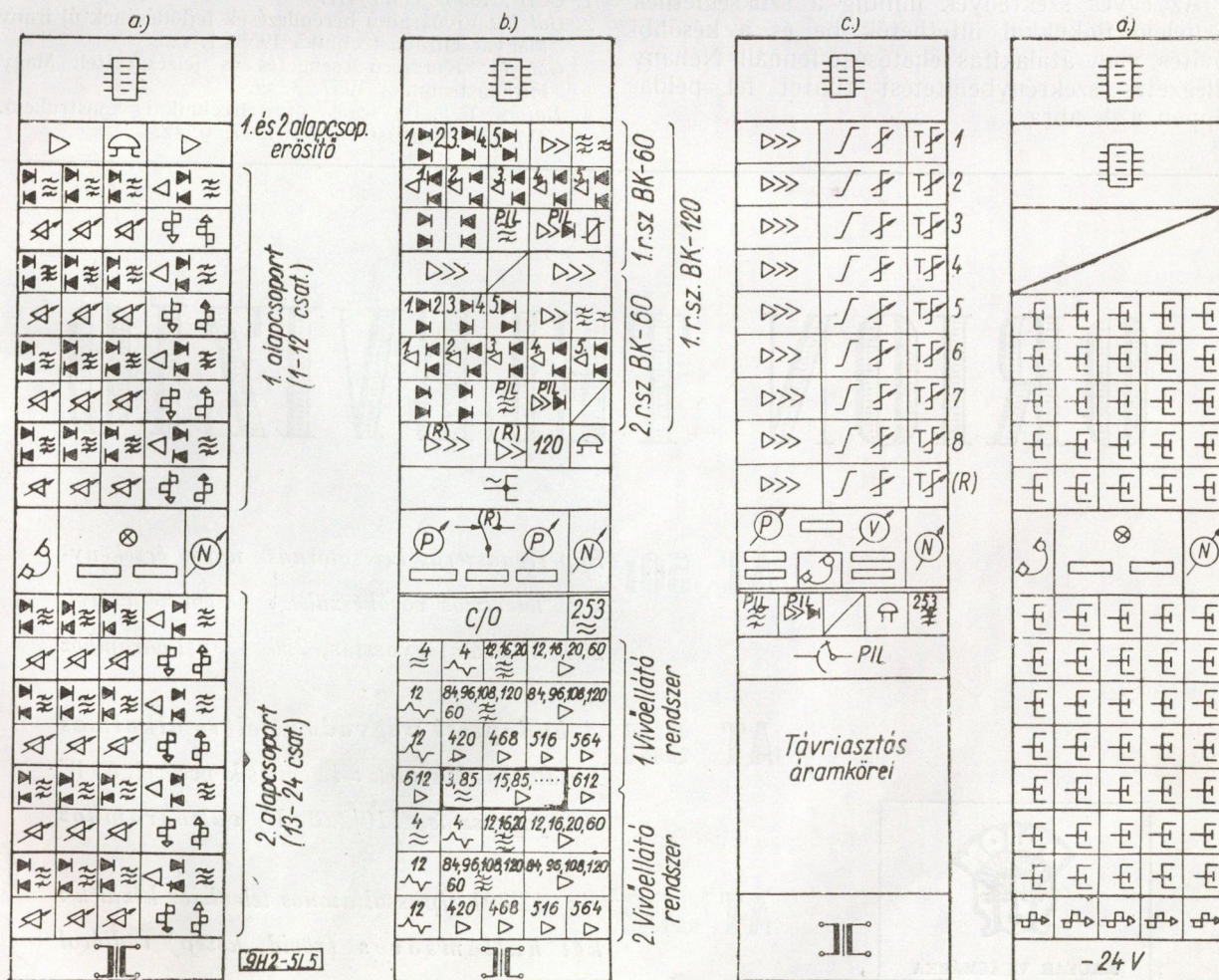
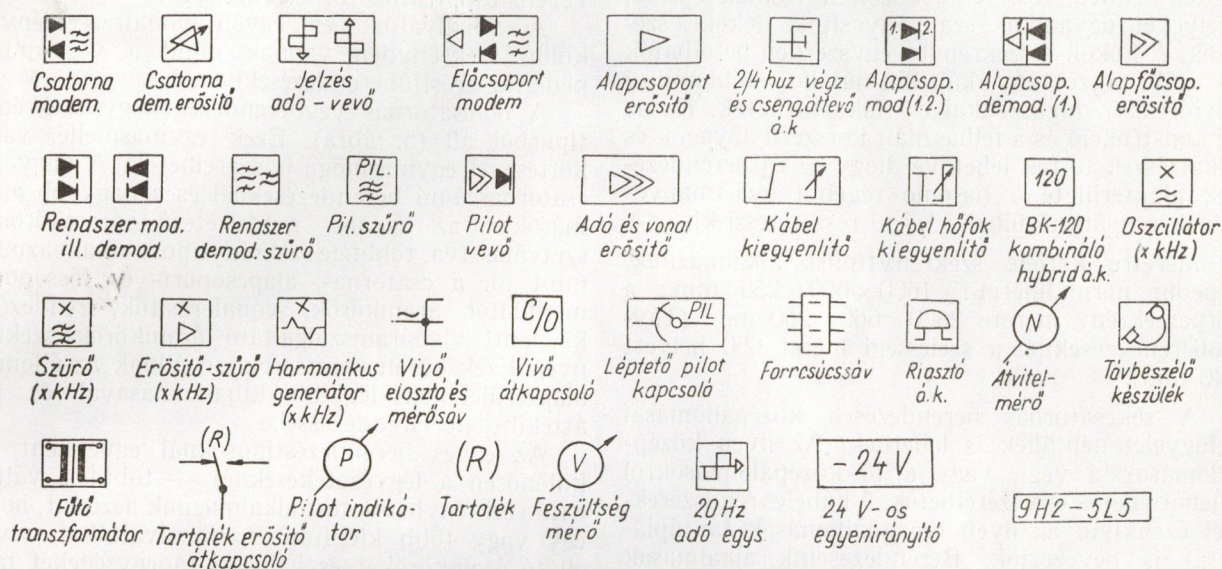
	Oscillátor (x kHz)		Harmonikus generátor (x kHz)		Vivőellátó szűrő (x kHz)		Jelző oszcillátor		Szűrő és erősítő (x kHz)		Irány szűrő		Pilot vevő szűrő		Pilot aszcillátor (2 frekv.)		Pilot erősítő		1 MHz oszcillátor		Pilot szabályzó		Csatorna dem. erősítő		Csatorna modem		2/4 huz végző- dé és csengő- áttevő egység		Előcsop. modem		Jelzés adó-vevő		Frekvencia ugrató mo- dem		Tápegység		Táplálás átkap- csoló és bizt. egys.		Forcsúcsáv		Átvitelmérő		Pilot indikátor		Kábelfej		Figyelő egység		Alapcsop. demod.		Vonalszűrő		Irányszűrő		Kisegítő szűrők		9H2-5L4
--	-----------------------	--	------------------------------------	--	-----------------------------	--	----------------------	--	-----------------------------	--	----------------	--	---------------------	--	---------------------------------	--	------------------	--	-------------------	--	--------------------	--	--------------------------	--	-------------------	--	--	--	-------------------	--	--------------------	--	---------------------------------	--	-----------	--	--	--	------------	--	-------------	--	-----------------	--	----------	--	----------------	--	---------------------	--	------------	--	------------	--	--------------------	--	---------



* Tápegységszerelvény, mely alul, fölül
vagy külön is elhelyezhető

4. ábra. Példák a berendezések szekrénybeültetésére: a) BO-12 típusú légvezetékcsatlakozású 12-csatornás végberendezés
b) 3—12-csatornás légvezetékcsatlakozású közép-erősítő

Jelölések



5. ábra. BK-60 típusú 60-csatornás kábeles végberendezés szekrényei: a) Alapcsoport-szekrény (24 csatorna)
b) Csoport-áttevő és vivőellátó szekrény (2×60 csatornához) c) Vonalerősítő szekrény (8 rendszerhez)
d) Hangfrekvenciás végződszekrény (60 csatornához)

másnak háttal fordítva is felállíthatók. A konstrukciós rendszer lényege, hogy a tipizált áramkörü részek szabványosított dobozokba vannak építve, melyeket ugyancsak szabványosított fiókokra szelünk. A fiókok a szekrénybe egyszerűen betolhatóak és elől a szekrény kábelformájához többpólusú rövidrezáró dugaszokkal csatlakoztathatók. Ez az új konstrukció és a felhasznált korszerű anyagok és alkatrészek tették lehetővé, hogy az új berendezések alapterülete a hasonló régebbi gyártmányokénak csupán körülbelül $\frac{1}{8}$ -ad részét teszi ki.

Méretre kétféle szekrénytípust alkalmazunk, éspedig normálméret: $1600 \times 660 \times 250$ mm; a törpeszekrény mérete $2600 \times 660 \times 250$ mm. (Távíróberendezéseknél a szélességi méret 660 helyett 540 mm).

A sokcsatornás berendezések középállomásai felügyelet nélküliek is lehetnek, Az ilyen középállomások a vég-, vagy a fő középállomásokról ellenőrizhetők és vezérelhetők. A kábeles rendszereknél ezenkívül az ilyen erősítőállomások távtáplálását is bevezetjük. Berendezéseink alkalmasak trópusi környezetben való alkalmazásra is (-10° -tól $+45^\circ$ C hőmérsékletig 80% relatív légnedveség tartalommal).

Az egyes szekrények mindig a szükségletnek megfelelő fiókokkal ültethetők be és a későbbi bővítés, vagy átalakítás lehetősége fennáll. Néhány jellegzetes szekrénybeültetést tüntet fel példaképpen a 4. ábra.

A rajzon látható, hogy a 12-csatornás légvezetékes végberendezés egy szekrényben elfér. A légvezetékes erősítők törpeszekrények.

A vonalváltók és egyéb vonalszerelvények külön szekrényben vannak mind a vég- mind pedig az erősítőberendezésekben.

A 60-csatornás végberendezés négy szekrénytípusból áll (5. ábra). Ezek egymásmellé, vagy kettesével egymásmögé is szerelhetők. A nagyobb csatornaszámú berendezéseknél és a nagyobb állomásokon az azonos rendeltetésű áramköröket szétválasztva, többféle szekrénytípust alkalmazunk, mint pl. a csatorna-, alapszoport- és főcszoport-modulátor áramkörök, vonalerősítők, rendezők, központi vivőáramszolgáltató áramkörök szekrényei. Ezek külön keretsorokban állnak az állomás alapterületének legjobb kihasználásával és jól áttekinthető elrendezéssel.

Az egyes berendezéstípusoknál egyébként — különösen a légvezetékeseknél — többféle változatú szekrénybeültetést alkalmazunk aszerint, hogy egy vagy több kiépítésűek, vonalváltókat, vivőellátó áramköröket és hálózati tápegységeket tartalmaznak-e.

IRODALOM

1. CCIF, 1956. Tome III.
2. Gál I.: Vivőáramú berendezések fejlődésének új iránya. Magyar Híradástechnika 1958. 1. sz.
3. Gál I.: Korszerű csengetés és jelzésátvitel. Magyar Híradástechnika 1957. 3. sz.
4. Baján T.: Egységes átviteltechnikai konstrukció. Magyar Híradástechnika 1957. 6. sz.

ORION TELEVIZIÓ

AT 501 Superrendszerű, kétcsatornás, nagy érzékenységu televíziós vevőkészülék : 43 cm képcsővel, 180 W áramfogyasztás, 220 V váltóáramhoz

AT 301 A budapesti nagyadó vételére alkalmas 1 csatornás készülék : 43 cm-es képcsővel, 85 W áramfogyasztás, 110/220 V váltóáramhoz

AT 302 Az AT301 típussal azonos televíziós készülék : két hullámsávós (rövid, közép) rádióval kombinálva. Diszes fadobozban. — — — —



A negatív impedancia és a kéthuzalos áramkörök stabilitása

LAJTHA GYÖRGY
Posta Kísérleti Intézet

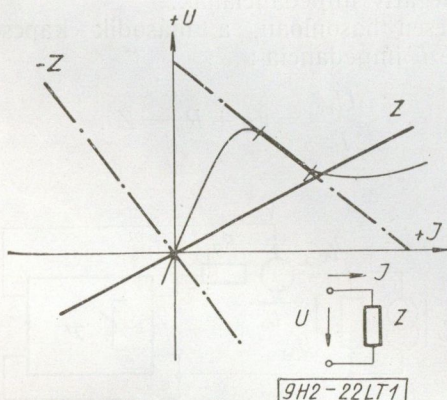
A kéthuzalos áramköröknek negatív impedanciával való erősítése során számos új kérdés merül fel, amelyek részben az erősítő kapcsolásra, részben az erősített áramkör stabilitására vonatkoznak. Először áttekintjük azokat a kapcsolásokat, melyekkel negatív impedanciát lehet előállítani; ezek megvalósításához célszerűen valamilyen deduktív módszert keresünk.

Másodszor megvizsgáljuk az erősített áramkör stabilitását és maradécsillapítás szempontjából. A számítások eredménye mutatja meg az alkalmazási területeket. Meghatározzuk a negatív impedancia helyét az áramkörben és összehasonlításokat végzünk a különböző negatív impedanciával erősített áramkörök és a kéthuzalos erősítő felhasználásával nyert összeköttetések között.

Végezetül olyan méretezési eljárást ismertetünk, amely megadja a negatív impedanciának azt a maximális értékét, amit beiktatva a vonalba, az stabil marad. A számítás előnye, hogy mérhető adatokból grafikus úton határozható meg a keresett érték.

1. A negatív impedancia származtatása

Impedancia olyan lineáris kétpólus, amelynek rövidzárási árama és üresjárési feszültsége nullával egyenlő. Az így definiált impedanciák két csoportba oszthatók: az egyiknél növekvő áramhoz növekvő feszültség, a másiknál pedig növekvő áramhoz csökkenő feszültség tartozik. Ha a mérő irányokat az 1. ábra szerint választjuk, akkor a második esetben az impedancia negatív, azaz $Z = -U/I$. Létezik szakaszonként negatív impedancia is: pl. ívfény, csőkarakterisztika, azonban ezek nem lineárisak az egész tartományban hanem csak egy rögzített egyenáramu munkapont környékén.

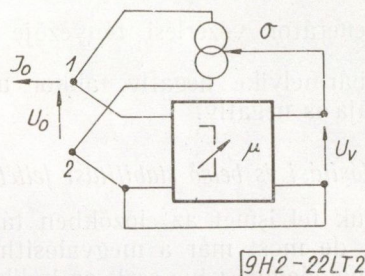


1. ábra

Az így definiált negatív impedanciát előállítottuk, ha van olyan lineáris kétpólusunk, amelyiknél a rákényszerített feszültség hatására ellenkező irányú áram folyik, vagy, ha a rákényszerített áram hatására ellenkező irányú feszültség ébred.

Első esetben a külső feszültséget kell észlelni és ezzel arányos áramot kell előállítani, ezért a kétpólus feszültségindikáló részt és áramgenerátort tartalmaz. Ha az áramgenerátort a feszültség-

indikátor kimenetéről vezéreljük, akkor a fázisviszonyok helyes megválasztásával elérhető, hogy az indukált feszültség és a generátor áramának hányadosa negatív legyen. Ideális feszültségindikátor és ideális áramgenerátor belső ellenállása végtelen és így sorba kapcsolásukból használható kétpólust nem nyerhetünk. Használható megoldást ezek párhuzamos kapcsolása ad (2. ábra).



2. ábra

Ebben az esetben a kétpólus kapcsain megjelenő feszültség (U_0) hatására ugyanezen kapcsokon csak a generátor árama (I_0) fog folyni, mert a feszültségindikátor áramot nem vesz fel. A kapcsokon mérhető negatív impedancia értéke ideális esetben

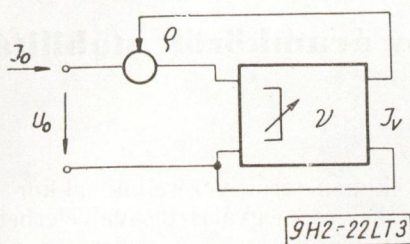
$$Z = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_0}{U_v \sigma} = \frac{U_0}{U_0 \mu \sigma} = \frac{1}{\mu \sigma},$$

ahol μ a feszültségindikátor kimenő és bemenő feszültsége közötti viszony $\left(\mu = \frac{U_v}{U_0}\right)$ és σ az áramgenerátor vezérlési tényezője $\left(\sigma = \frac{I_0}{U_v}\right)$. Ha ezek

egyike negatív, akkor a kétpólus impedanciája is negatív és értéke az alkalmazott áramkörrel tetszés szerint beállítható.

Teljesen analóg módon származtathatunk a másik negatív impedancia értelmezési módból is negatív impedanciát előállító elrendezést. Ebben az esetben a kétpólus indukálja a kapcsain befolyó áramot és azokra ezzel arányos feszültséget kényszerít. Ezért most áramindikátorból és feszültséggenerátorból kell a negatív impedanciát felépíteni. Mindkét egység ideális esetben nulla belső ellenállású, ezért parallel kapcsolásuk értelmetlen volna. Használható megoldást sorbakapcsolásuk ad (3. ábra). Ebben az esetben, mivel az áramindikátoron feszültség nem esik, a befolyó áram (I_0) hatására a generátor teljes feszültsége (U_0) megjelenik a kapcsokon. A kétpólus bemenetén mérhető impedancia:

$$Z = \frac{U_0}{I_0} = \frac{I_v \varrho}{I_0} = \frac{I_0 \varrho}{I_0} = \varrho,$$



3. ábra

ahol ν az indikátor áram erősítése $\left(\nu = \frac{I_v}{I_0}\right)$ és ϱ a

feszültséggenerátor vezérlési tényezője $\left(\varrho = \frac{U_0}{I_v}\right)$

Ha ezek bármelyike negatív, akkor a kétpólus impedanciája is negatív.

1.1 Megvalósítási és belső stabilitási feltételek

Rajzoljuk fel ismét az előzőekben tárgyalt két kapcsolást, de most már a megvalósítható körülményeket figyelembe véve csak az indikátoroknak lesz extrém impedanciája (nulla, illetve végtelen), a generátoroknál már a valódi belső ellenállást vesszük figyelembe. Rajzoljuk fel a hálózatot is, melyekben a negatív impedanciák működnek. A hálózatot első esetben Thevenin, másodikban Northon equivalensével helyettesítjük (4/a—b ábra). A külső áramkörhurokra a Kirchoff-egyenletek:

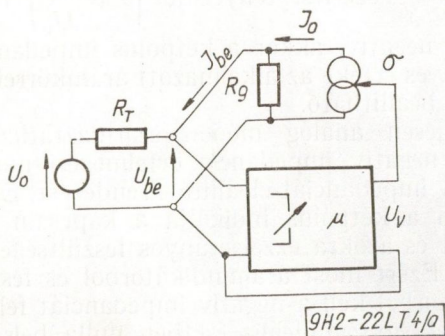
$$U_0 = I_{be}(R_T + R_g) - I_0 R_g \quad \text{a 4/a ábrára} \quad (1)$$

$$U_0 = I_{be}(R_N + R_g) - I_0 R_N \quad \text{a 4/b ábrára} \quad (2)$$

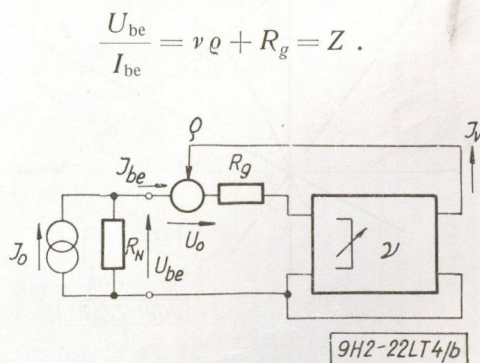
A vezérlést a következő egyenletek jellemzik:

$$(U_0 - I_{be} R_T) \mu \sigma = I_0 \quad \text{a 4/a ábrára} \quad (3)$$

$$I_{be} \varrho \nu = U_0 \quad \text{a 4/b ábrára} \quad (4)$$



4/a ábra



4/b ábra

Ezekből már kiszámíthatjuk a belső stabilitás feltételét, ami egyben magában foglalja a megvalósítás feltételét is, mert a visszacsatolt áramkörrel csak akkor valósítottunk meg negatív impedanciát, ha az előállított feszültség, illetve áram lineáris függvénye a bejövő áramnak, illetve feszültségnek. Az első kapcsolásnál

$$U_0 - I_{be} R_T = (I_{be} - I_0) R_g \quad (5)$$

I_0 értékét beírva:

$$U_0 - I_{be} R_T = I_{be} R_g - (U_0 - I_{be} R_T) R_g \mu \sigma \quad (6)$$

$U_0 - I_{be} R_T = U_{be}$ egyenlőséget felhasználva, a bemenő impedancia:

$$\frac{U_{be}}{I_{be}} = \frac{R_g}{1 + R_g \mu \sigma} = Z.$$

Ha (5) egyenletből I_{be} -t kiküszöböljük (3) segítségével, akkor:

$$I_0 \left[\frac{1}{\mu \sigma} + R_g + \frac{R_g}{R_T} \cdot \frac{1}{\mu \sigma} \right] = U_0 \frac{R_g}{R_T}.$$

A stabilitás feltétele az, hogy ha $U_0 = 0$ akkor kell, hogy $I_0 = 0$ legyen. Ez egyértelműen fenn áll, ha I_0 együtthatója nem zérus. Ez a feltétel felírható a következő egyenlőtlenséggel:

$$R_g \neq -\frac{1}{\mu \sigma} \left(1 + \frac{R_g}{R_T} \right),$$

amiből

$$R_T \neq -\frac{R_g}{1 + R_g \mu \sigma} = -Z,$$

ahol Z az előbb meghatározott negatív érték. Ha $R_T > -Z$ az csak feltételes stabilitást jelent, ezért úgy szigorítjuk fenti formulánkat, hogy a rendszer stabil maradjon minden esetben.

$$R_T < -\frac{R_g}{R_g \mu \sigma + 1} \approx -\frac{1}{\mu \sigma}$$

A kapcsolat $0 \leq R_T < -Z$ határok között működik, ezért ez megfelel az úgynevezett rövidzárlat stabil negatív impedanciának.

Teljesen hasonlóan, a második kapcsolásnál jelentkező impedancia:

$$\frac{U_{be}}{I_{be}} = \nu \varrho + R_g = Z.$$

A stabilitás feltétele az előbbi duálja: $U_0 = 0$ álljon fenn, ha $I_0 = 0$. A (2) és (4) egyenletekből U_0 együtthatója

$$-\left[1 - \frac{R_N + R_g}{\nu \varrho} \right].$$

Ez különbözzék nullától, de kerüljük el az $R_N < \nu \varrho$ feltételes stabilitás esetét, ezért

$$R_N > -[r_0 - R_g] \approx -r_0$$

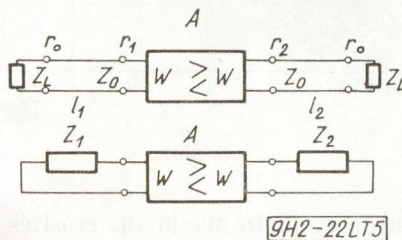
A kapcsolás $-Z < R_N \leq \infty$ határok között működik, ezért megfelel az úgynevezett üresjárásban stabil negatív impedanciának.

Ezek ismeretében előállíthatunk kapcsolásokat, amelyek bármelyik negatív impedancia típust megvalósítják, és csak a felhasznált alkatrészek mennyiségén és minőségén múlik, hogy az ideális esetet mennyire tudjuk megközelíteni. Számítani tudjuk az impedancia értékét, és a kapcsolás méretezésén kívül megtudjuk azt is, hogy milyen áramkörbe lehet majd bekapcsolni a számított negatív impedanciát. Ilyen alapon a Posta Kísérleti Intézetben kifejlesztettünk és helyi áramkörökben alkalmaztunk negatív impedanciás erősítőkapcsolásokat.

2. Negatív impedanciát tartalmazó kéthuzalos áramkörök stabilitása.

Számításainkhoz az erősítő, ill. negatív impedancia mindkét oldalán a vonalat egy-egy impedanciával helyettesítjük (5. ábra). Ezekből számítani lehet majd a stabilitást, de előbb meg kell határozni a helyettesítő impedancia (Z_1 és Z_2) értékét.

A helyettesítő impedancia a vonal bemenő impedanciája, ami a hullámimpedanciával és a vonal végén fellépő reflexióval kifejezhető:



5. ábra

$$\bar{Z}_i = \bar{Z}_0 \frac{1 + \bar{r}_i e^{-2\gamma l}}{1 - \bar{r}_i e^{-2\gamma l}}$$

Itt $\bar{r}_i$ komplex szám, Ez poláris alakban felírva

$$\bar{r} = |r| e^{j\delta} = \frac{\bar{Z}_L - \bar{Z}_0}{\bar{Z}_L + \bar{Z}_0} \quad (7)$$

További számításokhoz szükségünk van r érték-tartományára. Géher Károly vizsgálatai szerint [1] $\bar{r}$ két kör által határolt tartományban mozoghat, melyek sugara $\sqrt{2}$, középpontjaik pedig $(0, +j)$ ill. $(0, -j)$ pontban lehetnek. A reflexió abszolút értékének maximuma tehát:

$$|r|_{\max} = 2,41$$

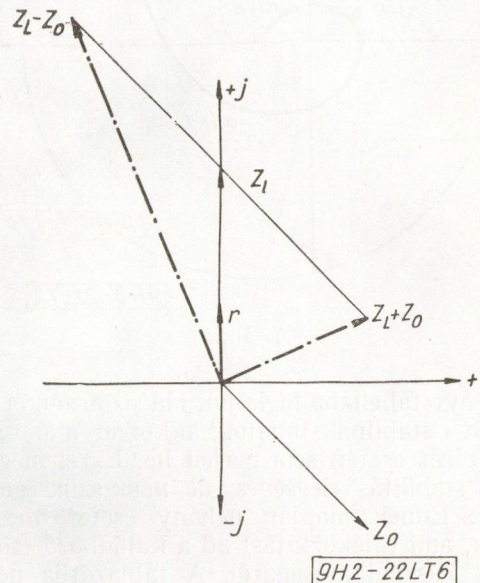
és fázisa:

$$\delta = \pm 90^\circ.$$

A r maximumhoz tartozó lezáró impedancia a (7) egyenlet rendezésével

$$\bar{Z}_L = \bar{Z}_0 \frac{1 + j2,41}{1 - j2,41}$$

Tehát $|Z_L| = |Z_0|$; fázis szög pedig $\varphi_L = 90^\circ$, mert vezeték hullámimpedanciájának fázisszöge csak $\pm 45^\circ$ között változhat. Ebből a tartományból a helyi kábeleknél előforduló maximumot $\varphi_0 = -45^\circ$ -os értéket vesszük figyelembe. Tehát a lezárás induktív és abszolút értéke egyezik a kábel hullámimpedanciájának abszolút értékével (6. ábra).



6. ábra

$$Z_L = j|Z_0|$$

Összefoglalva: Híradástechnikai áramkörökben a reflexió abszolút értéke $0 \leq |r| \leq 2,41$, fázisa pedig $0 \leq \delta \leq \pm 180^\circ$ határok között lehet.

A keresett impedancia $\bar{Z}_i$ kifejezésében szereplő komplex vektor

$$\bar{r} e^{-2\gamma l} = |r| e^{-2\alpha l} e^{j(\delta - 2\beta l)}$$

Ez a $+1$ pont körül (r) sugárral rajzolt körből kiindulva spirálisan halad a $+1$ pont felé. A spirális menetét a hangfrekvenciás kábeleknél jó közelítést adó $\alpha = \beta$ egyenlőségből határozzuk meg. A két görbe megfelelő pontjainak hányadosa megadja a

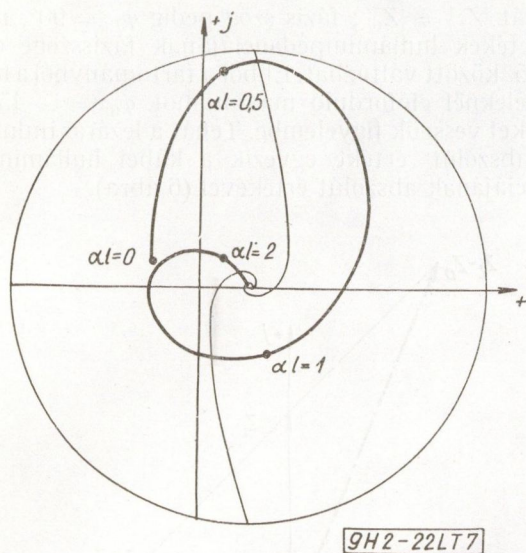
$$P_r(\alpha l) = \frac{1 + |r| e^{-2\alpha l} e^{j(\delta - 2\beta l)}}{1 - |r| e^{-2\alpha l} e^{j(\delta - 2\beta l)}} \left(= \frac{\bar{Z}_L}{\bar{Z}_0} \right)$$

függvényt. Ennek kezelhetőbb reciprokát az $\bar{r} = j2,41$ esetre grafikusán megszerkesztettük (7. ábra). P_r numerikus meghatározása azonban az összes lehetséges $|r|$, δ , α , β esetére hosszadalmas, az eredmény pedig használhatatlanul bonyolult lenne. Ezért figyelembe véve, hogy

$$|P_r(\alpha l)| = \frac{|1 + |r| e^{-2\alpha l} e^{j(\delta - 2\beta l)}|}{|1 - |r| e^{-2\alpha l} e^{j(\delta - 2\beta l)}|} \geq \frac{1 + |r| e^{-2\alpha l}}{1 - |r| e^{-2\alpha l}},$$

a stabilitás számításához a

$$|P_r(\alpha l)|^* = \frac{1 - |r| e^{-2\alpha l}}{1 + |r| e^{-2\alpha l}}$$



7. ábra

függvényt tabellába foglaljuk. Ha az áramkört így számolva stabilnak találjuk, akkor az már semmiféle lezárás esetén sem gerjed be. Ezzel megtaláltuk a stabilitás elégséges, de nem szükséges feltételét. Ennek alapján néhány esetet meghatározunk, ami tájékoztatást ad a különböző erősítési módok használhatóságáról. A táblázatba néhány tetszőlegesen megválasztott (r) érték mellett felvettük a maximumot (2,41) és az $\text{Im } Z_0 = -\text{Im } Z_L$ speciális lezárás esetét is, ha $\text{Re } Z_L = 0$. Ebben az esetben (r) = 2,236

$\alpha l \backslash r$	1	1,2	1,4	1,6	2	2,236	2,41
0,5	0,462	0,387	0,320	0,259	0,152	0,096	0,060
0,75	0,635	0,577	0,523	0,475	0,383	0,334	0,300
1,0	0,761	0,720	0,682	0,644	0,574	0,534	0,508
1,25	0,848	0,821	0,793	0,767	0,718	0,689	0,670
1,5	0,905	0,887	0,870	0,851	0,818	0,796	0,786
2,0	0,965	0,957	0,948	0,943	0,931	0,920	0,916
2,5	0,986	0,984	0,981	0,977	0,972	0,968	0,966

2.1 Erősítés négypólus alkalmazásával

Az erősítés céljaira használt négypólus lehet akár negatív impedanciából felépített hálózat, akár hibrides kéthuzalos erősítő. Az erősített áramkör stabilitására a Nyquist kritérium:

$$r_1 \cdot r_2 e^{2A} < 1,$$

ahol a visszaverődés az erősítő bemenetén:

$$r_1 = \frac{Z_0 P_r(\alpha l_1) - W}{Z_0 P_r(\alpha l_1) + W}$$

és a kimeneten mérhető reflexió:

$$r_2 = \frac{Z_0 P_r(\alpha l_2) - W}{Z_0 P_r(\alpha l_2) + W}.$$

Itt l_1 és l_2 az erősítőhöz csatlakozó vonalak hossza, W a négypólus impedanciája és $w = \frac{W}{Z_0}$.

1. Az erősítő a vonal közepén van ($l_1 = l_2$). Ebben az esetben a kétoldalon a reflexió maximuma is azonos ($r_1 = r_2$). A stabilitás feltétele ilyenkor:

$$\frac{P_r(\alpha l) - w}{P_r(\alpha l) + w} < e^{-A},$$

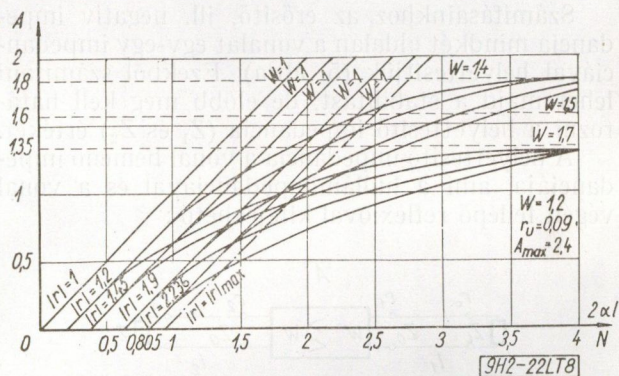
amiből a megengedhető maximális erősítés:

$$A \leq \ln [P_r(\alpha l) + w] - \ln [P_r(\alpha l) - w].$$

Az egyenlőtlenség megoldását a 8. ábrán, a különböző paraméterekhez tartozó egyenlőségek megoldását jelentő egyenesektől jobbra fekvő terület adja. Itt a teljes vonal csillapítása $2\alpha l$.

2. Az erősítő a vonal végén helyezkedik el ($l_2 = 0$). Ekkor

$$r_1 = \frac{P_r(\alpha l) - w}{P_r(\alpha l) + w} \quad \text{és} \quad r_2 = \frac{Z_L - W}{Z_L + W}.$$



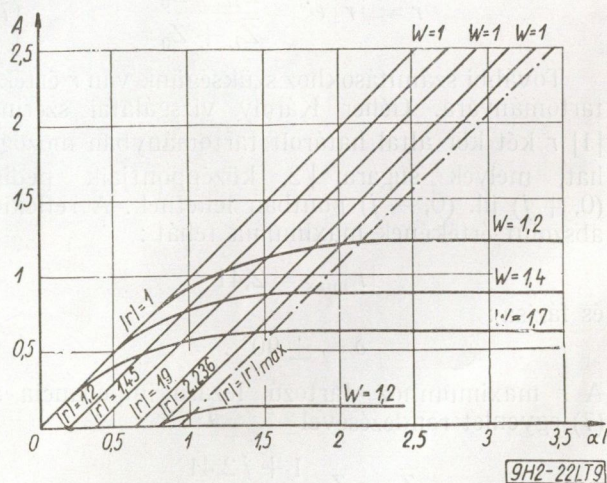
8. ábra

Ebből a megengedhető maximális erősítés:

$$A \leq \frac{1}{2} \ln \frac{P_r(\alpha l) - w}{P_r(\alpha l) + w} + \frac{1}{2} \ln \frac{1 - r_0 - w(1 + r_0)}{1 - r_0 + w(1 + r_0)}$$

A megoldás a 9. ábrán látható.

Mint látható, ha az erősítő négypólus a vonalhoz illesztett, akkor a maximális erősítés nem függ a vonal mentén való elhelyezéstől. Viszont, ha már

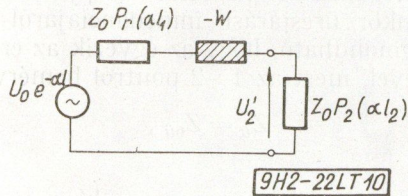


9. ábra.

az erősítő kapcsain is fellép reflexió, akkor a maradécsillapítás kétszeresre nő, azonos r és w esetén a középen elhelyezett erősítőhöz képest.

2.2 Erősítés soros negatív impedanciával. (Üresjárásban stabil negatív impedancia)

Ha soros negatív impedanciát alkalmazunk, akkor nem beszélhetünk erősítő négyfólusról. Ilyenkor az előző pontban bevezetett jelölések alkalmazásával a 10. ábrán látható helyettesítő kép alapján



10. ábra

számolhatunk. A vonal továbbmenő szakaszán a feszültség, ha negatív impedanciát nem alkalmazunk:

$$U_2 = U_0 e^{-\alpha l} \frac{Z_0 P_r(\alpha l_2)}{Z_0 [P_r(\alpha l_1) + P_r(\alpha l_2)]} \Big|_{r=0}$$

A negatív impedancia beiktatása után

$$U'_2 = U_0 e^{-\alpha l} \frac{Z_0 P_r(\alpha l_2)}{Z_0 [P_2(\alpha l_1) + P_2(\alpha l_2)] - W} \Big|_{r=0}$$

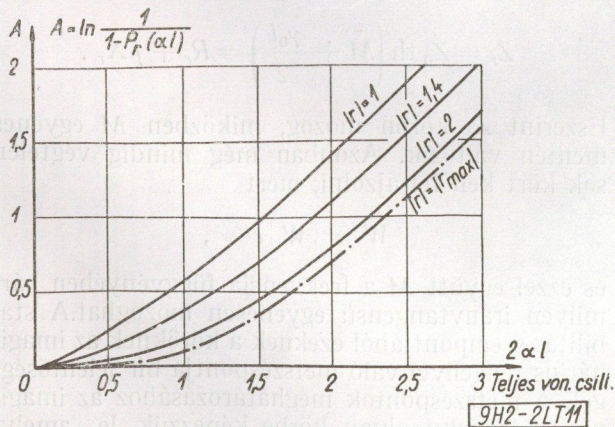
A virtuális erősítés a két feszültség hányadosának logaritmus. $P_{r=0} = 1$ felhasználásával:

$$A = \ln \frac{U'_2}{U_2} = \ln \frac{1}{1 - \frac{W}{Z_0}} \quad (8)$$

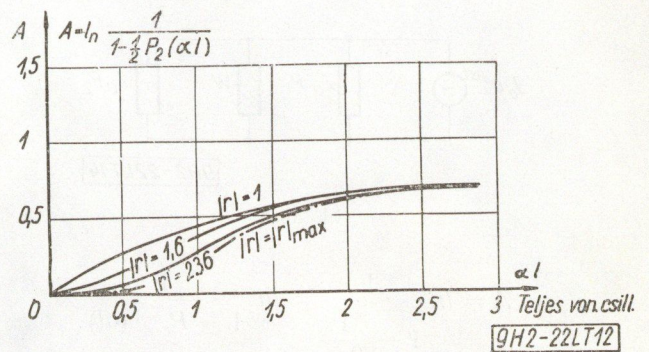
Ugyanakkor a stabilitás feltétele:

$$W < P_{r1} + P_{r2} \Big|_{r=r_{\max}} \quad (9)$$

Ennek segítségével felrajzolhatjuk a megengedhető maximális erősítést αl függvényében. Az ábrákat a legkedvezőtlenebb fázisviszonyokhoz tartozó P^* értékek alapján rajzoltuk fel. A 11. ábrán látható



11. ábra

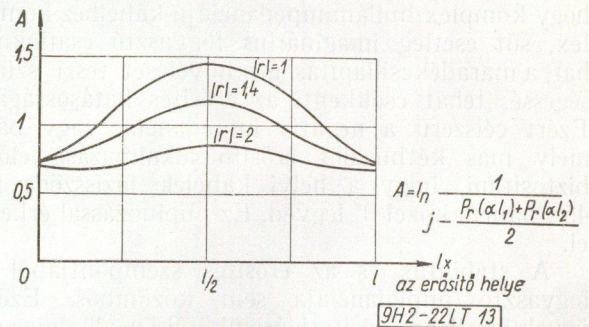


12. ábra

a vonal közepén elhelyezett negatív impedancia esete (a teljes vonal csillapítás $2\alpha l$). A 12. ábra a vonal végén elhelyezett erősítő esetére adja meg a maximális erősítést jelentő görbéket. Itt a (8) egyenletbe beírjuk a stabilitás feltételét (9), de $P_r(\alpha l_1) = 0$, így nyerjük, hogy

$$A = \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{2} P_r(\alpha l_2)}$$

Végezetül egy 2 N csillapítású vonalnál megadjuk a maximális erősítést az elhelyezés függvényében (13. ábra).



13. ábra

2.3 Erősítés párhuzamos negatív impedanciával.

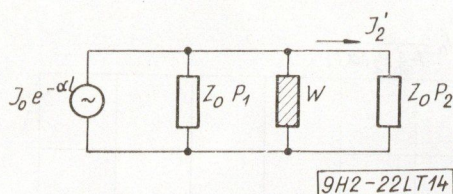
A shunt típusú negatív impedancia számításához a 14. ábra helyettesítő képét használjuk. Meghatározzuk az áram erősítési tényezőjét; ez a negatív impedancia bekapcsolása előtt folyó áram (I_2) és a beiktatás után folyó áram (I'_2) hányadosának logaritmus. Értéke:

$$A = \ln \frac{I'_2}{I_2} = \ln \frac{1}{1 - \frac{P_1 P_2}{W(P_1 + P_2)}}$$

Ugyanakkor a stabilitás feltétele:

$$W > \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2}$$

Az előző fejezet számításai alapján, ha a negatív impedancia a vonal közepén van ($P_1 = P_2$):



14. ábra

$$A = \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{2w}} = \ln \frac{1}{1 - P_r^{-1}(al)}$$

Ha most a P függvényt áramreflexióra értelmezzük és így a feszültségerősítésnél használt érték reciprokával számolunk, akkor a 11. ábrán látható görbesereget nyerjük. Ugyancsak érvényesek a 12. és 13. ábrán lévő görbék is a parallel negatív impedanciával erősített áramkör stabilitás határának megállapítására. Erősítés és stabilitás szempontjából tehát a két negatív impedancia típus teljesen equivalent.

3. Alkalmazás

A maximális erősítést jelentő görbékől látható, hogy a reflexió-tényező egynél nagyobb értékeihez tartozó görbék lényegesen alacsonyabban haladnak, mint az $|r| = 1$ görbéi. Mászóval, az a tény, hogy komplex hullámimpedanciájú kábelhez komplex, sőt esetleg imaginárius fogyasztó csatlakozhat, a maradécsillapítás megnövelését teszi szükségessé, tehát csökkenti az erősítés hatásosságát. Ezért célszerű a negatív impedancia, vagy bármely más kéthuzalos erősítő alkalmazása előtt biztosítani, hogy a helyi kábelek fázisszöge ne 45° , hanem közel 0° legyen. Ez pupinozással érhető el.

A stabilitás és az erősítés szempontjából a fogyasztó impedanciája sem közömbös. Ezért ügyelni kell az erősített áramkörökön alkalmazott távbeszélő készülék impedanciájára is. Lehetőséghez képest ez az egész hangfrekvenciás sávban egyenletes és ohmos legyen.

Alkalmazás szempontjából jelentős, hogy a soros és a párhuzamos negatív impedancia equivalent. (Sok gyakorlati szempont viszont a párhuzamos negatív impedancia mellett szól, így pl. nem jelent ellenállást az egyenáram útjában, nem csökkenti a csengetőszintet, a jeltorzítást nem növeli és kiesése is csak minimális csillapítás növekedést jelent.)

4. Méretezési eljárás

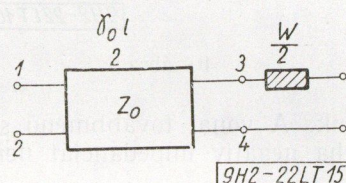
A stabilitás feltételeit kielégítő negatív impedancia értékek meghatározásához gyors módszerre van szükség. Lehetőleg egyszerűen mérhető adatokból, elemi matematikai vagy grafikus úton célszerű ennek meghatározása. Az alább ismertetett módszer a kábel rövidzárási és üresjárási impedanciájának megmérése után grafikus úton adja a legnagyobb, stabilan beiktatható negatív impedancia értékét.

Kiindulásul Merill állítását használjuk fel [3]. Eszerint, ha az áramkört félbevágjuk és ha a féláramkör így mért rövidzárási és üresjárási impedanciájának a vizsgált frekvenciákon pozitív valós része van, ez szükséges és elégséges feltétele a stabil működésnek. Ennek felhasználásával vizsgáljuk meg a következő eseteket.

4.1 Soros negatív impedancia a homogén áramkör közepén

A 15. ábra elrendezése alapján az erősített áramkör üresjárási impedanciájáról közvetlenül megmondható, hogy az egyezik az erősítetlen áramkörével, mert az 1—2 pontról bemerve:

$$Z_{\bar{u}} = Z_{0\bar{u}},$$



15. ábra

tehát a W negatív impedancia beiktatása az üresjárási impedanciát nem változtatja, ezért csak azt kell bizonyítani, hogy a rövidzárási impedanciának pozitív valós része van.

$$Z_r = \frac{\frac{W}{2} + Z_0 \operatorname{th} \frac{\gamma_0 l}{2}}{Z_0 + \frac{W}{2} \operatorname{th} \frac{\gamma_0 l}{2}} \cdot Z_0$$

A számlálót és a nevezőt is Z_0 -al osztva, majd $\frac{W}{2Z_0} = \operatorname{th} M$ kifejezést bevezetve:

$$Z_r = Z_0 \frac{\operatorname{th} M + \operatorname{th} \frac{\gamma_0 l}{2}}{1 + \operatorname{th} M \operatorname{th} \frac{\gamma_0 l}{2}}$$

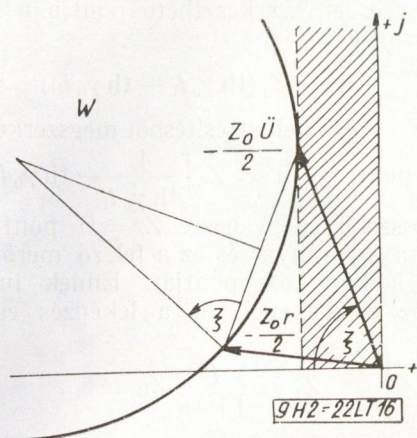
Ez éppen két szög összege

$$Z_r = Z_0 \operatorname{th} \left(M + \frac{\gamma_0 l}{2} \right) = R_r + j X_r.$$

Eszerint Z_r körön mozog, miközben M egyenes mentén változik. Azonban még mindig végtelen sok kört kell felrajzolni, mert

$$W = |W| e^{j\varphi_w},$$

és ezzel együtt M a frekvencia függvényében bármilyen iránytangensű egyenesen mozoghat. A stabilitás szempontjából ezeknek a köröknek az imaginárius tengellyel való metszéspontja bír jelentőséggel. A metszéspontok meghatározásához az imaginárius tengelyt olyan körbe képezzük le, amelynek belseje a baloldali, külseje a jobboldali félsík-



16. ábra

nak felel meg. A rövidzárási impedanciának a tengelyen mozgó komponense

$$j \operatorname{Im} Z_r = j \operatorname{Im} Z_0 \operatorname{th} \left(M + \frac{\gamma_0 l}{2} \right)$$

a W síkra való visszatranszformálással a körön helyezkedik el. Ezután vizsgálva a W vektort, ha az a kör belsejébe mutat, akkor a rendszer nem lehet stabil. W bármilyen körön kívül fekvő értéke esetén pedig a működés stabil. A kör szerkesztését a következő módon hajtjuk végre. A kör egyik pontja a $Z_r = 0$ értékhez tartozik. Ekkor $W = -\frac{Z_{0ü}}{2}$. A másik könnyen szerkeszthető pont a $Z_r =$

$j\infty$, aminek leképezés után $W = -\frac{Z_{0r}}{2}$ pont

felel meg. A kör középpontja rajta van a két pontot összekötő egyenes felező merőlegesén. Ebből

a $W = -\frac{Z_{0ü}}{2}$ ponton keresztül az előbb megszerkesztett húrhoz ξ szög alatt húzott egyenes kimetszi a középpontot.

$$\xi = \operatorname{arc} \operatorname{ctg} \frac{X_{0r}}{R_{0r}}$$

vagyis a húr, amely ha a Z síkot vizsgáljuk, áthalad a O és a ∞ pontokon. A húr a W síkon a valós tengely leképezése. Erre felmérjük a $-Z_{0r}$ irányt, amely W síkon a kör normálisának, felel meg, mert a leképezés szögtartó és $Z_r = pZ_{r0}$ szerint transzformálódik.

Így megszerkesztettük W síkon azt a kört, amelyik mentén Z_r valós része 0. Ezen kívül helyezkedik el az a tartomány, ahol a valós rész pozitív. Ha a W vektor végpontja ezen kívül esik és

$$\operatorname{Re} W < \operatorname{Re} Z_{0r},$$

akkor az áramkör a negatív impedanciával együtt stabil.

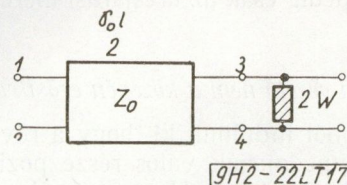
4.2 Erősítés rövidzárban stabil negatív impedanciával

A negatív impedanciát a vonalba a 17. ábra elrendezése szerint iktatjuk be. A stabilitás feltétele az előzőhöz hasonlóan az, hogy a rövid-

zárási és üresjárási impedanciáknak pozitív valós része legyen. A rövidzárási impedancia automatikusan teljesíti ezt a feltételt, mert megegyezik a vonalével, $Z_r = Z_{r0}$. Az üresjárási impedancia, a négypólus bemenő impedanciája az ismert képlet szerint. Ez ismét körtartó transzformációt ad

$$Z_{ü} = Z_{0ü} \frac{Z_{0r} + 2W}{Z_{0ü} + 2W}.$$

A $Z_{ü} = j X_{ü}$ egyenesnek megfelelő kört megszerkesztjük a W síkon. Ehhez rendezzük a transzformációs formulát. A kör egyik pontja a $Z_{ü} = 0$.



17. ábra

Ehhez tartozik a $W = -\frac{Z_{0r}}{2}$. A másik könnyen szerkeszthető pont a $Z_{ü} = j\infty$, ennek megfelel a $W = -\frac{Z_{0ü}}{2}$ pont. A kör középpontja rajta van a

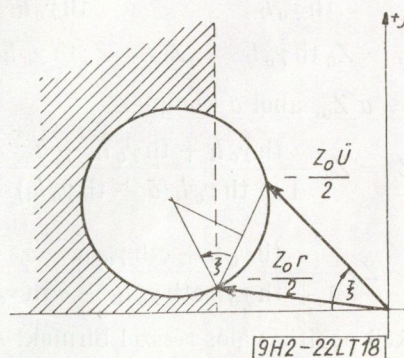
két pontot összekötő húr felező merőlegesén. A felező merőlegesből a középpontot a kör normálisa metszi ki. A kör normálisa pedig a Z síkon a valós tengely, mert a kör maga a képzetes tengelynek felel meg. A Z_{0r} pontban a valós tengely az előbb megszerkesztett húrhoz ξ szög alatt hajlik, ahol

$$\xi = \operatorname{arctg} \frac{X_{0ü}}{R_{0ü}},$$

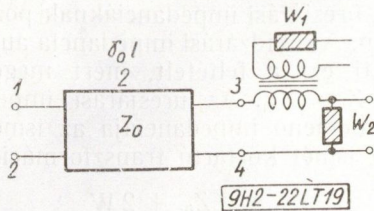
mert a két pontot összekötő egyenes ugyanebben a pontban a $Z_{0ü}$ iránynak felel meg és a transzformáció szögtartó. Ha a megszerkesztett körön kívül mutat a W vektor, akkor az áramkör a beiktatott negatív impedanciával együtt stabil. A szerkesztés a 18. ábrán látható.

4.3 Negatív impedanciából jelépített négypólus a homogén vonal közepén

A négypólust képzeljük differenciál hidas kapcsolásban (19. ábra). Ebben az esetben, ha W_1 megfelel a 4.1 és W_2 a 4.2 pontnak, akkor az áram-



18. ábra



19. ábra

kör a négy-pólusokból felépített negatív impedanciával együtt stabil lesz, mert W_1 csak a rövidzárási mérést, W_2 pedig csak az üresjárási mérést befolyásolja.

4.4 Homogén vezető nem a közepén erősítve

Ismét abból indulunk ki, hogy a rövidzárási és üresjárási impedanciák valós része pozitív legyen a szimmetrikus féltagra. Ha a négy-pólus nem szimmetrikus, akkor az egész aszimmetrikus négy-pólus úgy tárgyalható, mint valamilyen szimmetrikus négy-pólus fele. Két olyan szimmetrikus négy-pólus lehetséges, amely ezeknek eleget tesz. Ezért a stabilitás elégséges feltétele, hogy mind a két szimmetrikus négy-pólus, amelynek az aszimmetrikus négy-pólus fele lehet, stabil legyen. Másképpen kifejezve, ha, Z_{Ar} , $Z_{Aü}$, Z_{Br} és $Z_{Bü}$ pozitív valós résszel bír, a négy-pólus stabil. Az A és B index a négy-pólus mérő kapocspárjára utal. Ezek alapján megvizsgáljuk a három lehetséges esetet.

4.5 Soros negatív impedancia

A bemenő impedanciák értéke a következő:

$$Z_r = Z_{1ü} \frac{Z_{1r} + W + Z_{1r}}{Z_{1ü} + W + Z_{1r}}$$

$$Z_{ü} = Z_{1ü} \frac{Z_{1r} + W + Z_{1ü}}{Z_{1ü} + W + Z_{1ü}}$$

A két vezetékszakasz hullámimpedanciáját azonosnak feltételezzük

$$Z_{10} = Z_{110} = Z_0,$$

a hullám átvitel is azonos, de a vezetékek hossza különböző.
Ezzel

$$Z_{1ü} = \frac{Z_0}{\text{th } \gamma_0 l_1} \quad Z_{1ü} + \frac{Z_0}{\text{th } \gamma_0 l_{11}}$$

$$Z_{1r} = Z_0 \text{th } \gamma_0 l_1 \quad Z_{1r} = Z_0 \text{th } \gamma_0 l_{11}$$

Végül $W = \bar{a} Z_0$, ahol $\bar{a}$ komplex

$$Z_r = Z_0 \frac{\text{th } \gamma_0 l_1 + \text{th } \gamma_0 l_{11} + \bar{a}}{1 + \text{th } \gamma_0 l_1 (\bar{a} + \text{th } \gamma_0 l_{11})}$$

$$Z_{ü} = Z_0 \frac{\text{th } \gamma_0 l_1 + \text{cth } \gamma_0 l_{11} + \bar{a}}{1 + \text{th } \gamma_0 l_1 \text{cth } \gamma_0 l_{11} + \bar{a} \text{th } \gamma_0 l_1}$$

Ezeknek kell pozitív valós résszel bírniok. A határesetet, ha Z_r illetve $Z_{ü}$ az imaginárius tengelyen mozog. Ennek a W síkon kör felel meg. A kör

egyik egyszerűen szerkeszthető pontja a $Z_r = 0$. Ehhez tartozik a

$$-W = Z_0 (\text{th } \gamma_0 l_1 + \text{th } \gamma_0 l_{11})$$

pont. A $Z_r = j\infty$ helyettesítésből megszerkeszthető a másik pont. $-W = Z_0 \left(\frac{1}{\text{th } \gamma_0 l_1} + \text{th } \gamma_0 l_{11} \right)$, a két pontot összekötő egyenesre $Z_r = 0$ pontból felrajzoljuk a $Z_{1ü}$ irányát és ez a felező merőlegeseből kimetszi a kör középpontját. Ennek indoklása azonos az előzőekével, de a leképzés egyenlete most

$$Z_r = \frac{p}{1+p} Z_{1ü}.$$

A másik kört $Z_{ü}$ szabja meg. Ennek jellegzetes pontjai: $Z_{ü} = 0$, ehhez tartozik:

$$-W = Z_0 \left(\text{th } \gamma_0 l_1 + \frac{1}{\text{th } \gamma_0 l_{11}} \right);$$

$Z_{ü} = j\infty$, ehhez tartozik a $-W = Z_0 \left(\frac{1}{\text{th } \gamma_0 l_1} + \frac{1}{\text{th } \gamma_0 l_{11}} \right)$, a két pontot összekötő egyenes egyenlete

$$-W = Z_{1r} + Z_{1ü} + p(Z_{1r} - Z_{1ü})$$

beírva ezt $Z_{ü}$ kifejezésébe $Z_{ü} = \frac{p}{1+p} Z_{1ü}$ tehát

ismét a $Z_{1ü}$ irány felmérésével metszhetjük ki a kör középpontját.

Ha a W vektor végpontja a két körön kívül esik, akkor teljesítettük a stabilitás feltételét. Természetesen fennáll mint segédfeltétel, hogy

$$\text{Re } W < \text{Re } (Z_{1r} + Z_{1ü}).$$

4.6 Parallel negatív impedancia

Az ábrán látható elrendezés vizsgálatához az előző pontban levő számítás használható, ha azt impedanciáról admintanciákra írjuk át. Levezetés nélkül megadjuk a két kör szerkesztési adatait. Az első kör két pontja

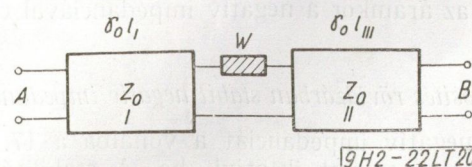
$$G_r = 0 \dots \dots \dots -\bar{B} = G_{1r} + G_{1r}$$

$$G_r = j\infty \dots \dots \dots -\bar{B} = G_{1ü} + G_{1ü}$$

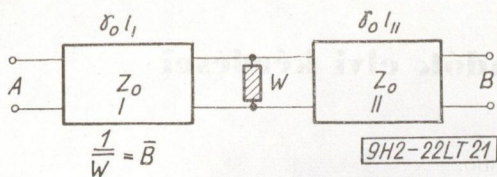
A középpontot a $G_r = 0$ pontnak megfelelő helyről a G_{1r} vektornak megfelelő egyenes metszi ki. A másik kört az üresjárási vezetőképesség megfelelő pontjaiból szerkesztjük. Meghatározandó a

$$G_{ü} = 0 \dots \dots \dots \bar{B} = -(G_{1ü} + G_{1ü})$$

$$G_{ü} = j\infty \dots \dots \dots \bar{B} = -(G_{1ü} + G_{1r})$$



20. ábra



21. ábra

pont, majd a $G_{\bar{u}} = 0$ megfelelő pontból kell a G_{Ir} irányt felmérni a középpont kimetszésében. A két húr egyenlete a következő

$$G_r = \frac{1+p}{p} G_{Ir}$$

$$G_{\bar{u}} = \frac{p}{1+p} G_{Ir}$$

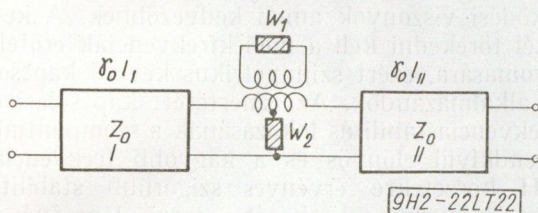
Ha a negatív impedancia értékének megfelelő vezetőképesség a körön kívül mutat és

$$\operatorname{Re} B < \operatorname{Re} (G_{\bar{u}} + G_{II\bar{u}})$$

akkor az áramkör a beiktatott negatív impedanciával együtt stabil.

4.7 Negatív impedanciából felépített négypólus

Jelen esetben már nem nyilvánvaló, hogy a négypólussal együtt akkor stabil az áramkör, ha az egyik impedancia a 4.5 a másik pedig a 4.6 pont



22. ábra

szerint stabil. Bizonyítható azonban, hogy a stabilitás feltétele így megadható. Tehát a 22. ábrán látható elrendezésben W_1 a 4.5 pontban leírt stabilitás feltételeknek kell, hogy eleget tegyen. Ha W_2 pedig a 4.6 pont szerint stabil, akkor az áramkör a tetszőleges helyen elhelyezett e két impedanciából felépített négypólussal együtt stabil.

5. Összefoglalás

A helyesen méretezett negatív impedancia, mint azt a stabilitás számításból láttuk, nem kedvezőbb a hibrides 2-huzalos erősítőnél. Illesztett esetben azzal teljesen egyenrangú. Néhány szempont miatt mégis érdemes volt ezt a Posta Kísérleti Intézetben kifejleszteni, mert az üzemi követelményekhez jobban alkalmazkodik, ami a következő előnyökkel jár:

Helyi áramkörökben való alkalmazását lehetővé teszi, hogy az egyenáramot, a tárcsaimpulzusokat és a $16 \frac{2}{3}$, 20, vagy 50 periodusú jelzést átengedi. Ezért távolfekvő előfizetők vonalainak vagy rurál áramköröknek erősítésére külön csemetőegység nélkül alkalmas.

Nagy tömegben való alkalmazását elősegíti, hogy kiesése az üzemet nem teszi lehetetlenné. Ezért különleges riasztó, vagy tartalék áramkörök nélkül is alkalmazható. Végül egyszerűvé teszi alkalmazását, hogy helyes művonal beállítással a vonal lineáris torzítása külön kiegyenlítő nélkül kiküszöbölhető.

IRODALOM

1. Géher K.: A visszaverődési tényező értelmezéséről. Magyar Híradástechnika, 1957 4—5. sz. 123—125. o.
2. Simonyi K.: Elméleti villamosságtan. Tankönyvkiadó 1952.
3. Gammie J.—Merrill J.: Stability of Negative Impedance Elements in Short Transmission Lines. B. S. T. J. 1955 march. 333—361.
4. Ebel H.: Negative Widerstände mit Transistoren in der Netzwerksynthese. NTZ. 1956 Heft 11. 513—518.
5. Feldkeller: Einführung in die Vierpoltheorie der Elektrischen Nachrichtentechnik. Hierzel Leipzig 1948.
6. Becker—Voigt: Mathematisches Hilfsbuch für die Wechselstromtechnik. Leipzig 1949.
7. Droste H. W.: Das Neumayer Buch. Nürnberg 1934.
8. Cermák J.: Távbeszélő erősítő negatív ellenállása. Slaboprudy Obzor 1955 8. sz. 394—403.
9. Tillman J. R.: A Negative Impedance Converter for Use as a Two-Terminal Amplifier. Post. Off. E. E. J. 1955 july 97—101.
10. Crisson G.: Negative Impedances and the Twin 21 Type Repeater Bell Telephone System Monograph B. 572, 1931.
11. Moulon J.—M.: Limitation du gain des répéteurs à deux fils à impedance négative. Comparaison avec les Répéteurs du Type 21. Câbles et Transmission, 1956 Avril, 115—120.
12. Hennyey Z.: Átviteltechnika, 1951.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KUTATÁSI ESZKÖZÖKET KIVITELEZŐ VÁLLALATA

BUDAPEST, XIV., KOMÓCSY UTCA 29—31

Telefon: 297—621 297—622. MNB iók: 51.

Üvegtechnika részleg

Budapest, XIV., Szugló utca 66. Telefon: 497—714.

Kutatóintézetek kutatási terveinek teljesítéséhez szükséges eszközök és technikai felszerelések tervezése és előállítása, a kutató intézetek kutatási munkálatainak elősegítésére egyedi cikkek tervezése és gyártása, iparvállalatok részére kísérleti vagy laboratóriumi valamint félüzemi készülékek, berendezések, vagy műszerek tervezése, előállítása. Többek között: ultrathermosztát, normáliák, úszós átfolyásmérő (külföldön rotaméter néven ismerik) mikro-labor, nukleáris műszerek, elektromos és elektronikus műszerek stb.

Frekvenciamodulált (FM) adók elvi kérdései

(II. rész)

ADAMIS BÉLA, BHG.

I. rész. Az FM adók felépítésével kapcsolatos követelmények ismertetése, az egyes megoldási módok áttekintése és értékelése.

II. rész. Az FM felhasználási területének bővülése és az URH állomástípusok kialakulása meghatározza az adók fejlesztésének irányvonalát, amely a primér minőségi követelmények kielégítése után az üzemeltetéssel kapcsolatos kívánalmak teljesítésére irányul. A fejlődést a nagyfokú automatizálásra való törekvés jellemzi. A párhuzamos járatás és a különböző típusú relérendszerek mind szélesebb körben nyernek alkalmazást.

Az FM adók már fejlődésük első szakaszában viszonylag kiforrott formában jelentek meg. Fejlődésükben nem található meg a rohamos változásoknak az a forradalmi, sokszor kaotikus korszaka, amely az egyéb híradástechnikai berendezések fejlődését gyakran jellemezte. Az FM-technika ezt a kiváltságos helyzetét annak köszönheti, hogy bevezetését megelőzően elméleti kérdések kellő mélységig tisztázottak voltak és hogy bevezetésének idején a szakma rendelkezett már azzal a fejlett kapcsolástechnikai felkészültséggel, amely a bonyolult elméleti elképzelések kiforrott áramköri megoldását rövid idő alatt elérte. Természetesen az FM technika esetében is érvényesül a folyamatos fejlődés törvényszerűsége, azonban a fejlődés itt a kapcsolástechnikai kérdések gyors megoldása után magasabb színvonalról indulhatott el és azoknak a követelményeknek kielégítését tűzte ki feladatul, amelyek az FM rendszerek korszerű és gazdaságos kialakításával kapcsolatosak.

A televízió hálózatok gyors ütemű kiépítésével, ahol a kísérő hang frekvenciamodulált, jelentősen bővült a frekvenciamoduláció felhasználási területe. Az önálló FM adóállomások létesítésénél az automatizálás kiterjesztése és a párhuzamos járatás bevezetése egy újabb, gyors fejlődési korszakot nyitott meg az FM technika történetében. A programellátás terén hasonló perspektívát nyújt a reléüzem széleskörű alkalmazása.

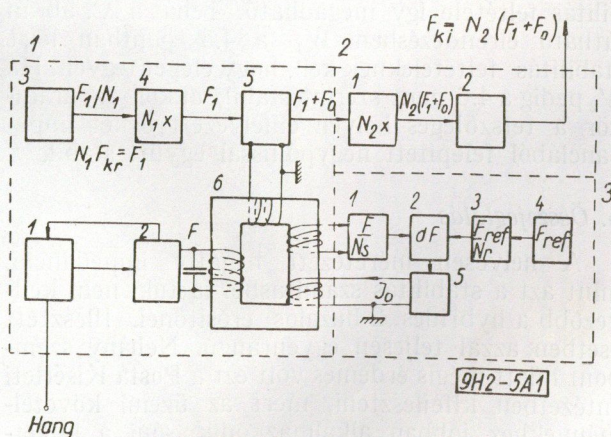
A következőkben az FM adókkal kapcsolatos megfontolásainkat a TV és az önálló FM céljaira kijelölt mind a négy URH sávra kiterjeszthetjük. Az említett négy URH sáv frekvencia terjedelme:

Sáv	Terjedelem	Szolgáltatások
I.	41—68 MHz	TV és hangadói
II.	87,5—100 MHz	önálló FM
III.	174—216 MHz	TV és hangadói
IV.	470—585 MHz	TV és hangadói (a valóságban nincs még elfoglalva).

Mindkét felhasználási területen az átviteli jellemzőkre vonatkozó előírások csaknem azonosak. Itt csak azok összehasonlító adatait közöljük, melyeknek a további megfontolásaink szempontjából van jelentőségük:

Jellemzők	Önálló FM-adók	TV-hangadók
Max. löket.....	± 75 KHz	± 50 KHz
Viszonylagos zajszint ...	$-54, -60$ dB	-50 dB
Frekvenciastabilitás	± 1000 Hz	± 1000 Hz

Az adatokból kitűnik, hogy a különböző üzemi frekvencián dolgozó adók löketének, illetve stabilitásának abszolút értéke csaknem azonos, relatív értéke viszont frekvenciafüggő. A korszerű FM adók kialakításánál az a törekvés, hogy a különböző URH sávban működő adók modulátorainak fölépítése hasonló jellegű maradjon annak ellenére, hogy relatív löketük eltérő. Az említett cél transzponálás útján valósítható meg. Az újabb kapcsolásonál (1. ábra) az FM-oszcillátor és sokszorozó lánc fix-hangolású. Azáltal, hogy a modulált jelek előre pontosan beállított körökön haladnak át, a minőségi jellemzők alakulása teljesen független a hullámhossztól. Helytelen kezeléskből, vagy beállításból minőségi romlás nem származhatik és a modulátor érzékenysége az egész hullámkörzeten belül állandó marad. A transzponálásra felhasznált segédfrekvenciát kristályvezérlésű oszcillátor állítja elő. A frekvenciaátvitel kristálycserével történik. Minél magasabb szinten hajtjuk végre a keverést, a működési viszonyok annál kedvezőbbek. A keverésnél törekedni kell a mellékfrekvenciák erőteljes elnyomására, ezért szimmetrikus keverő kapcsolások alkalmazandók. Az ismertetett kapcsolási elv a frekvenciastabilitás fokozásának a szempontjából is rendkívül előnyös és a nagyobb frekvenciájú URH körzetekre érvényes szigorúbb stabilitáskövetelmények teljesítését teszi lehetővé. A stabilitás javulás természetesen nem olyan mértékű, hogy az önműködő frekvencia-szabályzó áramkör alkalmazása fölöslegessé válnék, de ezen



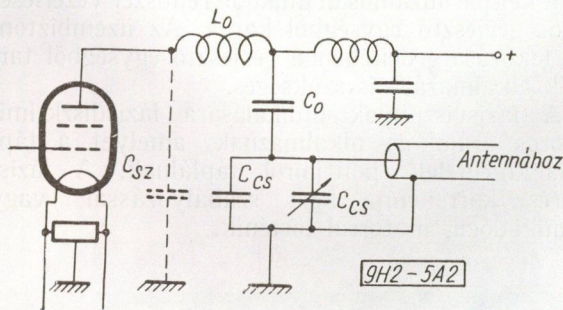
1. ábra. Hangadó tömbvázlata a frekvenciaviszonyok megjelölésével (174—216 MHz)

1. Gerjesztő egység. 1.1. Modulátor. 1.2. Öngerjesztésű oszcillátor. 1.3. Kristályvezérlésű oszcillátor. 1.4. Sokszorozó. 1.5. Keverő. 1.6. Az oszcillátor vasmagos tekercse csatoló és szabályozó menetekkel. — 2. Nagyfrekvenciás egység. 2.1. Sokszorozó. 2.2. Végfok. 3. Frekvenciaszabályozó. 3.1. Frekvenciaosztó. 3.2. Diszkriminátor. 3.3. Osztó. 3.4. Kristályoszcillátor. 3.5. Szabályozó áram előállítás

a téren is jelentős egyszerűsítésre nyílik alkalom azáltal, hogy ez az áramkör is fix-hangolású lehet és így frekvenciaváltáskor semminemű kezelést, vagy kristálycserét sem igényel. Ennek következtében ebben az esetben előnyösen alkalmazhatók olyan szabályozó eljárások, melyeket bonyolult áthangolásuk miatt régebben ritkán alkalmaztak (pl. frekvenciaosztással működő rendszer). A gerjesztő ellenőrzésére szolgáló diszkriminátoros áramkör kisebb átalakítással a frekvencia-szabályozás feladatát is kiválóan el tudja látni.

A fix-hangolású oszcillátorok önműködő szabályozása a mechanikus és elektronikus eljárások mellett mágneses úton is történhetik, amely bizonyos szempontból mindkét eljárás előnyeit egyesíti.

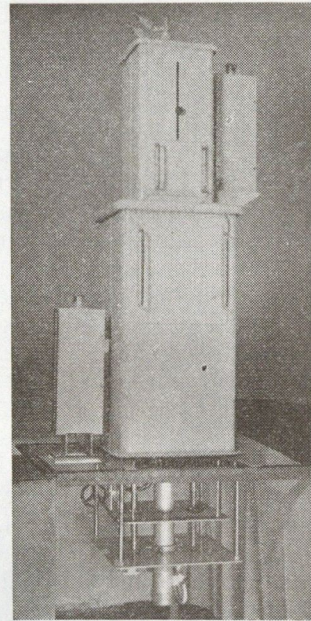
Az URH adók általában sűrűn lakott területek közelében vannak elhelyezve, ezért fokozott gondot kell ügyelni arra, hogy üzemi frekvenciájukon kívül ne sugározzanak ki idegen frekvenciákat olyan mértékben, hogy azok más adók átvitelét, vagy egyéb híradástechnikai szolgáltatások üzemét megzavarják. Az idegen frekvenciák egy részét az adó szubharmónikusai, vagy egyéb keverési produktumok alkotják, másik részét az üzemi frekvencia felhullámai képezik. Sűrűn lakott területen telepített adóknál a felhullámok által kisugárzott energiának nem szabad elérnie a 25 mW-ot, az egyéb mellékfelhullámok energiatartalma pedig lehetőleg külön-külön 1 mW alatt maradjon. A mellékfrekvenciákat általában az adó sorbakapcsolt rezgőkörök kellő mértékben kiszűrik. A harmónikusokat ellenben maguk a C-osztályban működő végfokok termelik, melyeknek rezgőkörök terhelésük következtében, csak korlátozott mértékű szűrőképességgel rendelkeznek. A harmónikus sugárzás csökkentése érdekében előnyös, ha a tápvezeték felé alsó kapacitív kicsatolást alkalmazunk (2. ábra). Ilyen



2. ábra. Nagyfrekvenciás kimenő kör

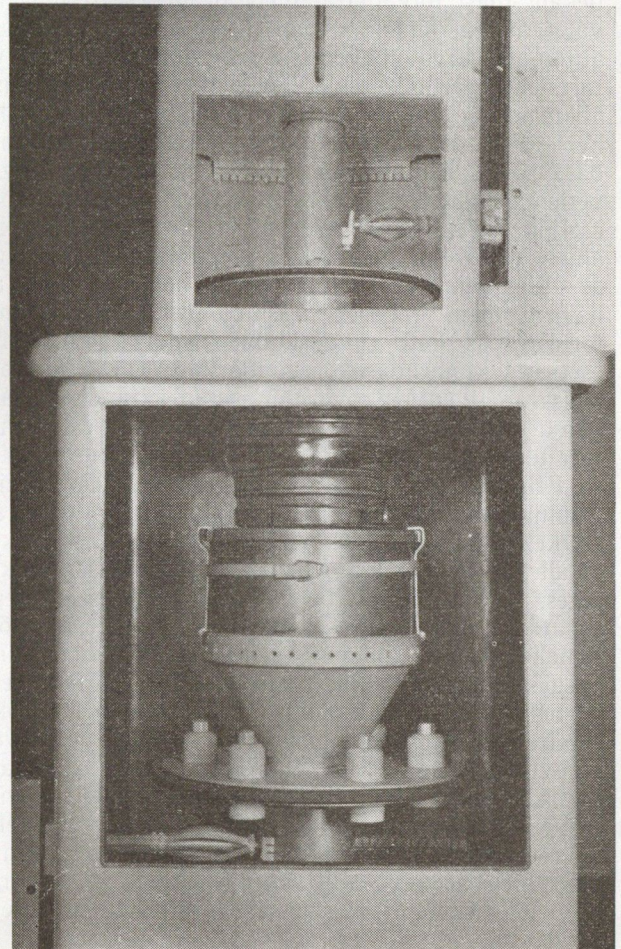
módon elérhetjük, hogy a harmónikusok szintje az alaphangfrekvencia szintje alatt 44-50 dB-lel maradjon. Nagyobb teljesítményű adóknál már külön harmónikus szűrők beépítése válik szükségessé. Ugyancsak ügyelni kell arra, hogy az adó közvetlen közelében a rezgőkörök közvetlen sugárzásából nagy térerő ne alakulhasson ki. Ezért nagyteljesítményű fokozatoknál teljesen zárt koaxiális hangolt köröket alkalmazunk (3a, 3b ábra).

Az URH technika gyors fejlődésével hamar kialakultak a hálózatépítés irányelvei, és így az országos hálózatok terveiben már egységes szempontok érvényesülhetnek. Egy ilyen hálózat igen



3/a. ábra

3. ábra. Az FR-302 típusú adó 3 KW-os fokozata, földelt-rácsú kivitelben; a) teljesen zárt katód- és anódkörrel (BHG).
b) a csöcszerére szolgáló fedelek levétele után



3/b. ábra

nagyszámú állomásból áll. Ezek az állomások az az adóberendezéseken kívül számos azonos rendeltetésű segédberendezéssel vannak felszerelve. A tervezés és kiépítés gazdaságossága típus-állomások kialakítását teszik szükségessé.

A nagy vételkörzetet ellátó adókat általában kimagasló helyeken igyekeznek elhelyezni. A törekvés, az, hogy ilyen helyen több nagyobb teljesítményű FM, esetleg TV adót is, helyezzenek el. A telepítési költségek ilyenkor kedvezően oszlanak el. Közös toronyra szerelhetők az antennák, közösen építhető ki a hálózat és az adók üzemének a felügyelete is kisebb költséggel jár.

A nagy adóközpontokon kívül még kisebb teljesítményű helyi adók telepítése is szükséges olyan területeken, melyeknek programellátása hiányos. Ezeket általában beépült területeken helyezik el, korlátozott hatókörzetükre való tekintettel antennáik is alacsonyabban helyezhetők el. Mindezek következtében telepítési költségeik nem nagyok. Arra törekszünk, hogy a helyi adóállomások is egységesek legyenek.

Az URH központok létesítésekor általában megkövetelik az automatizálás alkalmazását. Bizonyos fokú önműködő áramkörrel már a legregibb AM hírszóró adók is fel voltak szerelve (túláram védelem, villamos és mechanikai reteszelés, hűtés-kimaradásra való riasztás). A korszerű URH berendezéseknél önműködően megy végbe a bekapcsolási folyamat, amely óramű segítségével, vagy távvezérléssel indítható meg. A fél, vagy egész automata üzem bevezetésének előfeltétele, hogy tartalék berendezésekkel fel legyen szerelve az állomás. Az önálló teljesítménylepcsőkkel rendelkező állomásoknál a teljesítménycsökkenés meghibásodása esetén, azok kikapcsolásával, az antennát közvetlenül a 250—300 W-os vezérlő fokozatra kapcsoljuk. A vezérlő egységből tartalékot alkalmaznak, amely az üzemi berendezés meghibásodása esetén át tudja venni az üzemet. Olyan helyeken, ahol a hálózat nem teljesen megbízható, szükségáram forrásról is kell gondoskodni, amely a hálózat esetleges kimaradásakor gondoskodik az adó táplálásáról. Ilyen szükségüzem esetén az adót általában a teljesítmény fokok lekapcsolásával, csökkentett teljesítménnyel járatjuk.

Félautomata üzemnél az átkapcsolás kézi. Önműködő üzemnél az átkapcsolást automata szerkezet hajtja végre. Az első esetben egy sokoldalú figyelő és riasztó rendszer alkalmazása szükséges, a második esetben a riasztó rendszer még az átkapcsolást végző szervekkel is kiegészítendő. Mindkét típusú állomás elvileg szakképzett felügyelő személyzet nélkül is üzemeltethető. A felügyelet nélküli állomások a fontosabb üzemi jellemzők rögzítésére messzemenően fel vannak szerelve regisztráló berendezésekkel. Ezeknek az állomásoknak a műsorellátása gyakran rádió útján (Ballem-pfängerek alkalmazásával) történik, amely esetben a vezéradó hordozójának a megjelenésével indítható meg a helyi adó. Természetesen a műsor-közvetítő vevőből is szükséges tartalék egységet felszerelni.

A felügyelet nélküli adók üzemét általában nagyobb távolságból egy központi helyen figyelik,

ahol időközönként átviteli-minőségi méréseket hajtanak végre. A figyelő központokban egy-egy vevővel veszik a vezérlő és a vezérelt adó jelét, a két vevő kimenetét cca 1 mp ismétléssel váltakozva kapcsolják át egy közös hangszóróra, esetleg regisztráló szerkezetre. Az ismertett eljárás az átviteli viszonyokról a leggyorsabb tájékoztatást szolgáltatja.

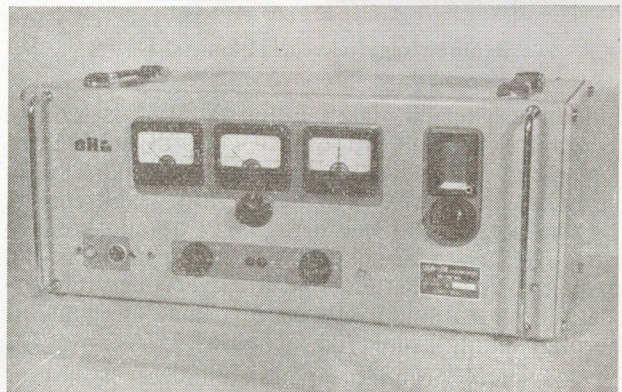
Az üzemi statisztikák azt mutatják, hogy a tartalékokkal felszerelt automatikus állomások üzembiztonsága felülmúlja a felügyelettel rendelkező, de tartalékokkal el nem látottakét. Ennek bizonyítására külföldi közleményekre hivatkozva [1.2] idézzük az automatikus üzemű nordhelli (A) adó és a felügyeletlen lingeni (B) adó 1954 évi össze-sített hibastatisztikáját.

	A adó (felügyeletlen)	B adó (kezelő személyzettel)
Teljes kiesési idő	0,04%	0,13%
Üzemidő csökkentett teljesítménnyel	1,32%	1,11%

Az üzembiztonság fokozására URH esetében is eredményesen alkalmazható két adó párhuzamos járatása. Ezt az eljárást más hullámhosszaknál már régóta széles körben alkalmazzák. A pontos fázis tartás biztosítása az URH körzetben természetesen nehezebb feladat. A kivitelezett rendszerek egyikénél [3] a közös antenna elemeit két, meglehetősen laza csatolásban lévő csoportra osztják. A párhuzamosan dolgozó rendszerek mindegyike ezeknek a csoportoknak egyikét külön kábelben keresztül táplálja. Ilyen elrendezésnél elegendő, ha a két adó az egymáshoz képest előre beállított fázisát $\pm 5^\circ$ -on belül tartja. Ezt az értéket az URH körzetben is huzamosabb ideig utánállítás nélkül tartani lehet.

A két párhuzamosan működő rendszer vezérlését közös gerjesztő egységből kapja. Az üzembiztonság fokozása érdekében a gerjesztő egységből tartalék alkalmazása is szükséges.

A fázisviszonyok indikálására fázisdiszkriminátoros áramkört alkalmaznak, amelyet a tápvonal megfelelő pontjairól táplálnak. A fáziseltérés korrekciója kézi szabályozással, vagy önműködően, motorral történik.



4. ábra. Műsorközvetítés céljaira szolgáló, RV-2 típusú vevőkészülék (BHG)

Az FM adók nagyrésze a szomszéd adók műsorát közvetlenül, rádió útján veszi át. Vétel céljaira csak olyan különlegesen jóminőségű berendezés jöhet számításba, mely az átviteli tulajdonságok tekintetében az adót lényegesen felülmúlja (4. ábra).

A műsorszolgáltatás üzembiztonságának fokozására a relé állomásokon önműködően átkapcsolható tartalék vevőt alkalmaznak. A korszerű modulátorok kiváló minősége 2-3-szoros ismétlést még lehetővé tesz.

A relé rendszerek felépítése egyszerűsíthető, megbízhatósága tovább fokozható, ha lemondva a helyi modulálás lehetőségeiről, tisztán erre az üzemmódra szolgáló reléadót alkalmazunk. A berendezés magában foglalja a vevő és az adó áramköröit. A reléadók transzponálás elvén működnek. A vezéradó jelét (F_v) közvetlenül, demodulálás nélkül teszik át a helyi adó üzemi frekvenciájára (F_r), ennek következtében ez az eljárás az átvitel minőségét nem befolyásolja. Külön figyelmet érdemel, hogy az egész relé hálózat löketét a vezéradó egyértelműen meghatározza; így az ismétlő állomásokon a szintállítás nemcsak fölösleges, de keresztül sem vihető.

Az adó vezérosszcillátora kristályvezérlésű és F_{kr} frekvenciát állít elő:

$$F_{kr} = F_r - Kf.$$

A vevő középfrekvenciás jele, amelyet Kf -el jelölünk, a vezéradó modulációját is magában foglalja. A valóságban számításba kell venni a nagyfrekvenciás láncban végrehajtott sokszorozást is (N), ennek figyelembevételével:

$$F_{kr} = \frac{F_r - Kf}{N}.$$

Az említett rendszer ellen a frekvencia stabilitás szempontjából emelhető némi kifogás. Elvileg azt szeretnők elérni, hogy az ismétlő állomás frekvenciastabilitása ne legyen lényegesen rosszabb, mint a vezéradóé. Az adó nagyfrekvenciás láncába kevert Kf a vezéradónak és a vevő oszcillátorának instabilitását egyaránt magába foglalja. Kedvezőtlen esetben a két hiba összegeződik.

A stabilitás szempontjából is kielégítő eredményt érünk el az 5 ábrán bemutatott kapcsolási elv alkalmazásánál [4]. Az adó vezérosszcillátora ebben az esetben a két adó frekvenciájának különbségét (F_D), illetve a sokszorozást is figyelembe véve, ennek N -ed részét állítja elő:

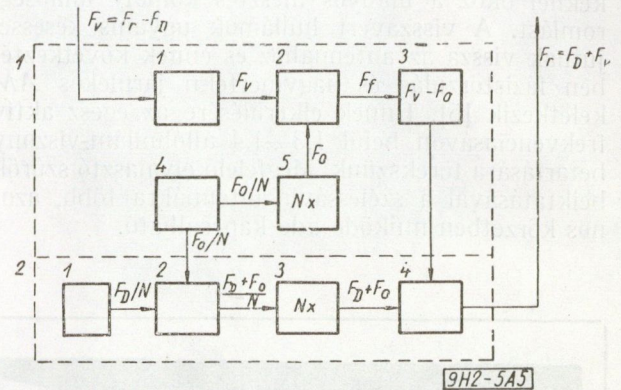
$$F_{kr} = F_D = F_r - F_v,$$

illetve

$$F_{kr} = \frac{F_D}{N} = \frac{F_r - F_v}{N}.$$

A vevőoszcillátor F_0 frekvenciáját nemcsak a vezéradó jeléhez keverjük, hanem a helyi adó F_{kr} oszcillátorának a jeléhez is. A vevő oldalon a különbségi frekvenciát, az adóoldalon a frekvenciák összegét állítjuk elő. Miután a Kf jelét a nagyfrekvenciás láncba bekevertük, a jelkeverékből az F_0 kiesik, így a kisugárzott jel ennek időleges válto-

zásait sem tartalmazza. A több lépcsőben végrehajtott áttételek láncolatával lényegében a vezéradó jelének F_0 -al való eltolását értük el. Abban az esetben, ha az első keverés után még sokszorozás következik, akkor a kristályfrekvenciához F_0/N -et keverünk.



5. ábra. Reléadó tömbvázlata a frekvenciaviszonyok megjelölésével. 1. Vevő. 1.1. Nagyfrekvenciás fok. 1.2. Keverő. 1.3. Kf erősítő. 1.4. Vevőoszcillátor. 1.5. Az oszcillátor sokszorozója. 2. Adó. 2.1. Vezérosszcillátor. 2.2. Keverő. 2.3. Sokszorozó. 2.4. Keverő és kimenő fok

Az F_0 legnagyobb értékét az illető frekvenciasáv szélső csatornáinak távolsága határozza meg. Ez az érték pl. a II URH sávban 12,3 MHz, az F_D/F_r viszony maximális értéke pedig 0,142, vagyis 14,2%. A helyi adó kristályoszcillátorának viszonylagos instabilitása is csak ilyen mértékben, értékének legfeljebb 14,2% erejéig hat ki a reléadó stabilitására. A reléadó tehát kiváló ($5-7 \cdot 10^{-7}$) stabilitással és F_D állandó különbséggel követi a vezéradó frekvenciáját.

A reléadó és a vezéradó legkisebb frekvenciaeltérését a vevő szelektáló képessége és a keverésnél keletkező mellékfrekvenciák elnyomásának lehetőségei határozzák meg, értéke 0,9—1,2 MHz, vagyis 3—4 csatornaszélesség.

Reléadók alkalmazásával a felügyeletnélküli állomások felépítése lényegesen egyszerűbbé válik. A TV hálózat kiépítésénél jelentőségük csak fokozódik, mivel alkalmazásukkal rendkívül bonyolult és kényes áramkörök küszöbölhetők ki.

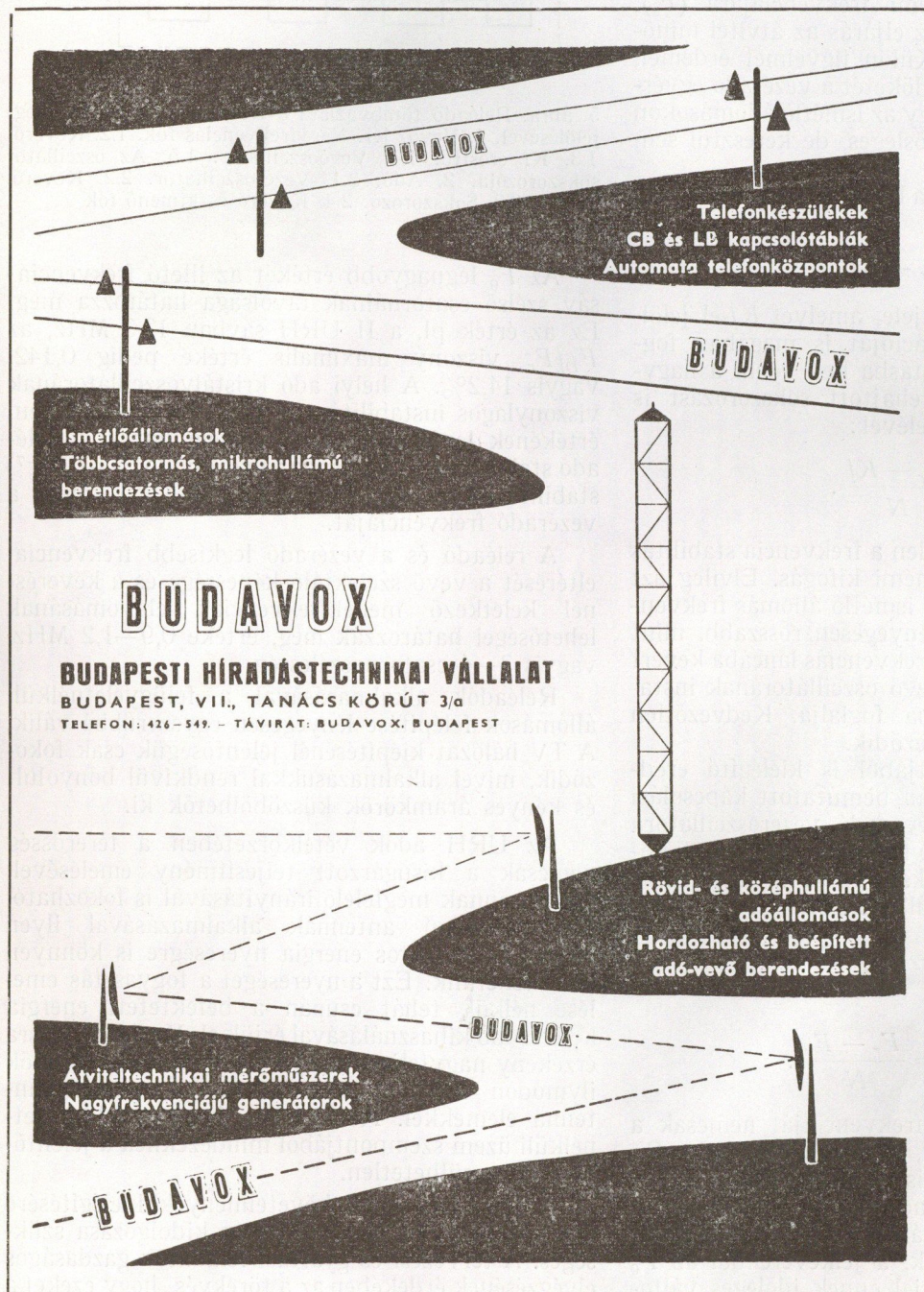
Az URH adók vételkörzetében a térerősség nemcsak a kisugárzott teljesítmény emelésével, hanem annak megfelelő irányításával is fokozható. Nagynyereségű antennák alkalmazásával ilyen módon 6—8-szoros energia nyereségre is könnyen szert tehetünk. Ezt a nyereséget a fogyasztás emelése nélkül, tehát csupán a befektetett energia kedvezőbb kihasználásával érjük el. Meghibásodásra érzékeny nagyteljesítményű fokok helyettesíthetők ily módon 100%-os üzembiztonságú, passzív antenna elemekkel. Kétségtelen, hogy a felügyeletnélküli üzem szempontjából mindezeknek a jelentősége felbecsülhetetlen.

A sokoldalú helyi követelmények kielégítésére meglehetősen sok antenna típus kidolgozása szükséges. A tervezési és gyártási feladatok gazdaságos elvégzésének érdekében az a törekvés, hogy ezeket a

különböző típusokat egységes elemekből alakítsák ki. Az antenna-típusok számának a csökkentése, valamint az egyes állomások áthangolhatósága olyan típusok kialakítását kívánja meg, melyek egy-egy szélesebb frekvenciasávon belül az illesztési feltételeket kielégítik. Főleg hosszú tápvezetéseknél okoz a hiányos illesztés komoly minőségi romlást. A visszavert hullámok ugyanis késéssel jutnak vissza az antennához és ennek következtében fázistorzulás és nagymértékű járulékos AM keletkezik [5]. Ennek elkerülésére az egész aktív frekvenciasávon belül 1,3—1,4 állóhullám-viszony betartására törekszünk. Megfelelő elválasztó szűrők beiktatásával a szélessávú antennákra több, azonos körzetben működő adó kapcsolható.

Az FM adások bevezetésével és a TV hálózat kiépülésével az ultrarövid hullámok jelentősége rendkívüli mértékben megnő. A két rendszer fejlődése gyakorlatilag egyidejű és így kialakulásuk műszaki feltétele hasonló. További jelentős szerep vár az URH-technikára a műsorellátás és a kisebb csatornaszámú kommunikációs hálózatok kiépítésének területén is.

A legkülönbözőbb felhasználási területeken működő URH rendszerek fejlesztésénél következetesen megtalálhatók azok az egységes megoldási módok, amelyek az URH-technika jellegzetességének tekinthetők és amelyet főként a közös hullámkörzet és a berendezések viszonylagosan nagy sáv szélessége határoz meg.



IRODALOM

1. H. Thielcke: Sender für automatischen Betrieb, Technische Hausmitteilung des NWDR 1954.
2. H. Nitsche, H. Clausen: Die Automatisierung von Sendern und Sendenanlagen, Rohde-Schwarz Mitteilungen, 1956.
3. A. C. Beck, F. T. Norbury, J. L. Storr-Best: Frequency: modulated V. H F. transmitter technique, The Proceedings of the IEE. 1957.
4. V H F-Frequenzumsetzer-Sender 87—100 MHz, Rohde-Schwarz-Datenblatt N 121.
5. E. Kettel: Der Einfluss einer Fehlanpassung des Antennenkabels auf die Übertragungsverzerrungen bei Frequenzmodulation, Telefunken Zeitung, 1952.

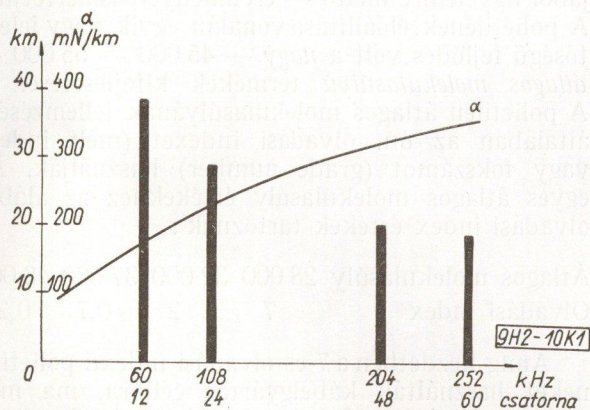
Újtípusú nagyfrekvenciás koaxiális kábel szerkezet kialakítása

BOHNER ENDRE, BORSOS KÁROLY, DÉNES KÁROLY, KARDOS GYÖRGY

Ismertetünk egy újtípusú nagyfrekvenciás, szélessávú, sokcsatornás üzemre és televíziós közvetítésre alkalmas koaxiális kábelt. A kábel külső vezetője osztatlan, sima, homogén, tökéletesen vízszáró alumíniumcső, belső vezetője pedig alumíniumhuzal. A kábel távolságtartó szigetelője a belső vezetőre nyitott spirálisban felvitt polietilén-cső. Villamos értékei megfelelnek más típusokkal elért eredményeknek. Külön ólomköpeny alkalmazása nem szükséges, gyártása sem igényel különleges gépeket. A kábel előállítása gazdaságosabb, mint bármely más típusé.

Az elmúlt két évtized alatt a távolsági áramkörök számának növelésével egyidejűleg a vivőáramú sokcsatornás berendezések és távkábelek, az átviteli utak létesítési költségeinek, tehát az egy áramkörkilométerre eső színesfém felhasználás csökkentése érdekében, igen jelentős fejlődésen mentek át. A 12 csatornás rendszerekből kialakultak a papírszigetelésű szimmetrikus páros kábeleken üzemeltethető 24, 48 és 60 csatornás rendszerek, majd a stiroflex szigetelésű kábeleken üzemeltethető 120 csatornás rendszerek [1], [2].

A szokásos 4×4 , 7×4 és 12×4 eres kettős papírszigetelésű kábeleken megfelelő erősítőmezőhosszak és korszerű berendezések esetén a létesíthető áramkörök száma 480, 840 és 1440, stiroflex szigetelés alkalmazásával pedig ez az áramkörszám megkétszerezhető. A nálunk használt kábeltípus csillapításgörbéjét és a szokásos erősítő hosszakat az 1. ábra tünteti fel. Ezeken a távkábeleken az átviteli

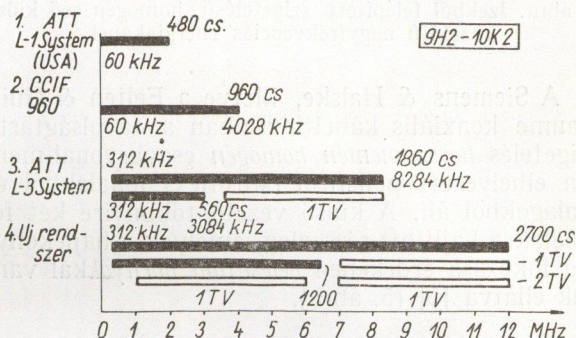


1. ábra. 1,2 mm átmérőjű rézvezetőjű, papírszigetelésű, csillagsodrású, 28 nF/km üzemi kapacitású távkábel csillapításgörbéje és az erősítőmezők hossza

sáv papírszigetelés esetén 250 kHz-ig, stiroflex szigetelés alkalmazásakor 500 kHz-ig használható ki. A terjedési sebesség pedig mindkét esetben nagyobb, mint $200\,000\text{ km/sec}$. A szimmetrikus kettős kábelek tehát mind a terjedési sebesség, mind pedig a létesíthető áramkörszám szempontjából igen nagy távolságú átvitelek létesítésére alkalmasak.

Az egy áramkör km-re eső színesfém szükséglet csökkentése, de ezenkívül a televízió áramkörökkel szemben támasztott igények az átviteli sáv

igen nagyarányú kiszélesítését tették szükségessé. Mindkét cél elérését a szélessávú átvitel új kábel-típusának, a koaxiális kábelnek kialakítása tette lehetővé. A koaxiális kábelben az egyik vezetőér egy fémhengerpalást, a másik pedig az előbbiben koncentrikusan elhelyezett körkeresztmetszetű fémhuzal. Mindkettő általában rézből, illetve alumíniumból készül [3], [4]. A koaxiális kábeleken alkalmazható sokcsatornás rendszerek átviteli sávjáról a 2. ábra ad tájékoztató képet. Ezek a rendszerek a CCIF által javasolt és ma már általánosan

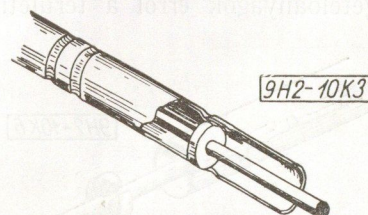


2. ábra. Koaxiális kábeleken létesíthető átviteli rendszerek

bevezetett 2,6 mm átmérőjű belső és 9,5 mm belső-átmérővel készülő külső rézvezetőjű kábeleken üzemeltethetők. Az első rendszer átviteli sávja 2 MHz, a másodiké már 4 MHz-ig terjed, az utóbbinál 9,5 km erősítő távolsággal. A legújabb, még kísérletezés alatt álló új rendszer átviteli sávja már 12 MHz. Itt az erősítőállomások egymástól való távolsága 4,5 km. E rendszerben két felügyeletes távtápláló állomás között 24 db távtáplált köz-belső állomás helyezhető el.

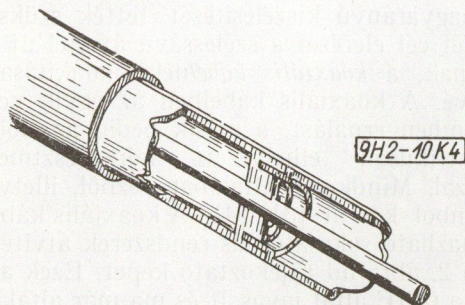
A koaxiális kábelek első kiviteli alakja a nagyfrekvenciás energiakábel volt [5]. Ennek külső vezetője az AEG típusnál rövid félhájából állott, amelyek egymáshoz csuklósan kapcsolódtak. A külső vezető helyzetét a belső vezetőhöz képest frekvencia tárcsák rögzítették, amelyeknek egymástól való távolsága megegyezett a külső vezetőfélháj ízeinek hosszával (3. ábra). Ebből a típusból fejlesztették ki az első szélessávú nagyfrekvenciás távbeszélő, illetve televízió koaxiális kábelt.

A nagyfrekvenciás energiakábelek egyik korszerű formájában a szigetelés egymásba illő ízekből



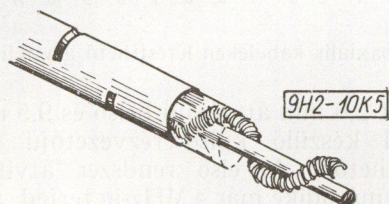
3. ábra. Tárcsás szégetelésű, ízekből felépített külső vezetőjű nagyfrekvenciás energiakábel

épül fel [6] (4. ábra). Ez a kábeltípus rendkívül szilárd felépítésű, azonban gyártástechnológia szempontjából nem egyszerű. Az ízek készülhetnek polietilénből fröccsöntéssel, pontos illesztésük azonban a gyártó művet nem kis feladat elé állítja.



4. ábra. Izezből felépített szigetelésű, homogén cső külső vezetőjű nagyfrekvenciás energiakábel

A Siemens & Halske, illetve a Felten & Guilleaume koaxiális kábeltípusaiban a távolságtartó szigetelés *hossz mentén homogén csavarvonal mentén* elhelyezett polistírol (stiroflex) fonalakból és szalagokból áll. A külső vezető többnyire két fél csőalakra hajlított rézszalag, amelyek a hajlékonyság fokozása érdekében *belesajtott hornyokkal* vannak ellátva [5] (5. ábra).

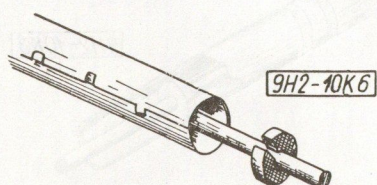


5. ábra. Kettős spirális (hossz mentén homogén) szigetelésű, hornyolt félcsövekből felépített külső vezetőjű távkábel

A második világháború alatt alakult ki a koaxiális kábelek ma is legjobban elterjedt formája, amelyben *tárcsás szigetelés* tartja az egy rézszalagból csővé hajlított, *hosszanti fogazással* varratolt külső vezetőt [7] (6. ábra).

A koaxiális kábelek fejlődése nemcsak a szerkezet tökéletesítésében, hanem a megfelelő *szigetelő anyagok kiválasztásában is megnyilvánult*. Az első szerkezetekben *frekvencia és keménygumi* volt a tárcsák anyaga. A csavarvonal alakú szigetelés anyaga pedig *polistírol* volt, amelyet fonal vagy szalag alakban alkalmaztak [8].

A polistírol mellett a második világháború után a *polietilén* alkalmazása jött előtérbe és ezek a korszerű szigetelőanyagok erről a területről teljesen



6. ábra. Tárcsás szigetelésű, fogazott varratos külső vezetőjű távkábel

kiszorították a frekvenciát és keménygumit. A keménygumi mind dielektromos állandó, mind pedig veszteségi szög, a frekvencia pedig dielektromos állandó szempontjából kedvezőtlenebb, mint a polistírol, vagy a polietilén. Ez utóbbi két szigetelő anyag hőrelágyuló műanyag s ezért feldolgozásuk rendkívül gyors és termelékeny. Tárcsás szigetelés esetén a tárcsákat fröccsöntéssel állítják elő. A fröccsöntő gép hengerében felmelegedett és folyékonnyá tett anyagot nagy nyomással a kívánt alakú hideg szerszáműregbe lövelik, ahol lehűlve felveszi a megfelelő alakot. Ennek az eljárásnak hátránya, hogy a fröccsöntött tárcsa zsugorodása bizonytalan, ami a méretek szórását eredményezi. A koaxiális kábel homogenitása szűk mérettűréseket követel meg, amelyek még a leggondosabb fröccsöntési technológiával sem tarthatók be. A fröccsöntött darabokat vagy utólagos megmunkálással, vagy pedig a meg nem felelő méretű darabok kiselejtezésével kell az előírt mérettűrési tartományba behozni. Bár ez utóbbi eljárás kedvezőtlennek látszik, nem szabad elfelejtenünk arról, hogy a selejté vált darab újra feldolgozható, ezért csupán a fröccsöntési munkabér megy veszendőbe. A kábelhossz mentén homogén szigetelés felépítéséhez szükséges fonalak és szalagok előállítása a hőrelágyuló műanyagok jól kidolgozott, termelékeny gyártási technológiájával történik. Ebből, valamint a továbbgyártás szempontjából a polietilén előnyösebb, mint a polistírol.

A polistírol és a polietilén tulajdonságai a szakirodalomból jól ismeretesek. Itt csupán a polietilén előállításának és felhasználásának legújabb — a koaxiális kábelek szerkezeti kialakítása szempontjából figyelemre méltó — eredményeit ismertetjük. A polietilén előállítása vonalán egyik nagy jelentőségű fejlődés volt a *nagy* — 45 000 — 55 000 — *átlagos molekulásúlyú* termékek kifejlesztése. A polietilén átlagos molekulásúlyának jellemzésére általában az ún. olvadási indexet (melt index) vagy fokszámot (grade number) használják. Az egyes átlagos molekulásúly értékekhez az alábbi olvadási index értékek tartoznak:

Átlagos molekulásúly	28 000	32 000	37 000	48 000
Olvadási index	7	2	0,7	0,2

Amíg kezdetben a 7-es olvadási indexű polietilént használták kábelgyártás céljára, ma már csaknem kizárólag 0,2—3 olvadási indexű polietilént használatosak. Ezeknek tulajdonságai a kezdeti termékekkel szemben elsősorban a nagyobb szilárdsági értékekkel tűnnek ki.

Egy ilyen nagy molekulásúlyú termék mechanikai tulajdonságait 20 °C hőmérsékleten az alábbi táblázat adja meg [9]:

Húzószilárdság folyáshatáron..	85—90	kg/cm ²
Szakító szilárdság	180—200	kg/cm ²
Szakadási nyúlás	600—700	%
Rugalmassági modulus	2000	kg/cm ²
Keményység (DIN 57302, P = 10 kg)	145/130	kg/cm ²

Villamos tulajdonságok tekintetében nincs eltérés a különböző olvadási indexű termékek között.

Ezeknek értékét 20 °C hőmérsékleten az alábbi táblázat mutatja :

Dielektromos veszteségi szög (10 ⁶ Hz)	2.10 ⁻⁴ —3.10 ⁻⁴
Fajlagos ellenállás	10 ¹⁷ ohm·cm
Dielektromos állandó	2,3
Átütési szilárdság	40 kV/mm

Másik nagy jelentőségű fejlődés volt a *kis nyomáson előállított termékek* megjelenése. A kis nyomáson előállított polietilének egy típusának mechanikai tulajdonságait az alábbi táblázat adja meg [10]:

Húzószilárdság	250 kg/cm ²
Nyúlás folyáshatárán	16 %
Szakító szilárdság	350 kg/cm ²
Szakadási nyúlás	800 %
Rugalmassági modulusz	10 000 kg/cm ²
Keményység (10/60 mp)	330/300 kg/cm ²

Villamos tulajdonságok tekintetében a Ziegler-eljárás szerint előállított polietilénekre vonatkozóan még igen hiányosak az irodalmi adatok. Annyi kiértékelhető belőlük, hogy csupán a dielektromos veszteségi szög tekintetében van lényeges eltérés a nagy nyomáson előállított polietilénekhez képest. Egyik előállító mű 5.10⁻⁴—10.10⁻⁴ [10], a másik pedig 16.10⁻⁴—18.10⁻⁴ [10a] értékeket ad meg. Egyik amerikai előállító vállalat cikkírója ez évben megjelent közleményében [11] azt írja, hogy e típusokat villamos célokra nem ajánlatos alkalmazni. A másik kis nyomást alkalmazó eljárással, a Phillips-féle szabadalom alapján előállított polietilén dielektromos veszteségi szöge az előállító vállalat kutatóinak közleménye szerint [12] egyenértékű a nagy nyomáson előállított termékével: 2.10⁻⁴. A polietilénnek, mint koaxiális kábel szigetelő anyagának legfontosabb villamos tulajdonsága a kitűnő dielektromos veszteségi szöge. E tekintetben a Ziegler-szabadalom alapján előállított polietilének ez ideig nem érik el a nagy nyomáson előállított termékek értékeit, hanem azoknak kb. hatszoros értékét teszik ki. Ez a nagyobb veszteségi szög a koaxiális kábel dielektrikumában fellépő veszteségnövekedés következtében jelentősen megnöveli a kábel levezetését (*G*), ami azután kihat — bár kismértékben — a kábel eredő csillapítására is.

Koaxiális kábel szigetelése céljára a polietilén típus kiválasztásánál előzetes számítások alapján kell eldönteni, hogy jobb dielektromos tulajdonságokkal rendelkező nagy nyomáson előállított polietilént vagy pedig nagyobb szilárdsági értékekkel bíró kis nyomáson előállított polietilént alkalmazzunk.

Tárcsás szigetelés esetén a polietilének mellett a polistírol is megfelel. A homogén, tehát a csavarvonalban fölvitt szigetelés céljára újabban alkalmaznak *habosított polistírol szalagot* is [13]. Ez a megoldás azonban a jelenlegi gyártási technológia mellett nem ad a televízió átvitel szigorú előírásainak megfelelő koaxiális kábelt. Ugyanaz vonatkozik a kezdetben használatos *kettős csavarvonalban felvitt polistírol* fonal szigetelésű koaxiális kábelekre is. Egyik sem biztosítja a belső vezető

koncentrikus fekvését túlságos rugalmassága miatt. Jelenleg a tárcsás szigetelés a legelterjedtebb szerkezeti felépítés.

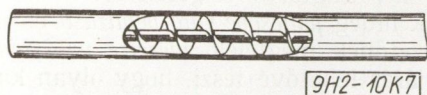
Az eddig ismerttetett koaxiális kábelszerkezetek közös jellemzője, hogy félcsövekből álló, vagy újabban csővé hajlított lemezből készült külső vezetőik nem adnak homogén, sima, körhenger felületet, különösen ha szerkezeti okokból a hornyoknak és bordáknak kényszerű alkalmazását is tekintetbe vesszük. Az ideális vezetőknek tekintethető fémcső közvetlen rásajtolással nem állítható elő, mivel a ma használatos szigetelő anyagok, különösen a hőrelágyuló műanyagok általában sem a gyártásnál előálló magas hőmérsékletet, sem a mechanikai igénybevételt nem bírják.

A koaxiális kábelek gyártásában új lehetőséget nyújt a távolságtartó szigeteléssel ellátott belső vezetőknek hideg *fémcsőbe való behúzdása* és ezután a külső vezetőknek megfelelő *méretre való tömörítése*. Ez az eljárás lehetővé teszi, hogy olyan kábeleket gyártunk, melyeknek külső vezetője *folytonos homogén cső*. A hossz mentén homogén felépítésű hőrelágyuló műanyag távolságtartó csővel ellátott szigetelt belső vezető — ellentétben a tárcsással — kiválóan alkalmas a csőbehúzásra, illetve az utólagos méretre való tömörítésre.

A szerzők által kidolgozott koaxiális kábel külső vezetőjéül legcélszerűbb az *alumíniumcső* alkalmazása, amely a csőbehúzási és méretre tömörítési eljárásra a legalkalmasabb. A kábel paramétereinek közül a váltóáramú ellenállás (*R*) függ a vezető anyagától. Nagyfrekvenciás alkalmazás szempontjából a vezető átmérője, ha a réznél nagyobb fajlagos ellenállású fémre térünk át, az alkalmazott fém ellenállásával arányosan növelendő. Ha a réz fajlagos ellenállását 0,0175 ohm m/mm²-nek, az alumíniumét pedig 0,0291 ohm m/mm²-nek vesszük, akkor az arányossági tényező 1,66. Ezzel számolva a nagyméretű 5/18 mm rézvezetőjű kábelnek váltóáramú ellenállás szempontjából 8,3/30 mm átmérőjű, a CCIF ajánlásoknak megfelelő 2,6/9,5 mm méretű rézvezetőjű kábelnek pedig 4,32/15,8 mm átmérőjű alumínium vezetőjű kábel felel meg. Ez utóbbi méretek helyett a CCIF ajánlásoknak megfelelő kábel alumínium vezető méreteit a hullámellenállás 75 ohmra való beállítása és a csőgyártási lehetőségek miatt 4,5/17 mm méretűnek vesszük fel. Az alumínium vezetőre való áttérés a kábel méreteit megnöveli. Ezzel szemben tény, hogy ez az egyetlen külső vezető típus, amely teljesen folytonos, borda, horony, fogazás és egyéb felületi egyenetlenségtől mentes és így minimálisra csökkenthető a külső vezető felületi egyenetlenségeiből adódó hullámellenállás ingadozások (*ΔZ*), melyek a televízió átvitel szempontjából káros reflexiók főforrásai. A belső vezető felületi egyenetlenségeiből, valamint a szigetelés dielektromos állandójának (*ε*) ingadozásából (*Δε*) keletkező hullámellenállás egyenetlenségek okozta reflexiók kevésbé jelentősek. A méretre tömörített külső vezető további előnye az, hogy szükségtelenné teszi a kábel külső olomburkolatát, mert a folytonos alumíniumcső ennek szerepét is betölti, aminek jelentősége a gazdasági kiértékelésnél domborodik ki.

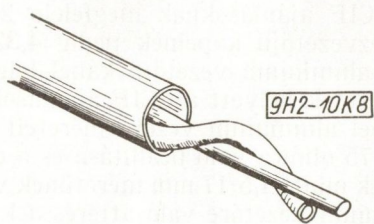
A folytonos alumíniumcsőből álló külső vezető jelentősége még fokozódik a 8, illetve a 12MHz-ig terjedő sávban működő rendszereknél. Ezekben két egymás mellé fektetett ilyen koaxiális kábel 660 távbeszélő csatorna és 2 televízió áramkör, vagy 1200 csatorna és 2 televízió áramkör kiépítését teszi lehetővé. Ennek a kábelrendszernek áramkör kihasználási lehetősége tehát olyan nagy, hogy néhány kivételes esettől eltekintve bármely nemzetközi viszonylatban kielégíti a forgalmi igényeket.

Egy angol szabadalom [15] a tenger alatti távközlő kábelek gyártására igényli a csőbehúzási és tömörítési eljárást, a tömör, tárcsás és szalagspirálos szigetelési módszer alkalmazásával (7. ábra). Az alumínium csőbehúzás és méretre tömörítés



7. ábra. Szalagspirálos szigetelésű, homogén cső külső vezetőjű kábel.

rítés célszerűen alkalmazható hosszban homogén szigetelések esetén. A homogén szigetelések hátránya általában az, hogy sem a kettős spirális fonál, sem pedig a habosított polistírol spirális nem nyújt kielégítően pontos távolságtartást a két vezető között, ami hullámmellenállás ingadozásokban jut kifejezésre. Az előbbieken ismertetett polietilén típusok azonban lehetővé teszik homogén szigetelés újszerű elemekből való felépítését. Ilyen elemként alkalmazunk megfelelően méretezett csövet, amely vagy egyszálban, vagy pedig sodrat alakjában fogja körül a belső vezetőt csavarvonalban (8. ábra). A polietilén cső, vagy csősodrat céljára eddigi tapasztalataink szerint a nagy (45 000—55 000) molekulasúlyú, nagynyomáson előállított polietilé-



8. ábra. Csőspirálos szigetelésű, homogén cső külső vezetőjű távkábel

nek a legalkalmasabbak. Ezeknek kiváló dielektromos tulajdonságuk mellett meg van a kellő mechanikai szilárdságuk ahhoz, hogy a belső vezető biztonságosan központosan megtartsák. A kis nyomáson előállított polietilénnel végzett kísérleteknél hátrányosan mutatkozott az anyag egy nagyságrenddel nagyobb dielektromos veszteségi szöge, továbbá nehézségek mutatkoztak a csőnek a belső vezető köré való sodrásakor is az anyag merevsége miatt. A 6,26/22,5 mm átmérőjű alumínium vezetőjű kísérleti kábel esetében például 45°-os csavarvonal emelkedési szögnek 45 mm-es menetmagasság felelt

volna meg, ezzel szemben a gyakorlati kivitelnél csak 120 mm-es menetmagasság volt alkalmazható. Ez esetben a felhasznált polietilén kis nyomáson előállított „Hostalen” minőség volt, amelyből $8,3 \pm 0,2$ mm külső átmérőjű és kb. 1 mm falvastagságú csövet állítottunk elő. A cső előállítása kb. 170 °C fejhőmérsékletű extruderrel 12/10 mm-es szerszámmal történt oly módon, hogy a még plasztikus csövet függőlegesen lefelé fokozat nélküli sebességszabályzóval ellátott tárcsával húztuk és a kihúzás sebességével állítottuk be a cső külső átmérőjét. A megfelelően megnyújtott cső azután vízfürdőbe került, ahol lehűlve és megszilárdulva a kívánt méretet mutatta.

A polietilén csövet az erősáramú kábelek ereinek összesodrására használt sodrógépen a 6,26 mm méretű alumínium vezetőre csavartuk 120 mm-es menetmagassággal oly módon, hogy a polietilén csövet a dob megfelelő visszaforgatásával a csavarási feszültségtől mentesítettük. Az így előállított maximálisan 23,3 mm átmérőjű szigetelt belső vezetőt 27,8/25 mm-es alumíniumcsőbe húztuk és a szokásos eljárással a végleges 25,3/22,5 mm méretre tömörítettük.

A végleges méretű alumíniumcsőre kettős acél szalagozás került. Ez a kábel, miután csak kísérleti célokra készült, korrózióvédelmet nem kapott. A korrózióvédelem egyik lehetséges megoldása a polietilén vagy pvc burkolat.

Az ismertetett 6, 26/22,5 mm alumínium vezetőjű kábelből kísérletek céljára a Villamosgép- és Kábelgyárban egy 174 m-es hossz készült. E kábel vezetőinek méretezésekor nem tartottuk szem előtt a vonatkozó CCIF ajánlásokat, hanem a méretezésnek a meglévő 27,8/25 mm méretű alumíniumcső szolgált alapul. A külső vezető végleges tömörítés utáni mérete 25,3/22,5 mm $\varnothing$ lett. Ha mindkét vezető azonos fémből van, a külső és belső vezető átmérőinek aránya 3,6 esetén adja az optimális csillapítást. Ennek figyelembevételével a 22,5 mm külső vezető átmérőhöz 6,26 mm belső vezető átmérő tartozik. A kísérleti kábel ennek megfelelően készült.

A kísérleti kábelhossz előállításának célja a gyártási technológia tanulmányozása mellett kettős volt:

1. mérésekkel ellenőrizni a kábelszerkezet homogenitását gyártási hosszban belül a reflexiókat okozó inhomogenitások szempontjából;

2. mérésekkel megállapítani a kábel paramétereit, a szigetelés dielektromos állandóját, azokat összehasonlítani a számított értékekkel és így ellenőrizni, illetve kialakítani a kábel méretezési eljárását.

A méréseket megfelelő mérőberendezés hiányában csak 2 MHz-ig lehetett elvégezni, így csak következtetni lehet arra, hogy a kábel miként viselkednék nagyobb frekvenciákon.

A kábel hullámmellenállása az üresjárású és rövidzárási impedanciákból számítva 72 ohm értéket adott. A méréseket 19 frekvencián végeztük el egyszer kifektetett és egyszer dobra visszateker-cselt állapotban. A kábel hullámmellenállásának valós és képzetes összetevőit a frekvencia függvényében a 9. ábra tünteti fel. A kábel amplitúdó csillapítását és fázisforgatását ugyancsak az üres-

járási és rövidzárási mérésekből határoztuk meg. A nyert értékeket a 10. ábra foglalja össze. Az *elsődleges jellemzők* közül az L és C kielégítő pontossággal volt meghatározható. Az R és G állandók kiértékelése csak megközelítően sikerült.

A mérési eredményeket az alábbi táblázatban foglaljuk össze egybevetve egy, a Szovjetunióban gyártott 5/18-as rézvezetőjű kábel értékeivel. (A kísérleti kábel mért értékei az alsó sorban vannak.)

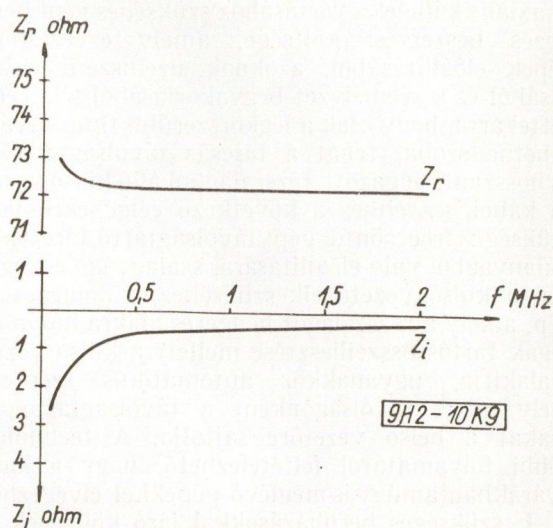
Kábel vezető	Z , ohm	n /km	rad/km	R , ohm/km	L , 10^{-9} /km	C , nF/km	G , S/km	V , km/sec $^{-1}$
5/18 réz	70	153	23	21,3	25,9	53	22,5	273 000
6,26/22,5 al.	72,4	158	21,8	22	25,3	48,4	250	283 000

A táblázatból láthatjuk, hogy a kísérleti kábel paraméterei jól megegyeznek az irodalmi adatokkal. Feltűnően kiugrik a vezetetésnek (G) értéke, aminek oka a felhasznált kis nyomáson előállított polietilén viszonylag nagyobb dielektromos veszteségi szöge. Erre vonatkozólag a kísérlet előtt még nem álltak tapasztalati adatok rendelkezésre.

A kábel minőségét jellemző *impedancia egyenlőtlenségeket* nem lehetett pontosan meghatározni, mivel az impedancia mérőhíd pontossága 0,4%-os volt. Az egyenlőtlenségek ezzel a műszerrel egyáltalán nem voltak kimutathatók, így értékük minden bizonnyal 0,2% alatt van. Az egyenlőtlenségek meghatározására katód sugárcsőves módszerrel [1] is kísérletet végeztünk, azonban a rendelkezésre álló mérőberendezés nem tette lehetővé pontos eredmények elérését, mivel az impulzus szélessége túl nagy volt a kábel hosszához képest. Összehasonlító értékek nyerése végett úgy jártunk el, hogy felrajzoltuk először a kábelt helyesen lezáró ellenállás esetén az impulzus képét, majd a kábelt nem pontosan lezáró ellenállások sorozatával megállapítottuk az impulzus képen jelentkező eltérések nagyságát. A képekből észrevehető impedancia ingadozást magán a kábelen nem tudtuk megállapítani, a katód sugárcsővön keletkező kép vonalvastagságának figyelembevételével azonban biztosan állítható, hogy az impedanciaingadozások jóval 1% alatt vannak.

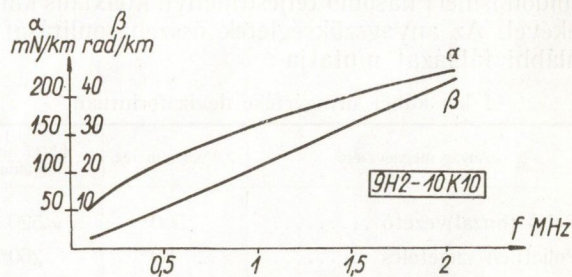
A kábelen mért értékek általában jól megegyeznek a konstrukciós formulákkal kiszámolható értékekkel. Ezek figyelembevételével a kábel dielektromos együtthatója $\varepsilon = 1,12$ -nek és a terjedési sebesség 1 MHz-en 283 000 km/sec-nek adódik. A kábel eredő tg δ -ja csak nagyon korlátozott pontossággal volt meghatározható. 1 MHz körüli frekvenciákon mintegy 10×10^{-4} értéket ad. Ez az érték még nem befolyásolta lényegesen a vizsgált frekvenciatartományban a kábel egyéb jellemzőinek értékét.

Az első kísérleteknél kötvé voltunk adott alumíniumcső méretekhez. Azóta már rendelkezésre áll olyan alumíniumcső, amellyel a CCIF ajánlá-



9. ábra. 6,26/22,5 mm átmérőjű, alumínium vezetőjű kábel hullámellenállása (Z) a frekvencia függvényében

soknak megfelelő 2,6/9,5 méretű rézvezetőjű kábellel egyenértékű 4,5/17 méretű alumíniumvezetőjű koaxiális kábelt állíthatunk elő. A kísérleti kábelen mért értékek megfeleltek az elméleti számításoknak, ami lehetővé tette számunkra, hogy a következő kísérletet 2,5 MHz-en mérve 75 ohm hullámellenállásnak és 470 mN csillapításnak betartásával valósítsuk meg és így tulajdonságaiban a CCIF ajánlásoknak pontosan megfelelő kábelt állítsunk



10. ábra. 6,26/22,5 mm átmérőjű alumínium vezetőjű kábel amplitúdó csillapítása (α) és fázisforgatása (β) a frekvencia függvényében

elő. Az új típusú kísérleti kábellel kapcsolatban első alkalommal foglalkoztunk Magyarországon olyan mérésekkel, amelyekre koaxiális kábelek belső felhasználása, exportja, vagy importált kábelek átvétele esetén felkészülnünk kell lennünk. Ezzel kapcsolatban nyilvánvalóvá vált, hogy kielégítő mérések elvégzésére megfelelő műszerek jelenleg még nem állnak rendelkezésünkre, azokat fenti célokra be kell majd szerezni. Az ismertett kábel-típus műszaki tulajdonságok tekintetében megfelelőnek látszik.

Vizsgáljuk meg ezután a típusnak gazdasági oldalát is. Először említjük azt, hogy bármelyik külföldön alkalmazott típus gyártásának bevezetése esetén a szabadalom birtokosának szabadalom használati díjat kellene fizetnünk. Az ezzel járó költségek az új típusú kábel alkalmazása esetében elmaradnak. Ehhez járul az eddig ismert külföldi

koaxiális kábelek gyártásához szükséges gépi berendezés beszerzési költsége, amely tervezésből a gépek előállításából, azoknak üzemszerű bejártásából és a személyzet begyakorlásából áll. Tekintettel arra, hogy csak a legkorszerűbb típus átvétele jöhetne szóba, tehát a tárcsás távolságtartókkal és hosszanti fogazott rézszalagból álló külső vezetőjű kábel, — ehhez a következő célgépekre volna szükség: fröccsöntő gép távolságtartó tárcsáknak műanyagból való előállítására, szalagvágó és fogazó gép a külső vezető elkészítéséhez, különleges cél-gép, amely a rézszalagot hengeres alakra hozza és a fogak tartós összeillesztése mellett a külső vezetőt kialakítja, ugyanakkor automatikus szerkezet, mely adott távolságonként a távolságtartó tárcsákat a belső vezetőre sajtolja. A technológia többi folyamatáról feltételezhető, hogy a kábelgyárakban amúgy is meglévő gépekkel elvégezhető.

E szükséges beruházásokkal járó költségek teljes egészében megtakaríthatók az új típusú kábel alkalmazása esetén. E beruházásoknál, bár azok összköltsége is jelentős, inkább az idő az a tényező, amely megfontolásra késztet. Úgy véljük, nem tévedünk, ha több évre becsüljük az egész feladat megoldását. Mindazoknak a vállalatoknak, melyek az eddig ismert koaxiális kábelek gyártására berendezve nincsenek, nyilvánvalóan előnyben kell részesíteni egy olyan eljárást, amellyel különleges beruházások nélkül azonnal felvehetik a koaxiális kábelek gyártását is.

A gazdaságosság egy másik kérdése a kábelek előállítási költségének összehasonlítása más külföldön ismert hasonló teljesítményű koaxiális kábelével. Az anyagszükségletek összehasonlítását az alábbi táblázat mutatja:

1 km kábel anyagértéke devizaforintban

Anyag megnevezése	2,6/9,5 mm réz	4,5/17 mm alumínium
Belső (huzal)vezető	560*	520
Polietilén szigetelés	80*	260*
Külső (cső) vezető	820*	2620
Acélszalag árnyékolás	620	1220
Ólomköpeny	3680*	—
Összesen	5760	4620

A *-gal jelölt tételek devizát igénylő anyagok. A kalkulációban figyelemre méltó, hogy a jelenleg mélyponton álló világpiaci rézárral van számolva.

Az új típusú kábel tehát 20%-kal kevesebb értékű anyagot és 95%-kal kevesebb devizát igényel, mint a vele egyenértékű CCIF ajánlásnak megfelelő rézvezetőjű kábel, belföldi felhasználása tehát gazdaságos, csekély import anyag igénye pedig export lehetőséget nyújt.

A kutatást kollektívánk a Villamosipari Kutató Intézet témakeretében végezte dr. Urbanek János Kossuth-díjas igazgató messzemenő támogatása mellett. Köszönetet mondunk a Villamosgép- és Kábelgyár igazgatóságának a kutatással járó gyártási munkák lehetővé tételéért. A mérések úttörő munkáját Peres Tibor kutató fizikus és brigádja végezte.

IRODALOM

1. H. Düll—W. Wild: Das neue Kunststoffisolierte Fernkabel der deutschen Bundespost für das System V 120. Jb. elektr. Fernmeldewesen, 1954/55, 132—161.
2. C. H. Elmdorf, R. D. Ehrbar, R. H. Klie, A. J. Grossmann: The L3 Coaxial System, System Design, The Bell System Technical Journal 32 (1953) 781.
- 2a) Trial Model of Super Wideband Repeater for Coaxial Cable. Reports of the Electrical Communication Laboratory, Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, 5 (1957), Nr. 8.
3. S. A. Schelkunoff: The Electromagnetic Theory of Coaxial Transmission Lines and Cylindrical Shields. The Bell System Technical Journal 13 (1934) 532—579.
4. E. Adam: Die Übertragungseigenschaften von Koaxialen Leitungen. Österreichische Zeitschrift für Telegraphen-, Telefon-, Funk- und Fernstechnik 7 (1953) 98—107, 122—134.
5. L. Krügel: Aufbau Probleme bei Koaxialkabeln VDE-Fachberichte 17 (1953), IV., 12—17.
6. 622, 247 angol szabadalom.
7. L. G. Abraham: Progress in Coaxial Telephone and Television Systems. AIEE Transactions 67 (1948), 1520—1527.
8. I. I. Grodnyev—B. F. Miller: Hírközlő kábelek, Budapest, 1954.
9. „Lupolen H” ein thermoplastischer Kunststoff, Badische Anilin und Soda-Fabrik AG. Ludwigshafen a. Rhein, 1953.
10. „Hostalen”, Vorläufiges Merkblatt, Farbwerke Hoechst AG, Frankfurt (M) — Höchst, 1955.
- 10a G. Wick—H. König: Eigenschaften von Vestolen, einem Niederdruck-Polyäthylen nach Ziegler, Kunststoffe, 46 (1956), 460—466.
11. G. H. Sollenberger: Higher Density Polyäthylenes, SPE Journal 14 (1958) Nr. 1, 23—24, 64.
12. R. V. Jones—P. J. Boeke: Properties of Marlex 50 Ethylene Polymer, Industrial and Engineering Chemistry 48 (1956), 1155—61.
13. L. Krügel: Über die Verwendung von Schaumstoffen für die Isolierung von Koaxialen Hochfrequenzkabeln, FTZ 7 (1954), 221—226.
14. 627 815 angol szabadalom.
15. 733 178 angol szabadalom.

S Z E M L E

Rovatvezető: Gál István

A Szovjetunióban 1957 végén felbocsátott műholdról érdekes adatokat közölt M. B. Jastrebov, a kutatásokkal foglalkozó intézet vezető munkatársa. Az első műhold átmérője 58 cm, súlya pedig 83,6 kg volt. A hermetikusan lezárt gömbalakú testet különleges alumínium ötvözetből készítették, a csiszolt külső felületet is különleges kikészítéssel látták el. A belső berendezés a tápáramot szolgáltató készülékeket is tartalmazta. A belső teret egyébként nitrogén gázzal töltötték fel. A rádióberendezések antennái a hordozórakétából való kiválás után csuklópántok segítségével ön-működően egyenesedtek ki. Hosszuk 2,4 és 2,9 m volt.

A műhold berendezéseinek az igénybevétele nemcsak a kilövés folyamán nagy, hanem a kényszerpályán való haladása közben is, mert például a napsugár és a földárnyék változó hőmérsékletet idéz elő és a hőmérsékletkülönbség nagy. Védelmüket a külső felület helyes kiképzésén kívül a belső kitöltő gáz kényszcirkulációjával oldották meg. A jelzőadó 20,005 és 40,002 kHz-en működött és még 10 000 km távolságból is vehető volt. Az adás a felső lég-retegek viselkedéséről igen sok felvilágosítást nyújtott.

(Folytatás a 97. oldalon)

Nyomatott áramkörök

BOROS GYÉVI JÁNOS, KELENCÉS MIKLÓS
KGM Híradástechnikai Iparigazgatóság

A cikk irodalmi ismeretek alapján foglalkozik a nyomtatott huzalozás rövid történelmi áttekintésével, az idetartozó fogalmak tisztázásával, a szükséges alanyanyagokkal és alkatrészekkel, huzalozást eredményező technológiákkal, áramkörök előállításával, modul-rendszerekkel és teljességre nem törekedve példákat mutat be ezen technológia alkalmazására.

Ezen túlmenően az egyes fejezetekben és végül összefoglalóan bemutatja az eddigi hazai eredményeket és a legközelebbi jövőben megvalósítandó elgondolásokat.

1. Bevezetés

Korunk egyik nagy törekvése, hogy a gyártási folyamatokat automatizálja.

Az elektronikában e téren a nyomtatott áramkörök technikája nyújt új lehetőségeket. Mivel ez az új gyártási eljárás alig egy évtizedes múlttal rendelkezik, ezért ennek technikai tartalmával, céljával és lehetőségeivel kapcsolatban a szakemberek körében még elég nagy a tájékozatlanság. Ebből következik, hogy hazánkban nagy idegenkedésbe ütközik a nyomtatott áramköröknek a híradástechnikai iparba való bevezetése.

Cikkünk célja az, hogy irodalmi ismereteink alapján összefoglaló képet adjunk az új gyártási technológia eddigi eredményeiről, a hazai bevezetés lehetőségeiről és az eddigi hazai eredményekről.

Mióta elektronikus készülékeket sorozatban gyártanak, mindig az volt a törekvés, hogy az alkatrészek huzalos összekötését olyan technológiai eljárás helyettesítse, amellyel a teljes huzalozást lehetőleg egyetlen munkamenetben lehet elvégezni. A technika kezdeti fokán csak olyan megoldásokra jutottak, amelyek aránylag kevés gazdasági előnyt nyújtottak.

Így például a Telefunken gyár 1927-ben piacra hozta az „Arcolette” erősítőt, melynek huzalozása stancolt és megfelelően alakított rézlemez csikokból állt. A huzalok a szükséges alkatrészekkel együtt szigetelő lemezbázra voltak erősítve. Ez, és az ehhez hasonló eljárások nem járhattak eredménnyel, mert nem jelentettek döntő fordulatot a gyártási folyamat egyszerűsítésében. Ezenkívül a vezeték nélküli hírközlés technikájának gyors fejlődése a kapcsolások gyakori változtatását követelte, amelynek ez a gyártási eljárás nem tudott megfelelni. Ez a kívánság olyan gyártást igényelt, amelyben a huzalozás egy hordozó szigetelő-lapra felvihető vagy nyomtatható.

Ebben az irányban új kilátásokat nyitott a kerámiatechnika, ahol díszítő célokra már régen alkalmaztak fémből készült mintákat, és az eljárás technológiáját is jól ismerték. Egyes nyugati országokban sikeres kísérleteket folytattak nyomtatott áramkörök előállítására olyan eljárás alapján, amelynek segítségével a kerámikus kondenzátorokat nyerték. Ennek a technológiának következetes fejlesztése által a 30-as évek végén már olyan kapcsolásokat állítottak elő, amelyek a huzalozáson

kívül önindukciós tekercseket és nyomtatott ellenállásokat is tartalmaztak. Ezek a kapcsolások már a szó mai értelmezésének megfelelő, tényleges nyomtatott áramköröket adtak.

Míg az európai országokban — elsősorban Angliában és Olaszországban — csak egyes üzemek foglalkoztak a nyomtatott áramkörök fejlesztésével, az USA-ban ennek az új technológiának kifejlesztése már rendszeresen történt. Így a Nemzeti Normahivatal (NBS 1950-ben) a kerámikus lapokon előállított nyomtatott áramkört „Project Tinkertoy” elnevezés alatt teljesen automatizált eljárássá dolgozta ki, katonai készülékek számára.

Ennél a technológiánál, amelyet az NBS ma már MDE—MPE rendszernek nevezett el (Modular design of electronics — Modular production of electronics) az alkatrészek tetszés szerint módosíthatók és különböző elektronikus készülékekbe szerelhetők össze. Ezt az eljárást újabban mindinkább használják rádió- és televízió-vevőkészülékekben is. Emellett a speciális kerámikus technika mellett az USA-ban kidolgoztak egy másik technológiát is a huzalozásnak, mint önálló egységnek az előállítására. Ez a technológia egy fémmel bevont szigetelő anyagból indult ki, amelynek fémezett felületén maratási vagy egyéb eljárással hozták létre a kívánt huzalozási mintát. Ezt a módszert néhány év alatt igen nagy ipari tökéletességre emelték és azóta az iparilag fejlett országokban általánosan elterjedt.

2. Fogalmak

Minden új technológiai eljárás kialakítja a maga sajátos kifejezéseit vagy az addig ismert kifejezéseknek új értelmezését ad. Ezek alapján az alábbiakban olyan fogalmakat értelmezzünk, amelyek az új technikában alapvetőek.

2.1 Nyomatott áramkör

Elektromos vezetőből kialakított minta, amely alkatrészeket, huzalokat vagy azok kombinációját tartalmazza úgy, hogy egy szigetelő alaplap felületén az egész áramkör előre megállapított terv szerint van elrendezve.

2.2 Nyomatott huzalozás

Valamilyen eljárás szerint készült olyan egység, amelynek feladata egyes meghatározott pontok közötti elektromos kapcsolat létesítése.

2.3 Nyomatott huzalozási tábla

Az a fizikai tárgy, amely a nyomtatott huzalozásból és magából az alapot képező szigetelő lapból áll.

3. Alapanyagok

A nyomtatott huzalozás előállítására szolgáló alapanyagokat két nagy csoportra oszthatjuk: elektromos vezetőkre és szigetelő anyagokra.

3.1 A legelterjedtebben alkalmazott *elektromos vezetők* a következők: *fémfóliák, galvanikus fémbevonatok és fémporok.*

3.1.1. Fémfóliák

A vezető fóliával szemben támasztott követelmények igen szigorúak. Így például elengedhetetlen a kifogástalan tisztaság, a jó mechanikai tulajdonság, pórusmentesség, izotróp szerkezet stb. A ragasztás elősegítése végett egyik oldalának durvának, míg a másinak — a maratás és védőlakkozás miatt — simának kell lenni. Vastagság szempontjából kétféle fóliát használunk: a 0,03—0,04 mm-es és a 0,07 mm-eset.

A fenti feltételek legjobban az elektrolitikus úton előállított vörösréz fóliával teljesíthetők. A hengerelt rézfóliák sok előnytelen tulajdonságuk miatt nyomtatott huzalozásnál általában nem jöhetnek számításba. Kedvezőtlen például az erős anizotrópia az egyenlőtlen vastagság, a kis szélesség (30—40 cm), amely a műanyaglemeze rögzítést igen megnehezíti.

Az irodalom említést tesz alumíniumfóliák alkalmazásáról is. Előnyük, hogy az alumíniumfólia sokkal bőségebben áll rendelkezésre mint a vörösréz, s a maratáshoz lényegesen kevesebb idő szükséges. Felhasználását elsősorban a forrasztásával kapcsolatos nehézségek gátolják.

3.1.2. Galvanikus bevonatok

Galvanikus bevonatok alkalmazása esetén a kész huzalozási mintát galvanizáljuk a szigetelő anyag felületére. Az eljárás bővebb leírására a következő fejezetben visszatérünk.

3.1.3. Fémfestékek és fémporok

Az elektromos vezetőknek ebbe a csoportjába főleg az ezüstöt és az ezüstoxidot sorolhatjuk. Felvitelük a szigetelőlemeze háromféle módon történhet: por, szuszpenzió és lakk alakjában. Lakk alkalmazása esetén kötőanyagként természetes vagy műgyantákat használunk.

3.2. Szigetelő-anyagok

Minden esetben megkívánjuk a jó mechanikai és elektromos tulajdonságokat. Ezenkívül rádió- és televízió- és fontos, hogy olcsón kapjunk nagy felületeket, rakétákban nagy hőállóságra, katonai berendezésekben pedig különösen csekély vízfelvételre és jó penészállóságra van szükség.

Ezeknek a szempontoknak figyelembevételével legnagyobb jelentősége a trópusálló papírbakelit és kerámikus lemezeknek van. Említést érdemelnek még az üvegszövet alapú polyeszter, etoxi, szilikon és teflon, továbbá a hajlékony politrifluorkloretilén (Kelf) lemezek, amelyek elterjedését azonban árak — kiváló tulajdonságaik ellenére — meglehetősen korlátozza. Egészen csekély jelentőségűek a különféle egyéb szervetlen szigetelőanyagok, így a csilám, azbeszthalapú lemezek és üveglapok.

A felsorolt műanyag szigetelők általában kétféle alakban kerülnek forgalomba: fémfólia bevonattal és anélkül.

3.2.1. Trópusálló papírbakelit lemezek

A DIN 7735 sz. szabvány ezekre a lemezekre (2062,8, korábban HP IV) a következő értékeket írja elő:

A hazánkba importált különféle trópusálló papírbakelit lemezek a fenti előírásoknál jobb tulajdonságúak (Delaron PE/I pl. sokszorosan jobb értéket ad), s ezért nyomtatott huzalozás céljára különösen jól megfelelnek.

1. táblázat

Fajsúly	1,3—1,4	kg/dm ³
Hajlító szilárdság	800	kg/cm ²
Ütőhajlító szilárdság	8	cmkg/cm ²
ak 15	5	cmkg/cm ²
Hornyolt ütőhajlító szilárdság ak 10	3	cmkg/cm ²
Szakító szilárdság	700	kg/cm ²
Nyomószilárdság	1000	kg/cm ²
Hasítószilárdság	200	kg
Felületi ellenállás „a” előkezelés	10 ¹²	Ohm
„b” el. kezelés	5.10 ⁹	Ohm
Belső ellenállás „a” előkezelés	5.10 ¹⁰	Ohm
„b” előkezelés	5.10 ⁹	Ohm
Átütési szilárdság (5') rétegekre 20 C°-on	25	kV
párhuzamosan 90 C°-on	10	kV
rétegekre 20 C°-on	40	kV
merőlegesen 90 C°-on	15	kV
Dielektromos veszteség 20 C°, 800 Hz	0,08	
Hőállóság 10'	150	C°
Martens alaktartóság	125	C°
Vízfelvétel 4 napos, 4 mm	1,2	%

A papírbakelit lemezek előállításánál vázanyagként nagy szívóképességű fehérpapírt, kötőanyagként rezol típusú fenol vagy krezol gyantákat használunk. Az utóbbiakat szükséges még olyan műgyantákkal módosítanunk, amelyek a lemezek nedvességállóságát és stancolhatóságát emelni képesek. Olyan berendezéseknél, ahol az áramkör hajlításnak is ki van téve, egyes helyeken lágyabb gyantákkal előállított textilbakelit lemezeket használunk. Ebben az esetben azonban jelentősen romlanak a mechanikai és elektromos tulajdonságok, mert feltételezhető, hogy a lágyság egy kevésbé állandó állapotot jelent. Amint már említettük, a lemezek a fenti célra többnyire rézfóliával borított alakban kerülnek forgalomba. Ezek az úgynevezett folírozott lemezek. A velük szem-

ben támasztott igény az alaplemez tulajdonságain kívül az, hogy igen jó hőállósági tulajdonsággal rendelkezzenek és a rézfólia erősen tapadjon az alaplemezhez. Ennek célja, hogy a lemezek a huzalozás kialakításánál, a szerelésnél és a mártóforrasztásnál fellépő igénybevételeknek igen jól ellenálljanak. A szakirodalom szerint a fólirozott lemezeknek a következő előírásokat kell teljesíteniük:

Fólia tapadás 0,035 mm fóliánál 2,4—4 kg/25 mm.

0,07 mm fóliánál 3,5—6 kg/25 mm.

Hőállóság 120 °C 30 p. hólyagosodás nélkül,

220 °C 10 mp hólyagosodás nélkül.

Előállításuk történhet egy-, illetve kétlépcsős eljárással. Az utóbbi esetben a kész alaplemezre ragasztjuk fel a fóliát, míg előbbinél a ragasztás és magának az alaplemeznek az előállítása egy művelet. Ragasztóanyagul hőre keményedő műgyantát — főleg etoxi gyantát — vagy gyakrabban hőre keményedő és hőre lágyuló gyanta-kombinációt használunk, általában vékony ragasztó film alakjában.

A fólirozott trópusálló papírbakelit lemezek hazai előállítására irányuló kísérleteink, elektrolitmentes, nagy szívóképeségű, fehérpapír vázanyagú, rezol típusú fenol, illetve krezol gyantákkal folynak, amelyeket a kutatók hazai szilikonokkal kívánnak módosítani. Ez utóbbi célt két irányból igyekeznek megközelíteni, egyrészt a papírnak klórszilánnal való hidrofobizálásával, másrészt a bakelitgyanta módosításával, beépülni képes szilikongyanták alkalmazásával.

A fólirozási kísérletek a fenti lemezeket etoxigyanták felhasználásával folynak. Az elektrolitikus rézfóliát szintén itthon fogjuk gyártani.

3.2.2. Üvegszövet alapú poliészter és etoxigyantás lemezek

Ezek a lemezek csaknem azonos viselkedésűek és ezért együtt tárgyalhatjuk. Mindkét típus a papírbakelit lemezeknél jobb tulajdonságokat mutat. Lényegesen kisebb a vízfelvevő képességük, kisebb a dielektromos veszteségük, nagyobb a hőállóságuk és mechanikai szilárdságuk stb. A kettő közül az etoxigyantás üvegszövet lemezek a fontosabbak. A fenti tulajdonságokon kívül kiváló az ivképződéssel szembeni ellenállásuk. Hőállóságuk lehetővé teszi a mártóforrasztást 275 °C-on hólyagosodás nélkül. Fémekhez való rendkívül nagy affinitásuk következtében a rézfólia felragasztásához nincs szükség külön ragasztóanyagra.

3.2.3. Üvegszövet alapú teflon lemezek

A nyomtatott huzalozás céljára kiváló tulajdonságaik miatt az üvegszövetes teflon (politetrafluoretilén) lemezek a legideálisabb anyagok. Hőállóságuk például olyan nagy, hogy kiválóan alkalmazhatók 200 °C-on működő készülékekben is. Nedvszívó képességük rendkívül kicsiny, felületi ellenállásuk még nedves atmoszférában is nagy marad. Dielektromos veszteségük szokatlanul kicsi: 0,0002.

Drágaságuk mindezek ellenére csak a mikrohullámu és nagyfrekvenciás berendezésekben való felhasználásukat engedi meg.

3.2.4. Üvegszövet alapú szilikon lemezek

A szigetelő lemezeknek ezt a csoportját — bár korlátozott mértékben — szintén alkalmazzák nyomtatott huzalozási célokra, főleg rendkívül kis dielektromos veszteségi tényezőjük miatt. Nagy hátrányuk, hogy a rézfólia ragasztására itt is epoxigyantára van szükség, ami a szilikon gyanták egyébként kiváló hőállóságát erősen rontja. Így tehát hasonló tulajdonságúak a tiszta epoxigyantás lemezekhez, de azoknál lényegesen drágábbak. Mindezek miatt a szilikonos lemezek alkalmazására csak speciális esetekben pl. ultrarövidhullámú tekercsek készítésénél kerül sor, ahol az olcsóbb anyagok dielektromos veszteségi tényezője nem kielégítő.

3.2.5. Hajlítható Kel-F lemezek

Állítottak elő politrifluorklóretilénből (Kel-F) rézzel borított lemezeket, amelyek olyannyira hajlíthatók, hogy a kész áramkör hengeralakúra összetekercselhető anélkül, hogy ez működésükben bármilyen zavart is okozhatna. A kész huzalozás védelmére Kel-F-ből készült lakkot alkalmaznak. Ezáltal a huzalozás nedvességfelvétele O, és kémikáliákkal szembeni ellenállása egészen kiváló. Elterjedését azonban rendkívül magas ára korlátozza.

3.2.6. Kerámiák

Nyomtatott huzalozási célokra általában szteatit és titanát kerámiákat használunk. Elektromos szempontból igen kiváló anyagok. Kitérnek rendkívül nagy dielektromos állandójukkal és kis dielektromos veszteségükkel. Főleg katonai készülékekben, a modultechnikában és a nyomtatott alkatrészek készítésénél kerülnek alkalmazásra.

4. Nyomtatott huzalozás előállítása

Azok a gyártási módok, amelyekkel nyomtatott huzalozások iparilag előállíthatók, a következők:

maratási eljárás
stancolási eljárás
domborított huzalozás
szórásos eljárás
galvánjelzés
égetési eljárás

Ezek közül a maratási eljárás lényegesen jobban elterjedt az összes többinél. Ez a módszer olcsóságának, megbízhatóságának és annak köszönhető, hogy a műveletek nagy részét más nagygyakorlatú iparoktól vették át.

4.1. Maratási eljárás

Az eljárás lényege, hogy a kész fólirozott lemezekre zsírtalanítás után a később ismerttetendő három eljárási mód valamelyikével a kívánt kapcsolási rajzot felvisszük. A felvitel egy, a marató közegnek ellenálló lakkal vagy zselatinfeleség segítségével megy végbe, úgy, hogy a nem kívánt részek szabadon maradjanak. A maratás saválló béléssel ellátott kádakban történik vasklorid vagy salétromsav és réznitrát alkalmazásával. A mara-

tási idő a lemezek mozgásával vagy a maró folyadéknek a lemezekre való fröcskölésével csökkenthető. Ez általában az alkalmazott közegtől, berendezéstől és eljárástól függően egy perctől egy óráig terjedhet.

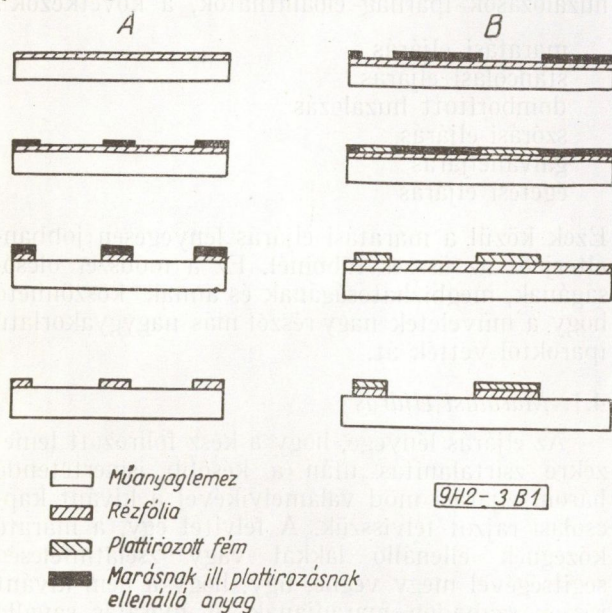
A következő művelet a maratásálló bevonat eltávolítása a most már kész fémes huzalozási részekről. Ez általában valamilyen szerves oldószerezrel történik, amely után semlegesítő, majd forró és hideg fürdőben való mártogatás, végül szárítás és lakkozás következik. Ezzel a huzalozási lemez a további megmunkálásra (fűrés, szerelés) készen áll. A gyakorlatban a maratási eljárásnak két változata terjedt el: a pozitív nyomó és a negatív nyomó vagy plattírozási eljárás.

4.1.1. Pozitív nyomó eljárás

A kopásnak kevésbé kitett huzalozások előállítására használjuk. Lényege, hogy a huzalozást marásálló bevonó anyaggal felvisszük a rézfólia felületére és a csupaszon maradó részeket lemaratjuk.

4.1.2. Negatív nyomó vagy plattírozási eljárás

Ezt az eljárást akkor alkalmazzuk, ha kész áramkör erős kopásnak vagy dörzsölésnek van kitéve. Ebben az esetben a kapcsolás negatívját visszük fel a rézfelületre egy marásálló bevonó anyaggal, amely után a szabadon maradó, tehát a huzalozásnak megfelelő részekre igen vékony, nikkel-rhódium réteget galvanizálunk. Ezután a saválló lakkréteget leoldjuk és az alatta lévő rézfóliát kimaratjuk. Ebben az esetben olyan huzalozást kapunk, amely még plattírozva is van nikkel-lel vagy nikkel-rhódiummal. A két eljárás elvi rajza az 1. ábrán látható. Végezetül szükséges még egy pár szóval megemlíteni a huzalozás felviteli módjait is. A gyakorlatban három eljárás terjedt el: a fotokémiai, síknyomásos és szítanyomásos eljárás, amelyek mindegyikének megvan a maga jelentősége.



1. ábra. A nyomtatás vázlata. „A” pozitív nyomó eljárás, „B” negatív nyomó, vagy plattírozási eljárás

A fotokémiai eljárás kevésbé termelékeny de, könnyebben alkalmazkodó, mint a másik kettő, ezért inkább csak kisebb sorozatoknál fizetődik ki. Lényege, hogy egy fényérzékeny réteggel bevont folírozott műanyaglemezre ráfényképezzük a kívánt huzalozást. A megvilágítatlan részeket utána leoldjuk és az alatta megjelenő rézfóliát lemaratjuk. Célzerű a megvilágítandó fotonegativot nagyobb méretű tusrajzból kicsinyíteni, hogy élesebb körvonalakat kapjunk. Általában legcélszerűbb a 2:1 illetve 5:1 arányú kicsinyítés. A három eljárás közül ezzel lehet a legpontosabb és a legvékonyabb huzalokból álló nyomatott huzalozást előállítani.

Sík- és szítanyomásos eljárások közül az elsőt már inkább csak kimondottan nagyobb sorozatoknál érdemes alkalmazni. Mindkét eljárást a nyomdaiparból kölcsönöztük. Itt a kívánt huzalozást egy marásálló bevonó anyaggal visszük fel a rézfólia felületére. Az így elért vastagság, illetve ezzel összefüggő fedés még általában nem tökéletes, ezért mindkét eljárásnál ajánlatos rögtön a nyomtatás után finom aszfalt-puderral beszórni a kapott huzalozási rajzot. Ezután a fel nem tapadó részeket, tehát amelyek a csupasz rézfóliára hullottak, egyszerűen lefújuk és az egészet 80 C°-on rögzítjük. A két eljárás közül a szítanyomás lényegesen egyszerűbb és olcsóbb, azonban durvább kontúrokat eredményez mint a síknyomás.

Hazai lehetőségeinket figyelembevéve előreláthatólag kissorozatú készülékeknél foto-, nagyobbán síknyomásos eljárást fogunk alkalmazni.

4.2. Stancolási eljárás

Ez a módszer az előzőektől lényegesen eltér. Itt ugyanis elmarad az egész maratás és a vele összefüggő műveletek, helyettük mechanikailag alakítjuk ki a huzalozást. Az eljárás inkább csak nagy sorozatokhoz alkalmas és vékony huzalozási minták készítését nem teszi lehetővé. Ellentétben a maratásos huzalozással, itt folírozatlan műanyaglemezeket és olyan rézfóliát használunk, amelynek egyik oldalát előzőleg műanyag ragasztóréteggel bevontuk. A huzalozás kialakításánál háromféle módszer terjedt el a gyakorlatban.

4.2.1. Az első esetben a huzalozási mintát, mint önálló egységet stancoljuk ki a rézfóliából, és egy második munkamenetben felpréseljük a műanyaglemez felületére. Annak elkerülésére, hogy a kapcsolást több darabban kelljen felvinnünk, a huzalozás között meghatározott helyeken összetartó bordákat hagyunk, amelyeket felpréselés után a műanyaggal együtt kivágunk.

4.2.2. Második megoldás az, amikor a huzalozási mintát a szigetelőlapra való felerősítéssel együtt egy munkamenetben stancoljuk ki. Ilyen esetben a prés bélyegje a kész huzalozási rajznak megfelelően úgy van kialakítva, hogy élvonalai a többi részeknél kb. 0,075 mm-el mélyebben fekszenek. Így a fóliával érintkezve azt előbb kivágja, majd végső állapotában rápréseli a műanyaglemezre úgy, hogy a huzalozási minták élei mélyebben nyomódjanak bele. Ilyen célra valószínű, hogy nem teljesen kikondenzálódott gyantatartalmú réteget

lemezeket kell használni. Ennél az eljárásnál a bélyegek elkészítése igen költséges, ezért inkább csak nyomtatott alkatrészek előállítására alkalmasak.

4.2.3. A második megoldásnak egy módosítása, amikor a ragasztóréggel bevont fóliát kizárólag hőhatással préseljük fel és lehűlés után a bélyeggel nem érintkező részeket letépjük.

4.3. Szórási eljárás

Ehhez az eljáráshoz olyan műanyag lemezeket kell használnunk, amelyeknek mindkét oldalára a huzalozásnak megfelelő minta már készítésük alkalmával be van préselve. A lemezeket ezután valamilyen folyékony fémmeel beszórjuk úgy, hogy az a bemélyedéseken felül az egész felületet beborítsa. Lehűlés után a felületet lecsiszoljuk, hogy a fém ezáltal csak a mélyedésekben maradjon. Az eljárás csak kuriózumként hat, azonban egyik angol cég automatizált üzemet szervezett meg ezzel az eljárással, ahol a rádió-chassik gyártásához mindössze két emberre van szükség.

4.4. Domborított huzalozás

Ez az eljárás erősen hasonlít az előbbihez azzal a különbséggel, hogy itt rézfóliát préselünk fel úgy, hogy a huzalozás mélyebben fekszen, mint az eltávolítandó rész. Ennek megvalósításához domborító szerszámra van szükség. A fólia felesleges részeinek eltávolítása mechanikai közsörüléssel vagy homokfúvással történik. Csiszolás folyamán elkerülhetetlen, hogy a műanyag felső része meg ne sérüljön, ami azonban a jó minőségű papír- vagy textilbakelit esetén nedvességállóság szempontjából nem okozhat kellemetlenséget. Az így előállított huzalozásokkal a legszigorúbb követelmények is kielégíthetők.

4.5. Galván eljárás

Itt is fólirozatlan műanyag lemezekből indulunk ki, amelyeknek felületét feldörzsöljük, tisztítjuk majd kistancoljuk. Ezt követően egy vagy két oldalon ragasztóval fedjük és erre néhány mikron vastag ezüstreteget csapatunk ki. Utána rányomtatjuk a kapcsolási rajz negatívját, majd az így elkészített lemezeket galvánfürdőben 50—70 mikron vastagságig rézzel bevonjuk. Egy következő műveletben a védőfestékekkel kezelt helyeken a ragasztóanyagot az ezüstrrel és védőfestékekkel egyetemben eltávolítjuk, és a megmaradt huzalozást magasabb hőmérsékleten összekötjük az alaplemezzel. Ennek az eljárásnak az az előnye, hogy itt a lemezekben lévő furatok is fémmeel lesznek borítva, ami igen megkönnyíti a mártóforrasztásos rögzítést.

4.6. Égetési eljárás

Majdnem kizárólag kerámia szigetelő anyagok esetén alkalmazott felviteli módszer. Anyaga általában ezüst, esetleg ezüstoxid, amelyet lakk vagy szuszpenzió alakjában felviszünk és 500—700 °C-on égetünk ki. Műanyagokra is fejlesztettek ki megfelelő preparátumokat, amelyeknél a beégetést mechanikai tömörítéssel vagy hosszabb ideig tartó

alacsonyabb hőmérsékletű kezeléssel igyekeznek pótolni. Az így kapott kapcsolások vezetőképessége azonban messze elmarad a beégetettekkel. Egy másik, bizonyos mértékig rokon gyártási mód az ezüst préselési eljárás. Ennél tiszta ezüst port szórunk egyenletes vastagságban a szigetelő anyagra, amelyre azután egy megfelelően kialakított felfűtött bélyeggel rápréseljük a kívánt huzalozást és a felesleget leseperjük.

E két eljárással igen kiváló vezetőképességet tudunk létrehozni, azonban az így előállított huzalozás, összehasonlítva az elterjedtebb módszerekkel, igen drága. Éppen ezért, mint már említettük jelentősége főleg csak a nyomtatott alkatrészeknél, modulrendszereknél és katonai berendezésekben van.

5. Alkatrészek

A fenti eljárások szerint előállított huzalozásokat a szokásos, illetve nyomtatott alkatrészek beiktatásával egészítjük ki kész áramkörökké. A leggyakrabban előforduló alkatrészek számára különleges, a nyomtatott áramkör technikájához alkalmazható gyártási eljárásokat dolgoztak ki.

5.1. Tekercsek

Kis önindukciós tekercsek elvileg a huzalozással együtt egy munkamenetben nyomhatók, mivel ezek mindössze egy spirálisból állanak.

Természetesen az ilyen kétdimenziós tekercsek csak szűk keretek közt használhatók. Jobb térkihasználás céljából négyszögletesek is lehetnek a túlságosan nagy méretek elkerülése végett. Készítésük csak 0,1 mH induktivitásig lehetséges, ezért csak a méter- és deciméter hullámok területén használhatók. Mivel az ilyen tekercsek készítése nagyon pontos gyártási eljárást kíván, gyakorlatilag csak a fotomarási eljárás jön számításba. A huzalok szélessége 0,1 mm és ugyanannyi a huzalok közötti távolság is.

Bizonyos nehézségeket okoz a megfelelő jósági tényező elérése (100—150). Ilyen értékek elérésének előfeltétele, hogy ezüsttel galvanizált réz- vagy színezüst fóliát kell használni. A jósági tényezőt befolyásolják többek között a huzalok nem egészen éles szélein fellépő örvényáramok és határt szab a jósági foknak az a tény is, hogy a huzalok laposak, a tekercsek tengelyéhez és a mágnes térhez képest. A jósági fok növelése érdekében próbálták a lapos huzalokat valamilyen él mentén feldomborítani úgy, hogy az áramvonalak ne tömörüljenek össze a huzalmenetben, hanem ágazzanak jobban szét a sima felszínen. A 2. táblázat közöl néhány adatot a maratott tekercsek mechanikai és elektromos adatairól.

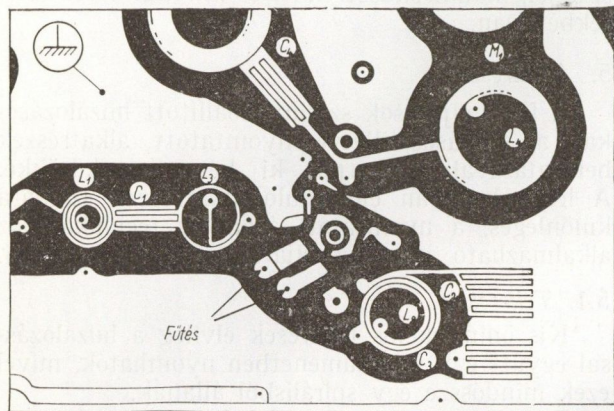
A tekercsek induktivitása bizonyos határok között utólag is hangolható rádiófrekvenciás vas-magokkal vagy csillapító lapokkal. Széleskörű alkalmazási lehetőséget nyújtanak maratott vagy stancolt tekercsek számára a táskarádiók, zsebrádiók vagy a TV vevők beépített antennái. A fotomarási eljárás és hajlékony szigetelőlap együttes alkalmazásával már hálózati transzformátorokhoz is készíthetnek nyomtatott tekercselést.

2. táblázat

Alaplap		Tek. ∅ mm	Huzal- szél, mm	Menet, m	Mérési fr. Mc/s	Indukt. μHy	Jósági tényező
anyag	minőség						
Fenol	2	22	0,0125	7,25	45	0,60	110
Fenol	3	22	0,05	9	45	1,25	30
Poly- etilén	—	22	0,025*	7,25	45	0,60	130
Fenol	1	12,5	0,025*	4	110	0,14	90
Fenol	1	9,5	0,025*	4	110	0,17	98
Poly- styrol	—	12,5	0,025**	4	110	0,10	115

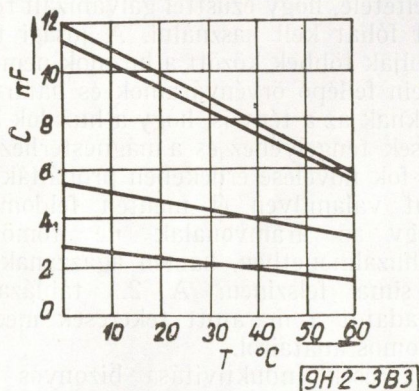
* felragasztva

** felragasztva és ezüstözve (0,0025)



2. ábra. Egy francia televízió készülék maratási eljárással készült tekercsei és kondenzátorai. (Radio und Fernsehen, 1957.)

Ez az eljárás alkalmas továbbá a laposernyőjű képcsövek különleges alakú eltérítő tekercseinek olcsó előállítására is. Az ilyen képcsövek eltérő tekercsei — amelyek fókuszálásánál különleges korrekcióra van szükség — a szokásos tekercselési módok mellett nagyon bonyolult gyártási műveletet kívánnak meg.



3. ábra. Nyomtatott áramköri kerámia kondenzátorok hőfokfüggősége. (Radio und Fernsehen, 1957.)

5.2. Kondenzátorok

Egy adott áramkör kondenzátorainak felszere lése két elvi lehetőség van:

1. A kondenzátor fegyverzeteknek a huzalozással együtt való nyomtatása.

2. A nyomtatott áramkörök részére tervezett speciális kondenzátorok utólagos beforrasztása.

A nyomtatási eljárásban a kondenzátor fegyverzetét az alaplap mindkét oldalára nyomják. A kapacitás értékét és a tűrést ezért a szigetelőlap vastagsága és a fegyverzetek nagysága együttesen határozzák meg. Az eljárás alkalmazási lehetőségeinek határt szab tehát a szigetelőlap minimális vastagsága és az áramkör mechanikai szilárdsága. A szigetelőanyag megválasztásánál pedig számításba kell vennünk az anyag dielektromos állandóját, termikus és elektromos tulajdonságait, amelyek a kész kondenzátorok minőségét befolyásolják. Természetesen az alkalmazott dielektrikum árát is tekintetbe kell vennünk, mert ez egyes esetekben az egész áramkör gyártási költségeit is meghaladhatja. Nagy előnye az eljárásnak, hogy a forrasztási művelet feleslegessé válik. Az ilyen kondenzátornak egyes esetekben jelentős tűrése van (10 000 pF-on felüli kapacitás értékeknél +80...–20%; 10 nF-ig pedig +50...–20%-ot tehet ki). Igen kis kapacitásértékek az alaplap egyik oldalára nyomott és egymásba kapcsolódó, de egymástól elszigetelt fésűmintával is előállíthatók. (2. ábra)

A nyomtatott áramkörökhöz különleges tárcsakondenzátorokat is készíthetünk vékony lapocskák formájában, amelyek az áramkörbe beforrasztathatók vagy beragasztathatók. A tárcsakondenzátorok számára — amelyek kerek, négyzet vagy négy-szögalakúak lehetnek — a következő méreteket és kapacitásértékeket adják meg:

12,7 mm², 2×0,05 mm vastagság kapacitásértéke 7 pF-tól 0,01 μF-ig; 75 mm², 2×0,025 mm vastagság kapacitásértéke 3–10 000 pF-ig. Az ilyen kondenzátorok elektromos tulajdonságai a felhasznált dielektrumtól függenek, így pl. a 3. ábrán látható görbe jelentős hőmérsékletfüggést mutat.

5.3. Ellenállások

Ellenállások készítésére eddig csak két olyan eljárás ismeretes, amely kiforrottnak mondható.

1. Az ellenállások a huzalozásnak erre a célra szabadon hagyott részébe közvetlenül benyomtatathatók.

2. Önrögzítő szalagellenállások, amelyek a huzalozásba beragasztathatók és hőkezelés által fixen rögzíthetők.

Mindkét lehetőség hátránya, hogy egyrészt nyomtatott ellenállásoknál nagy (+20%-ig terjedő) tűréssel kell számolnunk, másrészt ha az ellenállás nyomtatása nem sikerül vagy egy bizonyos megadott tűrést túllép, az egész áramkör használhatatlanná válik. A második eset különösen olyankor veszélyes, amikor egy kapcsolási egységhez több ellenállás is tartozik. A szalagellenállásoknál a szigetelőlemez hőellenállási képessége határozza meg az alkalmazás lehetőségét.

Nyomtatott ellenállások készítéséhez koloidgrafitnak vagy koromnak és grafitnak műgyantával és valamilyen oldószerrel alkotott folyékony keverékét használjuk, amelyet selyemszita nyomással viszünk fel a kívánt felületre. Az így előállított nyomtatott ellenállásokat ezután nagyobb hőmér-

sékleten megszáritjuk, mesterségesen öregítjük és a mechanikai sérülések, valamint a klimatikus behatások elleni védelem szempontjából lakkal bevonjuk.

A nyert ellenállások értékeit és elektromos tulajdonságait igen sok tényező befolyásolhatja. Így hatással van a kiválasztott műgyanta, a keverési arány, a töltőanyag, a szilárd alkatrészek szemcsenagysága, a rétegek száma, a keverék viszkozitása, selyemsablon hálózhatósága, a nyomási eljárás tökéletessége és gyorsasága, a geometriai méretek és a védőlakk megválasztása stb. Tekintettel arra, hogy ezek a tényezők részben az ellenállások reprodukálhatóságára is befolyást gyakorolnak, könnyen belátható, hogy az előbb említett tűrések szűkítése nem könnyű feladat. A különböző tényezőknek a nyomtatott ellenállásokra gyakorolt hatását több gyár behatóan tanulmányozta és méréseket végeztek a nyomtatott ellenállások ipari gyártásánál. A kapott eredményeket a 3. táblázat ismerteti.

3. táblázat

Réteg-szám	Ell. ért kOhm	A gyártott ellenállások %-os megoszlása			
		10%-os tűrés		20%-os tűrés	
		K*	m**	K*	m**
1	10	61	72	75	17
2	4,5	72	81	89	93
3	3	75	85	90	96
1	2000	51	64	72	83
2	850	70	77	81	88
3	580	70	79	84	91

* kézi sablon nyomás,

** mechanizált sablon nyomás.

A nyomással előállított ellenállások értéke 100 Ohm és 50 MOhm között változik. Különleges célokra, így terhelés esetén és rövid ideig tartó túlterheléskor a dm és cm technika számára sikellenállásokat is használunk. Ilyenkor nemesfém szuszpenziókat, elsősorban platinát vagy aranyat vagy ezek keverékét szórjuk fel úgy, hogy a réteg a lehető legegyszerűsebb legyen. Az említett anyagok használata által kis hőtényező adódik. A nem vezető alkatrészek, így például a hígítók az égetés folyamán elbomlanak, illetve elillannak.

6. Áramkörök előállítása

6.1. Szerelés

Az eddigiekből következik, hogy egy adott áramkört egyetlen munkamenetben előállítani nem lehet. Az előkészítő mellékműveletektől eltekintve két alapvető munkafázis van, amelyeknek a sorrendje a klasszikus eljárásokhoz viszonyítva éppen ellenértés.

1. Huzalozás előállítása

2. Alkatrészek beszerelése

A huzalozással kapcsolatos műveleteket a 4. fejezetben már részletesen tárgyaltuk. Most az alkatrészek beszerelésével, vagyis a nyomtatott áramkörök előállításával fogunk foglalkozni.

A működőképes áramkörre való kiegészítés az előbbieken leírt módon készült ellenállások és kondenzátorok benyomásával vagy beragasztásával,

illetve a hagyományos alkatrészek beépítésével történik. Egyelőre a legjobbnak mondható a megszokott alkatrészeket alkalmazó szerelés. Ezeket közvetlenül a huzalozásba forrasztjuk és ebből a célból megfelelő kivezetésekkel látjuk el. A nyomtatott áramkörök ilyen eljárás szerinti készítése külföldön nagyon elterjedt, mert ebből kiindulva már jelenleg is megtehető az első lépések a gyártás automatizálása felé.

A huzalozás megtervezésekor a kereszteződések lehetőség el kell kerülnünk. Ahol ez nem valószínűsíthető meg, ott áthidalásokat kell alkalmazni, amelyeket ugyanúgy helyezünk el, mint az alkatrészeket, bizonyos esetekben azonban ez magukkal az alkatrészekkel is megoldható.

Az alkatrészek behelyezése az áramkörbe történhet kézi vagy gépi módszerekkel. Egyszerűbb esetben kézi behelyezéssel is lényegesen rövidíthető egy adott áramkör elkészítésének ideje. Mivel a forrasztás zöme egyszerre végezhető el, sok munkakerő szabadítható fel és az alkatrészek behelyezése is lényegesen kevesebb munkást igényel. Az alkatrészek behelyezésének megkönnyítésére a maratott alaplemezekre egy munkamenetben sablonnal előre ráfesthetők az alkatrészek pozíciószámai, és így a műveletet betanított munkásokkal is végezhetjük.

Nagy tömegben gyártott berendezéseknél gazdaságos az alkatrész-behelyező gépek használata. Ezeknek számos fajtáját fejlesztették ki, a legegyszerűbbektől a teljesen automatizáltig. Egyszerűbb gépek alkalmazásakor — amikor részben kézzel, részben géppel történik a behelyezés — a felesleges vezetékek levágására és a vezetékek behajlítására mindig gazdaságos olyan egyszerű gépek használata, amelyeket maguk a vállalatok is elkészíthetnek. Ilyen gépekkel óránként 1500 db alkatrész behelyezése is lehetséges. Táplálásukhoz szükséges alkatrészeket patronszalaghoz hasonló csomagolásban adagoljuk. Az alkatrészek kivezetésének átfűzéséhez szükséges lyukakat — fejlettebb fokon-fúró vagy stancoló automatákkal állítjuk elő. Ezeket lyukkártyákkal vagy koordináló rendszerrel irányítjuk.

6.2. Mártóforrasztás

Mint már előzőleg említettük az elektromos alkatrészek forrasztásos rögzítése igen nehézkes és időtrábló művelet. Mindemellett sok hátrányos tulajdonsággal is rendelkezik. Így forrasztáskor a hőre érzékeny alkatrészek könnyen meghibásodhatnak, a zsúfoltság miatt hosszú huzalok szükségesek, amelyek könnyen zárlatot okozhatnak stb.

Kézenfekvő, hogy olyan megoldás, ahol az alkatrészek az egyik oldalra, kivezetéseik pedig a másik oldalra vannak csoportosítva és a forrasztás önfürdőben állandó hőmérsékleten és meghatározott ideig tart, lényegesen jobb és gazdaságosabb.

Maga a művelet úgy történik, hogy a kész áramkör lemezének forrasztandó oldalát bevonjuk fenyőgyanta lakkal, majd 220—240 °C-os 63/37%-os eutektikus ón-ólom ötvözetű forrasztófürdőbe 5—10 másodpercre bemártjuk. Az esetleges hólyagzárványok elkerülésére vagy a fürdőt, vagy pedig a lemezeket rezegtetni kell. Kiemelés után a felesleges ón-ólomot lerázzuk, és ezzel megkapjuk a

mártóforrasztott áramkört. Természetesen a forrasztófürdő nemcsak a forrasztandó helyeket fogja befedni, hanem az egész huzalozást is. Ez a tény drágítja az eljárást. Védekezni ellene csak úgy lehet, hogy a nem bevonandó részeket például ragasztópapírral beragasztjuk, ami azonban eléggé körülményes.

A mártóforrasztásnál még ma is megoldatlan a fürdő oxidálásának meggátolása. Ha ezt nem tesszük, akkor a keletkezett oxidhártya időnkénti lehúzásával igen komoly anyagvesztést okozunk. Megoldásul vagy inertgázban való forrasztás vagy pedig dezoxidáló sóoldatok alkalmazása kínálkozik.

7. Modul, illetve MDE—MPE rendszerek

A nyomtatott kapcsolások elterjedése kézenfekvővé teszi bizonyos alkatrészek, — pl. ellenállások és kondenzátorok — építő elemekké való egyesítését. Ilyen elemeket — amelyek „modul” elnevezés alatt váltak ismeretessé — több gyár állít elő kerámikus és műanyaglapokon emeletes formájú szerelésben.

A rendszer a készülékgyárak különböző kapcsolási formáihoz tud alkalmazkodni. Lényeges, hogy a gyártási eljárás minden kereskedelmi félgyártmánytól vagy alkatrésztől teljesen független legyen. Ezért kizárólag olyan nyersanyagokat használunk mind az egyes áramkörökhöz szükséges alaplapoknál, mind az alkatrészeknél (csövek kivételével), amelyekből ezek teljesen automatikusan előállíthatók, csatlakoztathatók és ellenőrizhetők.

Az MDE konstrukciós elv szabványosított kerámialapocskákon, az ún. „ostyákon” alapul. Ezeknek mérete: $22\text{ cm}^2 \times 1,6\text{ mm}$, és tetszés szerinti ellenállásokkal, kondenzátorokkal, indukciós tekercsekkel vagy nyomtatott huzalokkal lehet ellátni. 4—6 ilyen egymásra rakott lapocskára, amelyet 12 ónozott horonyba forrasztott vezeték köt elektromosan és mechanikusan össze, a tetején elhelyezett csőfoglalatral együtt egy modulnak nevezett építési egység. Az így előállított egyes fokozatok sorbakapcsolásával egy teljesen üzempépes készülék állítható elő (pl. hordozható táskarádiók vagy televízió részegységek stb.).

A lapocskákra a huzalozást selyemszita nyomással vagy fotomaratással állítjuk elő. Szereléskor egy osztályozógép automatikusan irányítja az alkatrészeket úgy, hogy a huzalozás megfelelő helyére kerüljenek. A gyártási folyamatban ezután a modul-lapok automatikus összerakása és az összekötő vezetékkel való összeforrasztása következik. Ezután az elektromosan nem szükséges vezetékeket a modul-lapok közül eltávolítjuk. Beépítés előtt minden alkatrészt a normával összehasonlítunk és megállapítjuk, hogy az előírt tűrésen belül vannak-e. Az ehhez szükséges mérések, valamint a kapcsolt lapocskák és modulok elektromos ellenőrzése a gyártási folyamaton belül lyukkártyákkal vezérelt mérő- és ellenőrzőgépek segítségével teljesen automatikusan történik.

Ez a rendszer a komplikált elektronikus berendezések készítésére eddig alkalmazott módszerekkel szemben rendkívül alkalmazkodóképes és alkalmazásával a gyártás áttállításakor 75%-ig terjedő időmegtakarítás érhető el.

8. Példák a nyomtatott áramkörök alkalmazására

A különböző kikészítési eljárások folyamán megemlítettük a nyomtatott áramkörök néhány ipari alkalmazását. Itt csak rövid összefoglalást adunk azokról a gyártmányokról, amelyek a külföldi kereskedelmi forgalomban kaphatók és jó áttekintést adnak ennek a technikának sokoldalú felhasználási lehetőségeiről.

A nyomtatott áramkörök alkalmazása a kisfrekvenciástól a nagyfrekvenciás technikáig terjed és az elektronika újabb és újabb területeit hódítja meg.

Érdekes az a néhány adat, amit az 1956-ban az USA-ban előállított nyomtatott áramkörökről ismerünk.

1956-ban az összszükséglet $603,050\text{ m}^2$ volt, szemben az 1955. évi $510,950\text{ m}^2$ -el. Az 1956-ban előállított nyomtatott áramkörökből $371,000\text{ m}^2$ készült maratási eljárással. Készülékek szerint következő a megoszlás: $139,350\text{ m}^2$ -t használtak rádióvevőkhöz, $278,700\text{ m}^2$ -t televízió vevőkhöz, $185,000\text{ m}^2$ -t egyéb készülékekhez. A fenti adatok azt bizonyítják, hogy a nyomtatott áramkörök technikája megérdemli a szakemberek figyelmét és nagyobb rokonszenvét.

Lássunk néhány általánosan elterjedt felhasználási területet: tekercsek TV készülékek KF szűrőjéhez, frekvencia tartomány $41,75\text{ Mc/sec}$ -től $75,85\text{ Mc/sec}$ -ig, négyszögletes tekercselés $0,025\text{ mm}$ menet-távolsággal, rézfóliából, fotomaratási eljárással. Beépített antennák TV készülékekhez, stancolási eljárással, fémmel bevont kartonból. Hajlékony Kel-F anyagra maratási eljárással készített többszörös vezetékek automata központokban és kábelkötegek stancolási eljárással készülékekben. Ismeretesebb rádiókészülékek, zseb-, táska- és asztali-kivitelben, amelyek a bemenő körtől a végfokozatig nyomtatott huzalozással készülnek.

Ezek csak kiragadott jellemző példák voltak, de a nyomtatott áramköröket a gyengeáramú elektrotechnika egész területére ki lehet majd terjeszteni, mert a fejlődés iránya ezt mutatja.

Mindent összegezve, célunk csak annyi volt, hogy ennek az új technológiának a szakemberek körében igyekezzünk minél több barátot szerezni, hogy 1959-ben egyes új gyártmányainkat már ezzel a technológiával sorozatban gyárthassuk.

IRODALOM

1. Wirardy in Circuitry, Modern Plastics. (April 1954.)
2. Robert L. Swiggett: How Etched Circuits are Made, Modern Plastics (April 1954.)
3. University Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania January 20 and 21, 1955. Proceedings of the symposium on printed circuits.
4. Copper-clad phenolic ;(paper laminates for printed circuits British Plastics (January 1956).
5. Johann—Georg Helmbold, Hermann Hübner: Eine Neukonstruktion für die Tauchlötfertigung, Funkschau 28 (1956) Nr. 13.
5. Flexible gedruckte Schaltungen, Funkschau 28 (1956) Nr. 21.
7. J. Krämer: Gedruckte Schaltungen nach dem Ätzverfahren, Funk-Technik 11 (1956) Nr. 22.
8. Guntram Seidel: Die Technik der gedruckten Schaltungen, Radio und Fernsehen 11. (Juni 1957).

Tranzisztorok fizikája

Dr. BÁN TAMÁS

A tranzisztorok alapanyagai félvezetők. A félvezetők legáltalánosabban gyémánt rácscserekes szilárd testek. Rácscserekesükben lévő elektronjaik különböző energia szinteken vannak. Energia sáv szerkezetükben a tilos sáv szélessége 1 eV nagyságrendű. A vezetés mechanizmusát feleslegelektronok, ill. lyukak látják el, melyek a tökéletes kristály rácscserekesbe beépülő hibahelyeken keletkeznek. A hibahelyek rekombinációs centrumokat alkothatnak. Keletkezésük oka: külső energia, mechanikai hatás, továbbá a kristály rácscserekesbe beépülő idegen szennyező atom. A periodikus rendszer V. oszlopából beépülő szennyező atomok n típusú, a III. oszlopából beépülő pedig p típusú félvezető anyagot alakítanak ki. Az n típusú félvezetőkben a töltéshordozók túlnyomó többségben elektronok, míg a p típusú félvezetőkben lyukak.

Bevezetés

A tranzisztorok felhasználásának nem az elektroncsövek helyettesítése az elsődleges területe, mégis jellemző az Electronics Business Editionál júniusi számában megjelent közlemény, mely szerint USA-ban 1958-ban már nem gyártanak tranzisztor felhasználása nélkül új rádióvevő készülék típust. Ezen új kapcsolástechnikai építőelem alkalmazása a híradástechnikában további lehetőségeket nyit meg a tervezés előtt. A gyakorlati működtetés alapja a tranzisztor fizikai működésén nyugszik.

A tranzisztorok félvezető anyagokból épülnek fel. Ma már több ezer azon könyveknek, cikkeknek a száma, amely a félvezetők elméletével foglalkozik. Az alapot W. Shockley: Elektronok és lyukak félvezetőkben (Elektrons and Holes in Semiconductors) című, 1950-ben megjelent könyve képezi.* Bár nyelvünkön már több erre vonatkozó egyetemi, mérnöktovábbképző intézeti jegyzet (Antal J., Bodó Z., Hoffmann T., Klacsmányi Á., Szép I., Szigeti Gy. és fordítás (J. Dosse és J. B. Pumper) jelent meg, szakkifejezéseink nem egységesek, ezért egyes meghatározásokat nem magyarosítottunk, több mögött pedig zárójelben feltüntetjük a külföldi szakirodalomban meghonosodott angol kifejezést.

A félvezetők viselkedése tökéletesen csak kvantummechanikai úton magyarázható. A szemléletes kép érdekében inkább kvalitatív, mint szabatos összefoglalásra törekedtünk, s ezért a jelenségek kvantumfizikai leírását mellőztük.

Elsősorban a félvezetők elektromos vezetési mechanizmusát, az egyenirányítást és az ún. tranzisztorhatást vizsgáljuk.

Félvezetők elektromos vezetése

Félvezetők alatt — lényegileg — a szilárd testek azon csoportját értjük, amelyek elektromos vezetés szempontjából a szigetelők és a vezetők közé tartoznak, tehát vezetőképességük $10^{-8} \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ és $10^3 \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ között van, hőfok tényezőjük negatív és az elektromos vezetés mechanizmusát elektronok (illetőleg lyukak) látják el.

* Fordítása rövidesen megjelenik.

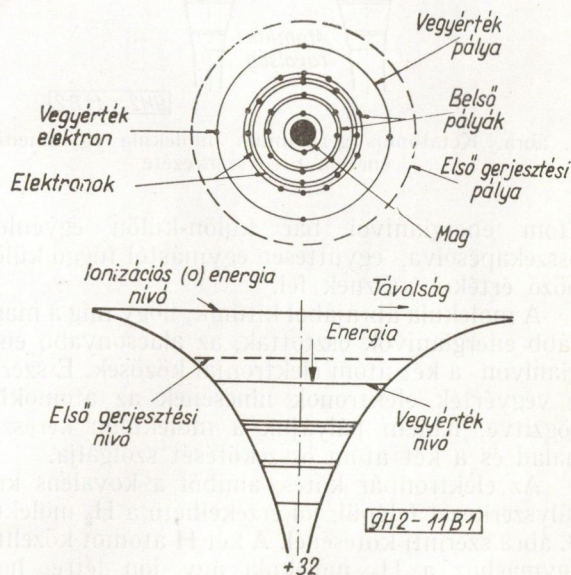
A vezetés mechanizmusának tisztázása érdekében vizsgáljuk meg az egyik legjellemzőbb félvezető anyag, a germánium-kristály felépítését.

A teljesség kedvéért legyen kiindulásunk alapja az atom általánosan ismert modellje. Egy atom esetén a pozitív töltésű atom-magot a naprendszer bolygóihoz hasonló pályákon mozgó elektronok veszik körül, ezek töltése megegyezik a magtöltésével. Az egyes elektron pályáknak meghatározott diszkrét (bármely más legközelebbi pálya energia értékétől véges meghatározott energia mennyiséggel különböző értékű) energia érték felel meg, amely az atom összenergia értékével van kapcsolatban.

Az energiaskálát úgy választjuk meg, hogy a maghoz képest végtelen távolságra lévő elektron esetén a rendszer összenergiaja 0 legyen.

Az elektron negatív töltése következtében az atom helyzeti energiája negatív lesz, ha az elektront a végtelenből a mag felé visszük. Másként kifejezve, ha az elektront a mag közeléből kívánjuk eltávolítani — külső munkát kell végezni, kívülről kell energiát behoznunk. A mozgási energia viszont mindig pozitív. Ionizációs energiának nevezve az elektronnak az atom közelében lévő pályájáról való leszakításához és a végtelenbe való eltávolításához szükséges energiát, az atom összenergiaja csökken, ha az elektron ionizált helyzetéből eredeti kötési állapotába tér vissza.

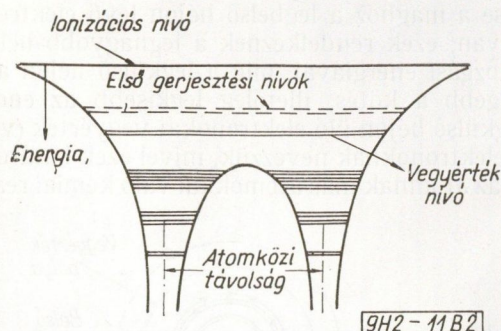
Az egyes elektronpályák rétegesen elektron héjakat alkotva helyezkednek el. A legerősebb kötése a maghoz a legbelső héjon lévő elektronoknak van, ezek rendelkeznek a legnagyobb helyzeti és mozgási energiával, míg a legkülső héjon a leggyengébb a kötés, illetőleg legkisebb az energia. A legkülső héjon ülő elektronokat vegyérték (valencia) elektronoknak nevezzük, mivel ezek határozzák meg az atomnak más atomokkal való kémiai reakció



1. ábra Germánium atom modell és energia nívó szerkezet

képességét, ún. vegyértékét. Egyben e vegyérték elektronok válhatnak az ionizációs energia hatására legkönnyebben töltéshordozókká. Mengyelejev periodikus rendszerének oszlopaiban az azonos vegyérték-elektronszámú elemek vannak. Az 1. ábra a germániumatom modelljét és energia szerkezetét ábrázolja. Az első elektronehéjon 2, a másodikon 8, a harmadikon 18, a negyediken 4 elektron ül. Az energia szerkezet függőleges koordinátája a különböző elektron pályák átmérőjének megfelelő energianívókat jelenti, a vízszintes koordináta pedig az elektronoknak a magtól való távolságát. Amint látható, nem minden energia állapot lehetséges, de nem is minden megengedett állapot van szükség szerint betöltve. A rendszer alapállapotban a legkisebb összenergiájú helyzetet foglalja el, ezért az elektronok a legmélyebb energiájú pályákra igyekeznek ülni, a magasabbat üresen hagyva. Pauli által felismert természeti törvényszerűség következtében azonban egy rendszeren belül egyazon állapotban legfeljebb két elektron tartozkodhat. A vegyérték elektronok által elfoglalt energia nívót alpnívónak, a vegyérték elektron feletti megengedett, de normális körülmények között betöltetlen energiájú nívót gerjesztési nívónak nevezzük. Rövid időre a gerjesztési nívó is tartalmazhat elektront, ha az alatta vagy akár néha még mélyebben fekvő nívóból a hőmozgásból vagy fénytől, vagy valamilyen bombázó részecskéből nyert energia abszorpció az elektront kiveri.

Az elektronokat nem lehet egymástól függetlenül vizsgálni. Ha két germánium atomot gondolatban oly módon kapcsolunk össze egy molekulává, hogy egymáshoz közelítjük őket, a 2. ábrának megfelelő energiadiagramot nyerjük. Az egyes



2. ábra. Kétatomos germánium molekula egydimenziós energia nívó szerkezete

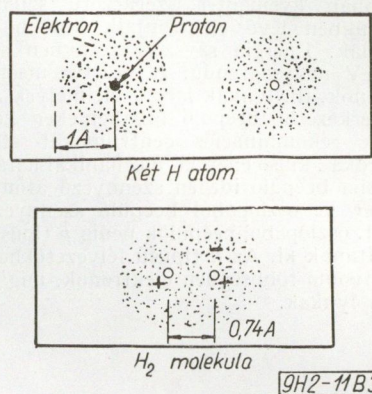
atom energianívói bár külön-külön egyenlőek összekapcsolva, együttesen egymástól függő különböző értéket vesznek fel.

A molekula ábrájából kitűnik, hogy míg a magasabb energianívók osztottak, az alacsonyabb energianívón a két atom elektronjai közösek. E szerint a vegyérték elektronok nincsenek az atomokhoz rögzítve, hanem pályájuk a molekulán keresztül halad és a két atom összekötését szolgálja.

Az elektronpár kötés, amiből a kovalens kristályszerkezet felépül, jól érzékelhető a H_2 molekula 3. ábra szerinti kötésénél. A két H atomot közelítve egymáshoz a H_2 molekula úgy jön létre, hogy elektronjai főképp a két atommag között tartózkod-

nak. Ezáltal egyrészt a két atom-magot összetartják, másrészt maguk az elektronok is kötött állapotba kerülnek

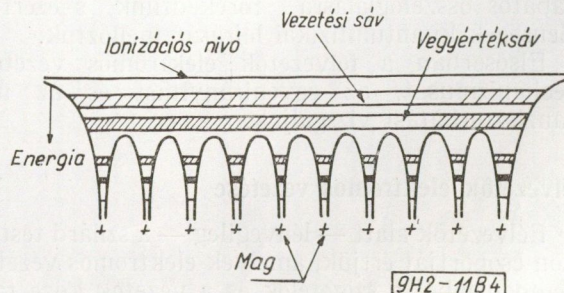
A legegyszerűbb kristályos szerkezetű szilárd testet úgy nyerjük, hogy a nagyszámú azonos atomot hozunk egymás közelébe. Az előbbieket alap-



3. ábra. H_2 molekula kötése

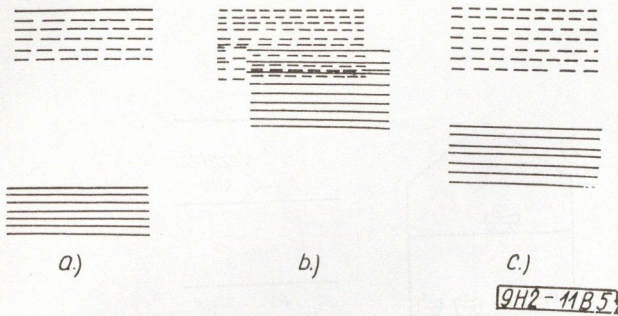
ján az egymással kapcsolódó atomok azonos héjain lévő elektronok energia-állapotainak bár kismértékben, de különbözniök kell egymástól. Ezek az energianívók tehát sávokká szélesednek. Minden sávban a kristályban lévő atomok számának megfelelő energianívó van. A 4. ábrán látható, hogy az alapsáv, a vegyérték kötési (valencia)sáv az egész kristályra kiterjed. A fölötte fekvő sáv a legalacsonyabb gerjesztett állapotú nívónál kezdődik és a vezetési (kondukciós) sávot alkotja. Az alapsáv és vezetési sáv között van az ún. tilos sáv; — itt az elektronok számára nincs energiaérték. Ha az alapsáv teljesen be van töltve elektronokkal és közvetlen közelében nincs valamilyen megengedett üres energianívó, az alapsávban lévő elektronok csak elég nagy külső energia bevezetése esetén tudnak magasabb energia-állapotba jutni. Így, habár az alapsávban az elektronok szabadon mozoghatnak a kristályban, külső tér hatására nem tudnak felgyorsulni — azaz nem keletkezik elektromos áram. Ily módon viselkednek a szigetelő anyagok. A tilos sáv magassága szigetelő anyagnál pár eV nagyságrendű.*

Félvezetőknel a tilos sáv szélessége 1 eV nagyságrendű. Az 5. ábrán a „tisztá” szigetelő, a



4. ábra. Germánium kristály egydimenziós energia sáv szerkezete

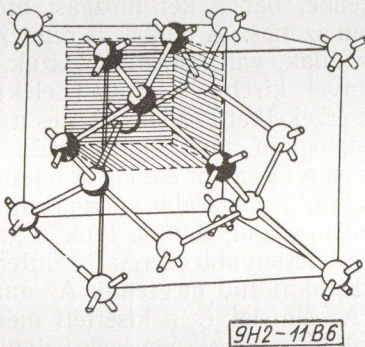
* Egy elektronvolt $eV = 1,6 \times 10^{-12}$ erg, az az energia, melyre az elektron 1 V gyorsító téren áthaladva tesz szert.



5. ábra. a) szigetelők ; b) fémek ; c) félvezetők egydimenziós sáv szerkezete

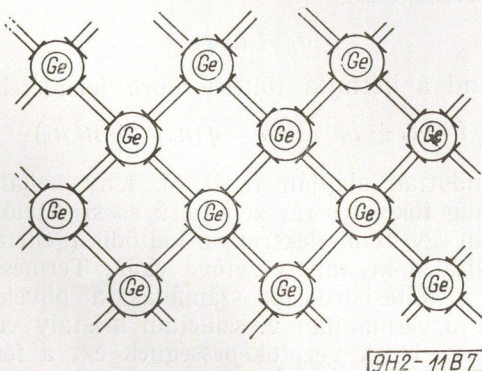
fémes vezető, és félvezető elektronjainak egydimenziós sáv szerkezete látható. A vonalak az egyes megengedett energianívóknak felelnek meg.

Félvezető kristályok leggyakrabban a periodikus rendszer IV-ik oszlopában lévő elemekből alakulnak ki. Ezek az elemek a szén, szilícium, germánium, ón és ólom. Közülük elsősorban a germánium és szilícium alkot legkönnyebben kovalens kötésű kristályokat. Amint a germániumnál láttuk, a kristály a vegyérték elektronok kovalens kötése



6. ábra. Térbeli gyémántszerkezet modell

útján jön létre. Minden atomot négy másik atom vesz körül. A kovalens kötés elektron páriaihoz 1—1 elektront a közepső, a másikat pedig a szomszédos atom adja. Ily módon alakul ki a 6. ábrán látható térbeli gyémántszerkezet. Az atomoknak a gömbök felelnek meg, míg a gömböket összekötő pálcák az elektronpárt jelentik. Világosan szem-



7. ábra. Tiszta germániumkristály kétdimenziós szerkezeti modellje abszolút zérus fokon

lélhető e felépítés, ha modellünket kétdimenziósra egyszerűsítjük le. A 7. ábrán a germániumkristály két dimenziós modelljében a vegyérték elektronokat a külső körön elhelyezett vonal darabkák jelentik. A sáv szerkezetről mondottak alapján, az ilyen kötésű kristály — melyben az atom elrendezés teljes, és a vegyérték elektronok kovalens kötést képeznek —, szigetelő kellene legyen. Ennek ellenére már szobahőmérsékleten mutatkozik bizonyos áramvezetés. Ez csak úgy lehetséges, hogy a kristályszerkezetbe valamilyen hibahely épül be, ami megbontja az elektronok teljesen zárt rendszerét. A hibahely előállításának legegyszerűbb módszere, ha a kristályrendszerbe elegendő nagyságú külső energiamennyiséget viszunk be, pl. fényenergiaként foton abszorpció formájában. Ha a fotonnak elegendő energiája van, le tud szakítani egy elektront a kovalens elektron pár kötéséről. Ez az elektron leszakadván, a kristályszerkezet egy másik részére juthat el. Ebben az új környezetben az elektron felesleget képez, mivel ahelyütt a vegyérték kötés zárt s így nem tud beépülni a szerkezetbe. Ezért felesleg (excess-vagy többlet) elektronnak nevezzük. Azon a helyen, ahonnan a foton kiütötte, egy hiányos kovalens-kötés, a lyuk (hole) marad vissza. Természetesen a lyuk környezetében egy pozitív töltés marad — mivel a semleges kristályból egy negatív töltés került el. Az energia-helyzetet a 8. ábrán Shockley által ábrázolt gépkocsikból jelölve láthatjuk, hogy a töltéshordozót jelképező gépkocsi magasabb energiaállapotba kerülve többlet-elektronként viselkedik, míg az alacsonyabb energia-állapotban helye üresen maradt. A szerkezeti képen a felesleg-elektron jelölésére — jelet, a lyuk jelölésére + jelet alkalmazunk. A felesleg-elektronok 1 cm^3 -re jutó számát, felesleg elektron-sűrűséget n_e -vel, a lyuksűrűséget n_h -val jelöljük.

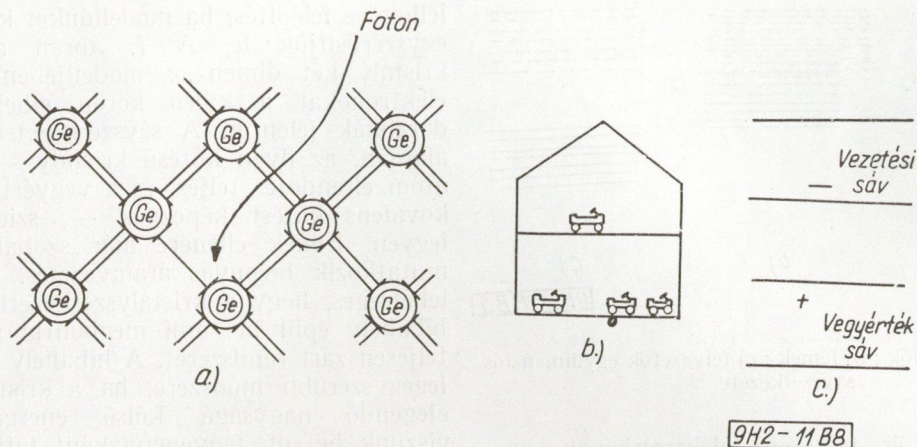
A gyakorlatban a hibahelyek keletkezésének legtermészetesebb módja a hőenergia következtében állandóan képződő felesleg-elektronok csoportja.

A felesleg-elektronok a gázkisülésekben lévő elektronokhoz hasonlóan viselkednek, a kristályban rendezetlen mozgással haladnak, átlagos szabad úthosszal rendelkeznek. Ha az elektronok szobahőmérsékleten szabadulnak ki a vegyérték kötésből, a rendezetlen hőmozgás következtében szerte-szét szóródnak a kristályban. Ezt a jelenséget nevezzük diffúzióknak.

A kristályra elektromos teret kapcsolva, az elektronok mozgása a tér irányában rendeződik. Az elektronok haladása (Drift) áramot jelent. A haladási sebesség (Drift velocity) az elektromos térrel arányos.

$$\bar{v}_e = \mu_e \bar{E} \quad (1)$$

ahol $\bar{v}_e$ az elektronok közepes sebessége; $\bar{E}$ az alkalmazott elektromos térerősség; és μ_e arányossági tényező — mely az elektron haladására jellemző — elektronok mozgékonyasága (mobility). Tiszta elektron vezetés esetén ugyanis $\bar{i}$ áramsűrűség csak a töltéshordozó elektronok n_e sűrűségével, az egyes elektronok q elemi töltésével és az elektronok közepes sebességével arányos:



8. ábra. Foton abszorpció következtében előállított lyukelektron pár. a) szerkezeti ; b) mozgás-energiái képe ; c) egydimenziós sáv szerkezete

$$\bar{i} = n_e q \bar{v}_e \quad (2)$$

E elektromos tér bekapcsolásakor minden m_e effektív elektronra

$$p = m_e \bar{a} = q \bar{E} \quad (3)$$

erő hat, melynek hatására gyorsulásuk

$$\bar{a} = \frac{q}{m} \bar{E} \quad (4)$$

Tételezzük fel, hogy az elektronok csak t ideig tudnak gyorsulni, mert t idő elteltével ütköznek, és elvesztik a téből nyert többletsebességüket. Ekkor a $\bar{v}_e$ közepes többletsebesség

$$\bar{v}_e = \frac{\bar{a}t}{2} = \bar{E} \frac{q}{2m_e} t \quad (5)$$

a (2) egyenlet alapján

$$\bar{i}_e = n_e q \frac{q t}{2m_e} \bar{E} \quad (6)$$

a τ közepes ütközési idő a statisztikus eloszlásból pontos közepeléssel számítva a t ütközési időnek épp a kétszerese : $t = 2\tau$

így
$$i_e = n_e q \frac{q \tau}{m_e} \bar{E} \quad \text{ami} \quad (7)$$

$i = \sigma_e \bar{E}$ alakban tökéletesen megfelel az Ohm törvénynek, ha az elektromos tér nem túl nagy. Ebből σ_e vezetőképesség :

$$\sigma_e = n_e q \frac{q \tau}{m_e} = n_e q \mu_e \quad (8)$$

feltéve, hogy $\mu_e = \frac{q \tau}{m_e}$. (9)

Ebből látható, hogy a vezetőképesség az elektronok számától és mozgékonyaságától függ. A mozgékonyaság pedig az (1) vagy (9) egyenlet alapján $\frac{m/\text{sec}}{V/m}$ dimenziójú és azt a sebességet jelenti, melyre

a töltéshordozók egységnyi (1 V/m) térerősségű elektromos térben tesznek szert.

Szokásos mozgékonyaság értékek szobahőmérsékleten : germániumban $0,38 \text{ m/sec/V/m} = 3800 \text{ cm}^2/\text{V sec}$, szilíciumban $1750 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$.

A lyukak viselkedése lényegileg hasonló az elektronokéhoz, bár a két mozgási mechanizmus nem teljesen azonos. A lyukak is rendezetlen mozgással mozognak, van szabadúthosszuk, ami azonban valamivel kisebb a szabad elektronokénál. A 8. ábrán érzékelhető az elektron és a lyuk mozgásának analógiája, autók közlekedési lehetőségeként kis és nagyforgalom esetén. A felesleg-elektron a „kisforgalmú”, magasabb energia szintén szabadban tud mozogni, mint a lyuk a „sűrű forgalomban” az alacsonyabb energia—szinten, ahol csak rövid szakaszokat tud megtenni. Az analógia nem tökéletes. Az elmélet és a kísérleti mérések alapján a lyukak mozgékonyasága csak valamivel kisebb az elektronokénál ; szobahőmérsékleten általában germániumban $1800 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$, szilíciumban $400 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$.

A vezetési kép a lyukaknál hasonló az elektronokéhoz, így tiszta lyukvezetés esetén $\bar{i}_h$ áram-sűrűség csak a lyukak n_h sűrűségétől a q töltéstől és v_h közepes sebességtől függ.

$$\bar{i}_h = n_h q \bar{v}_h \quad (10)$$

A vezetőképesség

$$\sigma_h = n_h q \mu_h \quad (11)$$

Mind a kétfajta töltéshordozó jelenlétében

$$i = i_e + i_h \quad \sigma = q (n_e \mu_e + n_h \mu_h) \quad (12)$$

a mondottak alapján tehát pl. fény behatására az eddig tökéletes rács szerkezetű és szigetelő kristályban egy lyuk-elektronpár keletkezik (generation) és ezáltal a kristály vezetővé válik. Természetes, hogy a töltéshordozók számának a növelésével megnő a germánium v. szilícium kristály vezetőképessége is. A vezetőképességnek ezt a fényhatásra bekövetkező növekedést nevezzük foto-konduktivitásnak. A fény megszüntetésével újabb lyuk-elektronpár nem képződik.

A fény által keltett lyuk-elektronpárok pedig újra egyesülnek (recombination) azaz az elektron beleesik egy lyukba és erre helyreáll a normál elektronpár kötés. A fotonaktivitás ennek megfelelően csökken. A fény kioltása után a megnövelt vezetőképesség lassan eredeti értékére esik vissza, mivel a lyukak és elektronok sűrűségét egyensúlyi helyzetben a tömeghatás törvénye kormányozza.

Kémiai reakcióknál — a víz $\bar{H}$ és OH ionokra való szétválásztásánál — a tömeghatás törvénye azt eredményezi, hogy egy adott hőmérsékleten a hidrogén és hidroxid ionok szorzata állandó. Félvezetőknl az elektron sűrűség és lyuksűrűség szorzata egy — a hőmérséklettől függő — állandóval egyenlő:

$$n_e n_h = 10^{-38} e^{-\frac{W}{kT}} \quad (13)$$

E kifejezés jobboldalán az exponenciális tényező — mely a Boltzmann tényező elnevezéssel ismeretes — a kitevőt két energia viszonya adja. A kitevő számlálóját az a W energia képezi, mely egy lyuk-elektronpár előállításához szükséges; vagyis ez az a minimális energia, mely a rács kötésbe beépült elektront az alapsávból a vezetési sávba képes juttatni. A hőenergiával arányos kT nevezőben k a Boltzmann állandó $= 1,38 \cdot 10^{-23}$ Joule/ T ; T az abszolút hőfok.

Látható, hogy alacsony hőmérséklet esetén a kitevő nagy negatív szám, azaz a $n_e n_h$ szorzat kicsi. Magas hőmérséklet esetén az exponenciális tényező 1-hez tart. Szobahőmérsékleten a kT szorzat kb. 0,025 eV; a Boltzmann tényezőben W -t is eV-ben vagy ahogy szokásos közvetlenül V feszültségben kifejezve $\exp(W/0,025) = \exp(40 V)$.

Miután W értéke megközelítőleg germániumra nézve 0,7 eV és szilíciumra 1,1 eV szobahőmérsékleten;

germániumnál:

$$n_e n_h = 10^{38} \cdot 10^{-12} = 10^{26} \quad (14)$$

Szilíciumnál pedig:

$$n_e n_h = 10^{38} \cdot 10^{-19} = 10^{19} \quad (15)$$

Tiszta germánium minta esetén az elektronok és lyukak sűrűségének egyenlőnek kell lenni. Ellenkező esetben ugyanis a töltések kiegyenlítettensége — már elég kis százaléku különbségek esetén is — hatalmas elektromos teret létesít, amely azonnal áramlást és neutralizálást kíván létrehozni. Következésképp, ha $n_e = n_h$; azt találjuk, hogy szobahőmérsékleten az elektronok, illetve lyukak száma germániumban cm^3 -ként kb. 10^{13} , míg szilíciumban kb. 10^9 . Így a tiszta szilíciumban kb. 3000-szer kevesebb töltéshordozó van azonos hőmérsékleten, ezért kisebb a vezetőképessége; vagy megfordítva, ahhoz, hogy azonos számú töltéshordozó legyen jelen a tiszta szilíciumban, mint a germániumban, a szilícium abszolút hőmérséklete 1,1 : 0,7 arányban magasabb lehet a germániumnál. Gyakorlatilag innen adódik a szilícium egyenirányítók és tranzisztorok — különösen magasabb hőmérsékleti tartományokban — észlelt előnye, melyet

csak a tiszta szilícium-kristály előállításának nehézsége és drágasága ellensúlyoz.

A lyukak és elektronok termikus egyensúlyi koncentrációjából nyert vezetőképessége adott hőmérsékleten belső tulajdonsága a kristálynak, ezért saját (intrinsic) vezetésnek nevezzük. A fény által gerjesztett töltéshordozók szétdiffundálva a kristályban ezt a vezetőképességet növelik meg. Kioltva a fényt, a töltéshordozó sűrűség közelítőleg exponenciálisan a hőegyensúlyi értékre csökken le. A rendezetlen hőmozgás következtében az egyes elektronok, illetőleg lyukak még el tudnak diffundálni bizonyos távolságra. E távolságok középértéke a közepesen megtett L út függ az ún. D diffúziós állandótól és τ élettartamtól, azaz lyukakra

$$L_h = \sqrt{D_h \tau_h} \quad \text{ill. elektronokra} \quad (16)$$

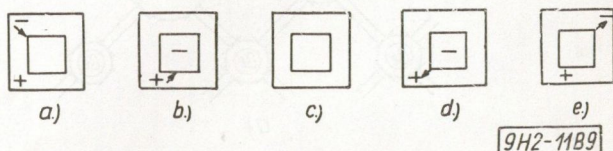
$$L_e = \sqrt{D_e \tau_e} \quad (17)$$

D diffúziós állandó a μ mozgékonyssággal függ össze, úgyhogy $D = \frac{\mu \cdot kT}{e}$. Szobahőmérsékleten

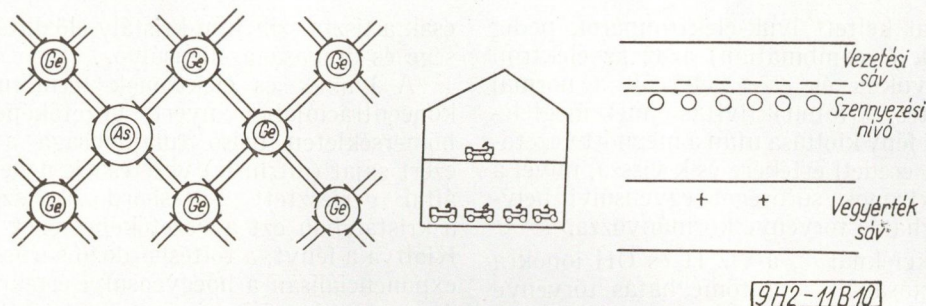
a D/μ arány megközelítőleg mindig 25 mV. Így az elektronok diffúziós állandója szilíciumban 30 cm^2/sec , germániumban 100 cm^2/sec ; a lyukak diffúziós állandója szilíciumban 13 cm^2/sec , germániumban pedig 44 cm^2/sec . A diffúziós állandó és a mozgékonyosság viszonyában jelentős szerepe van a 25 mV-os értéknek. E szerint az elektron, amely átlagosan rendezetlen hőmozgással mozog, — olyan hőenergiával rendelkezik, melyhez 25 mV elektromos potenciál tartozik. Az elektronok tehát 25 mV-os potenciállal legyőzésére képesek.

A (16) és (17) egyenletben szereplő élettartam az elektronok, illetve lyukak generálódása és rekombinációja között eltelt közepes idő. Az élettartam nem belső tulajdonsága a félvezető alapanyagának, hanem az előállított kristály kristályrácsnak tökéletlenségétől nagymértékben függő jellemző. Ezek a rácshibák származhatnak mechanikai okokból (diszlokációk), de legjelentősebb forrásuk a germániumba vagy szilíciumba kémiai úton beépülő idegen atom. A rácshibák egy része katalizátorként hat, résztvehet az elektronok és lyukak rekombinációjában, nagyban meggyorsítva a rekombinációt. A kristályba kerülő szennyezős (impurity) nikkell és rézatom esetében igen aktív módon alakít ki katalizátorként ható rekombinációs központot (deathnium). A deathnium nevet épp e helynek a fotokonduktivitás élettartamát korlátozó szerepe miatt kapta.

A katalizátorszerű működés sematikusan látható a 9. ábrán. Képezze a rekombinációs centrumot egy semleges nikkell atom. A kristályon végig-



9. ábra Rekombinációs centrum katalizátor szerepe a rekombinációban. [a)–c)]; és a lyukelektronpár keletkezésében [c)–e)]



10. ábra. n-típusú (arzénnel szennyezett) germánium kristály; a) szerkezeti, b) mozgás-energiái képe, c) sávszerkezete (a körökben + jel értendő)

vándorló felesleg elektronok közül egy a centrum közelébe jut és fennakad rajta. A nikkel atom a felesleg elektron miatt negatívvá válik. Ez szinte csalogató csapdát (trap) jelent a lyuk számára. Ha a lyuk a kristályban mozogva ilyen rekombinációs centrum közelébe jut, az elektron a centrumból a lyukba ugorhat. Így szabályos kovalens kötés keletkezik, az elektron és a lyuk töltéshordozó szerepe megszűnik. A nikkel atom elveszti negatív töltését, visszatér eredeti semleges állapotába és így alkalmas újabb elektron-lyukpár rekombinálására. A lyuk elektron rekombináció statisztikájának tanulmányozása során azt találták, hogy a rekombinációs centrum az elektronnál 40-szer nagyobb valószínűséggel fogad be lyukat. Következésképp a rekombinációs centrum inkább negatív, vagy semleges töltésű, mint pozitív. A rekombinációs centrumok jelenléte kísérleti úton, a kisebbségi töltéshordozók élettartammérésével igazolható volt. A kristály nikkellel való szennyezése következtében az élettartam több mint ezred részre csökkent. A mért élettartamok $0,1 \mu\text{sec}$ és néhány millisek között voltak.

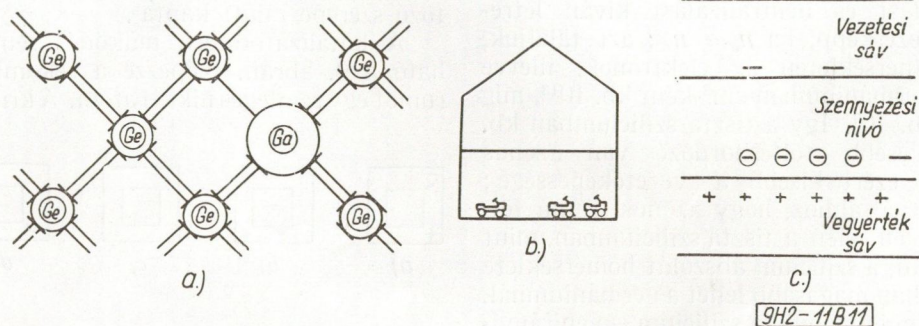
A centrumban azonban fordítva is lejátszódhat rekombinációs folyamat. A 9/d ábrán a nikkel atom a szomszédos elektron-pár kötésből fog be egy elektront és így egy lyukat hoz létre. A szükséges energiát a kristályban jelenlévő hőenergia szolgáltatja. A lyuk a kristály egy másik helyére diffundál el a hőmozgás következtében. Az elektron pedig később elhagyja a centrumot, mely ismét alkalmassá válik újabb lyuk-elektronpár előállítására, vagy rekombinálására. Hőegyensúly esetén a rekombinációs centrumok ugyanolyan mértékben generálnak lyuk-elektronpárokat, mint ahogy elősegítik rekombinációjukat.

A tranzisztorok működésénél a főszerepet nem a rekombinációs centrumot alkotó kémiai szennyezések játszzák. Ezek ugyanis általában kis számban vannak jelen a megfelelő kristályban, így töltéssűrűségük elhanyagolható. A döntő főszerep azoké a kémiai szennyezéseké, melyek a szennyezési (extrinsic) vezetést hozzák létre. A szennyezési vezetést elsősorban nem a hőmérséklettől függ, hanem a kémiai szennyezés típusától és mennyiségétől. Két elemcsoportot kell kiemelni; egyrészt az elemek periodikus rendszerének V. oszlopába, másrészt a III. oszlopba tartozó elemeket.

Vizsgáljuk meg először a periódikus rendszer V. oszlopából származó szennyezés szerepét. Ezeknek az elemeknek öt vegyérték elektronja van. Ilyen elem pl. a foszfor, arzén, az antimon. Ha tiszta germánium kristályba arzént építünk be, pl. oly módon, hogy a megolvasztott germániumba arzént adagolunk, a germánium kristály szomszédos atomjai az arzén atommal építik fel a kristály rácsszerkezetet.

A 10. ábrán látható, hogy az arzénatom vegyérték elektronjaiból csak négy tud a környező germánium atom vegyérték elektronjaival kovalens kötést alkotni. Az ötödik elektron már kis energia felvételre, vagyis igen alacsony hőmérsékleten is szabad elektronként jut a kristály vezetési sávjába, ahol végig tud vándorolni a kristályban. Az arzénatom pedig pozitív töltéssel marad vissza, miután a semlegességét jelentő ötödik elektronját elvesztette, és körülötte kötésben csak négy elektron van.

Energiahelyzetét épp ez az ötödik elektron vezetési sávba jutásához szükséges energia határozza meg. Ezért a germánium atomok számára tilos sávban közvetlenül a vezetési sáv alatt foglal



11. ábra p-típusú (galliummal szennyezett) germánium a) kristály; szerkezeti, b) mozgás-energiái képe; c) sávszerkezete

el egy energianívót. Az ábrán az arzénatomot körrel körülvevett plusz jellel (+) ábrázoljuk. Így azt a tényt is kifejezzük, hogy a környező atomok kovalens kötési helyhez kötik és ellentétben a + jellel megjelölt lyukakkal, nem tud a kristályban elmozdulni. A tiszta germánium mintába beépülő arzént vagy más V. oszlopbeli atomot, — mivel elektront ad le, donornak nevezzük. Látható, hogy donor szennyezés esetén megnő a kristályban az elektronok száma, az áramvezetők túlnyomó többségben negatív felesleg elektronok, ezért az ilyen szennyezésű kristályt n -típusú félvezetőnek nevezzük, a donorok sűrűségét n_d -vel jelöljük.

Az elektronok számának növekedése következtében megnő a vezetőképesség. A tömeghatás törvénye alapján a lyukak vezetőképességének kisebbnek kell lenni, mint az intrinsic mintában. A donorok által bejuttatott elektronok ugyanis a lyukak sűrűségét erősen lecsökkentik. Ez a hatás egy leegyszerűsített számpéldával értelmezhető. Tételezzük fel, hogy az intrinsic minta egységnyi köbtartalmában két lyuk, és két elektron van. Így $n_e n_h = 4$. Ha az egységnyi köbtartalomba 3 arzén atomot adunk, azaz $n_d = 3$, a 3 donor bevezetésével a semlegességet megsértettük. A semlegesség helyreállításához 3 elektron egyidejű hozzáadása elegendő. Ekkor viszont $n_e = 2 + 3 = 5$ lévén $n_e n_h = 5 \cdot 2 = 10$ értéket venne fel, ami a tömeghatás törvényébe ütközne. A pontos hőegyensúlyi helyzet akkor áll fenn, ha n_h és n_e megválasztásával az elektromos semlegesség a tömeghatás törvényével összhangban jön létre. Ha $n_e = 4$ és $n_h = 1$ értékeket veszi fel, $n_e n_h = 4 \cdot 1 = 4$, azaz kielégül a tömeghatás törvénye továbbá $n_e - n_h = 3$, vagyis $n_d = n_e - n_h$ az elektromos semlegesség is létrejön.

Tehát a döntőmértékben elektronokból álló töltéshordozók sűrűségét a pozitív donorok töltésszerűsége épp kiegyensúlyozza, ami a lyuksűrűség csökkenéséhez vezet. Ebből az következik, hogy minden adott donorsűrűséghez egy megfelelő értékű elektron sűrűség és lyuksűrűség tartozik, ami megfelel az elektromos semlegesség és a hőegyensúly feltételének.

Hasonló a helyzet, ha a periodikus rendszer III. oszlopából származó atomot építünk a tiszta germániumkristályba. Ezeknek az atomoknak három vegyérték elektronja van. Ilyen elem pl. a bór, alumínium, gallium, indium. A 11. ábrán látható, hogy a beépülő indium atomnak eggyel kevesebb elektronja van, mint ami szükséges volna a környező

germánium-atomokkal alkotott kovalens kötéshez. A kötési szerkezet teljességéhez hiányzó elektron a szennyező atom környezetében lévő kovalens kötések egyikéből kerül ki. Az alapsávból így a hőenergia egy elektront juttat a szennyezési nívóra, mely valamivel az alapsáv felett van. Az elektron helyén keletkezett lyuk, a rendezetlen hőmozgás következtében, szabad töltéshordozóként elvándorol. A beépülő indium atomot, mivel elektront fogad be, akceptoroknak nevezzük. Jelölésénél a körrel körülvevett mínuszjel a negatív töltésű indium-atom helyhez kötöttségét is ábrázolja. A szabad elektront csak — (mínusz) jellel jelöljük. Az akceptorokkal szennyezett kristályt p -típusúnak nevezzük, az akceptor sűrűségét n_a -val jelöljük.

Az n -típusú kristályban a töltéshordozók túlnyomórészt elektronok, ezért többségi töltéshordozó (majority carriers), a lényegesen kisebbszámú lyukat kisebbségi töltéshordozóknak (minority carriers), nevezzük. p -típusú anyagnál a lyukak a többségi, az elektronok a kisebbségi töltéshordozók. Azt gondolhatnánk, hogy a kisebbségi töltéshordozók szerepe elhanyagolható. Homogén kristályoknál ez így is van, de az egyes gyakorlati felhasználásra kerülő félvezetőkben, melyek különböző típusú, vagy vezetőképességű kristályból épülnek fel, jelenlétük döntő. Így a tranzisztorok működését is a kisebbségi töltéshordozók szabályozzák.

Tranzisztorok gyártásánál az alapanyaghoz általában egyaránt adnak donorokat, akceptorokat. Természetesnek látszana, hogy ez esetben a kristályban elektronok és lyukak keletkeznének. Azonban csupán kémiai szennyezés következtében előáll egyidejű n_e és n_h növekedés ellentétben állna a tömeghatás törvényével. Ez az ellentmondás csak úgy oldható fel, hogy a kisebbségi szennyezés számarányának megfelelő mennyiséget közömbösít a többségi szennyezésből. Ha pl. a donor-szennyezés $n_d = 5$ az akceptoroké $n_a = 2$, a két akceptor két donorszennyezést közömbösít, azaz $n_d - n_a = 5 - 2 = 3$. Ez pedig tökéletesen megfelel az előbbieken említett 3 donor szennyezés esetének, vagyis $n_e = 4$; $n_h = 1$ esetnek, azaz itt is $n_e n_h = 4$ és $n_e - n_h = 3$; azaz $n_e - n_h = n_d - n_a$. Tehát úgy a semlegesség, mint a tömeghatás feltétele kielégült.

Szobahőmérsékleten 10 ohmcm fajlagos ellenállású germánium-kristály előállításához indium szennyezés esetén kb. $3,7 \cdot 10^{14}$, arzén esetén $1,7 \cdot 10^{14}$ töltéshordozó szükséges cm^3 -ként. Ilyen nagy számoknál a teljes egyezés azaz $n_a = n_d$ valószínűtlen. Az előállított kristály vagy p , vagy n -típusú lesz.

(Szemle folytatása a 82. oldalról.)

A Trans-Canada Air Lines (TCA) a Montréal és London között közlekedtetett repülőgépei részére új, közvetlen teleprinter összeköttetést létesített. Eddig ezek az összeköttetések New-Yorkon és Párizson át épültek fel, ami gyakran nehézkes volt a sok reléállomás beiktatása miatt, azonkívül a légköri viszonyok is kedvezőtlenül befolyásolták.

A megamegaphone nevű kísérleti készülékkel a levegőt nagy nyomással egy nyíláson préselik ki és hangfrekvenciával modulálják. Ily módon a vevőben még 6 km távolságból is jól hallható a beszéd. Az új hangerősítő-vetítő szerkezet működése hangszerveinkhez hasonló. A tudóknak és a torok-

nak a légkompresszor, a hangszálaknak és a gégeének a szelep és az üreg felel meg. A modulálás a vezérlő idegrendszerhez hasonlítható. A készülék hangteljesítménye olyan nagy, hogy a kísérletezőknek komoly gondot okozott a véletlen erős hangok elleni védelem.

*

Az Atlanci óceán északi részein igen gyakori a tenger-alatti kábelek sérülése, sőt szakadása. A károsodás külső behatásra, rendszerint halászhajók tevékenysége következtében jön létre. A kérdést az érdekelt kormányok között nemzetközi értekezleten szándékozzák rendezni. A főcél az 1884-ben kötött megállapodások betartásának elérése.

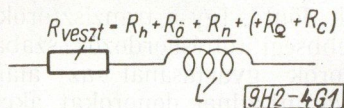
(Folytatás a 112. oldalon.)

Hiszterézistényező meghatározása az önindukcióváltozás méréséből

GOBBI ISTVÁN

A hiszterézis tényező mérésére az irodalomban többféle módszert lehet találni. Méréstechnikai szempontból az bizonyult legelőnyösebbnek, hogy a hiszterézis tényezőt az önindukcióváltozás méréséből határozzuk meg. Ezen méréshez nem szükséges speciális híd sem. A szerző a fenti mérési eljárás elvi alátámasztása után egy számpéldán mutatja be annak használhatóságát.

Tekercsek, transzformátorok ferrit, vagy porvasmagjainak egyik jellemzője a *hiszterézistényező*. Ismeretének fontosságát nem csupán az indokolja, hogy a magban keletkező energiaveszteség egyik jelentős tényezője, hanem az is, hogy a mag okozta torzítással (klirrfaktorral) is egyenes arányban áll. Meghatározása olyan módon lehetséges, hogy az áramkörben (azonos frekvencián) egyetlen soros ellenállásként jelentkező veszteséget (1. ábra) ellenállás-komponensekre bontjuk, melyek arányosak a veszteségtényezőkkel. Jordan (1) klasszi-



1. ábra

kus módszere szerint három-féle frekvencián egyenként kétféle áramerősséggel mérjük a differenciál (v. egyéb érzékeny) hídba kapcsolt tekercs ellenállás változásait. A tekercselés ohmos ellenállását 2 esetben külön is meg kell állapítani. Ebből a méréssorozatból kapjuk a *hiszterézis*-, *örvényáram* és *maradékveszteséggel* arányos ellenállás részeket, melyek Legg (2) definíciója szerint az alábbi alakban tartalmazzák a ferromágneses anyagra jellemző veszteségtényezőket:

$$R_h = \mu a \cdot B \cdot L \cdot f \quad (1)$$

$$R_\delta = \mu e \cdot L \cdot f^2 \quad (2)$$

$$R_m = \mu c \cdot L \cdot f \quad (3)$$

B a gauss-ban mért indukció csúcserőssége, L az önindukció henry-ben kifejezve és f a hertz-ben kifejezett frekvencia, μa , μe és μc a hiszterézis-, örvényáram és maradékveszteség tényezői.

Olyan esetben, amikor csupán a hiszterézis-tényezőt kívánjuk megállapítani (pl. hang-, vagy vivőfrekvenciás ferritmagok esetén), a szétválasztás során mért adatokkal μa -t a következőképpen fejezhetjük ki:

$$\mu a = \frac{3,55}{3 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{r_k}{n} \left(\frac{R_2 - R_1}{L} \right) \cdot 10^3 \quad (4)$$

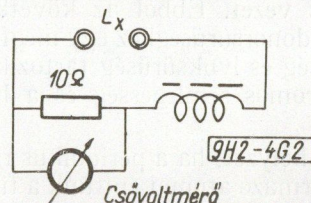
ahol R_2 a nagyobb, R_1 a kisebb áramerősséggel mért veszteségellenállás értéke ohmokban, L a tekercs önindukciója mH-ben, r_k a mag közepes sugara cm-ben és n a tekercselés menetszáma.

A következőkben μa mérésének egy másik módját ismertetjük, melyet nem az ellenállás-, hanem az önindukcióváltozásra alapítottunk. E módszer egyik gyakorlati előnye, hogy nem szükséges az ohmikus komponens figyelembevétele, miáltal az árammérést a tekercselés sorbakapcsolt ellenálláson eső feszültségből határozhatjuk meg. Így tehát a hiszterézistényező mérését speciális (pl. differenciál) híd nélkül is elvégezhetjük. Az pedig, hogy képletünkben nem R és L , hanem csak L szerepel, pontosabb értéket eredményez.

A hiszterézistényező megállapítása térerősséggel változó önindukciók értékeiből

Mérésmódszerünk a térerősségváltozással járó permeabilitásváltozáson alapul, így tehát csupán a tekercset gerjesztő áram változását követő önindukcióváltozást mérjük. Erre a célra bármely hangfrekvenciás tartományban használható induktivitásmérő híd alkalmas, melynek önindukció értékei pl. $1 \mu\text{H} - 10 \text{ mH}$ tartományban változtathatók.³

A mag tekercselésén átfolyó 1 kHz-es gerjesztőáramot a tekercselés sorbakapcsolt 10 ohmos ellenálláson keletkező feszültségből állapítjuk meg. (2. ábra.) (Olyan híd alkalmazásánál, mely ger-



2. ábra

jesztőáram-mérőt tartalmaz, az említett változtatás fölösleges.) A maximális áramerősség ferritek mérése esetén $5 \text{ mOe}_{\text{max}}$ térerősségnek felelhet meg $H_{\text{max}} = 1,26 \cdot \sqrt{2} \frac{in}{1}$ alapján számítva. Por-

vasmagok esetén viszont jóval nagyobb térerősségekre is érvényes a mágneses Rayleigh-törvény, ezért 50—100 mOe is megengedhető.

A hídba kapcsolt tekercset az alábbi két lépésben mérjük:

³ Méréseinket, melyekből az alábbiakban példát mutatunk be, pontosan tudtuk elvégezni a csehszlovák Tesla-gyár TM 382-E típusú induktivitásmérő hídjával és a hozzá tartozó indikátorral, valamint generátorral.

¹ Jordan: Elektrische Nachr. Techn. 1924. 1.

² Istvánffy: Mágneses anyagok. 1951.

1. Beállítjuk a legnagyobb térerősséghez kiszámított áramot, ill. feszültséget. Ezután hangoljuk a hidat. A beállított max. áramhoz (i_2) a mért L_2 önindukció tartozik.

2. i_2 -nél jóval kisebb (pl. $\frac{1}{4}$ akkora) áramot állítunk be, ennek értékét i_1 -gyel jelöljük. Az ennél hangolt önindukció értéke L_1 .

Az így mért adatok birtokában a Legg által definiált histerézisztényezőt (μ_a) az alábbi összefüggéssel állapítjuk meg:

$$\mu_a = \frac{16}{6\sqrt{2}} \frac{n \cdot Q}{(i_2 - i_1)} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_2^2} \right) \cdot 10^{-4} [1/Gs] \quad (5)$$

Az egyenletben szereplő betűk jelentése és a hozzájuk tartozó mértékegységek:

μ_a a Legg szerint definiált histerézisztényező 1/gauss-ban.

n a mért mag tekercselésének menetszáma.

Q a mag keresztmetszete m^2 -ben.

L az önindukció értéke H -ben

i a mérőáramerősség effektív értéke A -ben.

10^{-4} faktor azért szükséges, mert az egyenlet jobb oldalán szereplő mennyiségeket célszerűen a gyakorlatibb *Giorgi rendszer* egységeivel fejeztük ki, így a jobboldali alak mértékegysége $m^2/Vsec$. A baloldalon viszont a már eddig megszokott és *Gauss rendszerben* kifejezett tényező áll.⁴

A magyar szakirodalomban a histerézisztényező fentiekben kifejezett definíciója ismertebb. A német és a szovjet szakirodalomban azonban az alábbi meghatározásokkal találkozunk:

Német: $R_h = h \cdot H_{eff} \cdot L \cdot f \quad (6)$

Szovjet: $R_h = \delta_h \cdot 2\pi H_{eff} \cdot L \cdot f \quad (7)$

A német definícióban h hiszt. tényező kA/cm értékben, H_{eff} A/cm -ben.

A szovjet definícióban δ_h hiszt. tényező, H_{eff} Oe -ben.

Ezekkel a definíciókkal részletesebben nem foglalkozunk, csupán 5. alatti egyenletünket hozzuk ezekkel összefüggésbe, hogy a külföldről kapott és mérni kívánt ferritmagokat eredeti adataikkal összehasonlíthassuk:

$$h = 2666 \cdot \frac{l}{n(i_2 - i_1)} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_2} \right) \cdot 10^2 [cm/kA] \quad (5a)$$

$$\delta_h = 33,7 \frac{l}{n(i_2 - i_1)} \left(\frac{L_2 - L_1}{L_2} \right) \quad (5b)$$

ahol: l m -ben, i A -ben, L H -ben számítandó.

Példa a histerézisztényező meghatározására

A váci Híradástechnikai Anyagok Gyárának EP 90 típusú, pupin célra is alkalmas permalloy magján végzett mérések:

$$\begin{aligned} i_2 &= 6 \text{ mA}_{\max} & L_2 &= 3,993 \text{ mH} \\ i_1 &= 1 \text{ mA}_{\max} & L_1 &= 3,976 \text{ mH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 1 \text{ kHz} & Q &= 21,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \\ f &= 1 \text{ kHz} & n &= 310 \end{aligned}$$

Ezekből az adatokból 5. alatti egyenlettel $\mu_a = 0,271 \cdot 10^{-3} [1/\text{gauss}]$

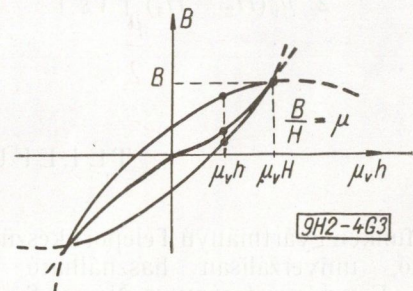
Ugyanezen magot szétválasztás módszerével mérve μ_a értéke $= 0,25 \cdot 10^{-3} [1/\text{gauss}]$ -nak adódott. (Megjegyezzük, hogy a magra vonatkozó előírásban μ_a $0,4 \cdot 10^{-3}$ lehet.)

A histerézisztényező és önindukcióváltozás összefüggésének igazolása.

A mágneses *Rayleigh-törvényből* kiszámítható², hogy

$$\mu_a = \frac{8}{3} \cdot \frac{2\nu}{\mu^2} \quad (8)$$

Ezt az egyenletet gyakorlatilag mindaddig nem alkalmazhatjuk, amíg ν értékét nem határozzuk meg. Ezt viszont ugyancsak megállapíthatjuk a *Rayleigh törvény* alapján, mely szerint a kis térerősséghez tartozó histerézishurok másodfokú parabola ágakkal helyettesíthető s az indukció a gerjesztéssel kvadratikusan nő. (3. ábra.) *Rayleigh* képletét a *Giorgi rendszerben* kifejezve az alábbi alakba írhatjuk:



3. ábra

$$B = (\mu_0 + 2\nu\mu_v H)\mu_v h + \nu(\mu_v^2 H^2 - \mu_v^2 h^2) \left[\frac{Vs}{m^2} \right] \quad (9)$$

A képlet betűinek jelentése (vö. 3. ábrával is.);

$\mu_v = 1,26 \cdot 10^{-6} H/m$, a *Giorgi rendszer* váltószáma, „kulcsa”.

μ_0 a zérus térerősségre vonatkoztatott, ún. kezdeti permeabilitás. (Dimenzió nélküli szám.)

ν a ferromágneses anyag permeabilitásnövekményre jellemző állandó — ún. *Rayleigh állandó*. Értéke m^2/Vs -ban.

H a gerjesztés maximális értéke A/m -ben.

h a gerjesztés H -nál kisebb értéke. (Nem tévesztendő össze a fentebbiekben h -val jelzett histerézisztényezővel.)

⁴ Mivel $10^4 \text{ gauss} = 1 \text{ Vs/m}^2$, tehát $1/\text{gauss} = 10^{-4} \text{ m}^2/Vs$.

A Rayleigh egyenletben ν kivételével minden adatot könnyen megállapíthatunk valamilyen elektromos méréssel. Ha tehát ν -t ezek valamelyikével összefüggésbe hozzuk, a 8. alatti egyenlet μ a közvetlen kifejezésére alkalmas.

A Rayleigh egyenletet mint h függvényét vizsgáljuk az esetben, amikor a momentán gerjesztés (h) eléri a maximumot, H -t. Így a szűzgörbe egyik pontjához jutunk (3. ábra) melyből a jól mérhető átlagos permeabilitást, $B/\mu_v H$ -t szoktuk meghatározni. Tehát $h = H$ esetén a 9. egyenlet új alakja:

$$B = \mu_0 \mu_v H + \nu \mu_v^2 H^2 \left[\frac{\nu S}{m^2} \right] \quad (9a)$$

s az átlagos permeabilitás $\mu_v H$ -val való osztás után:

$$\mu = \mu_0 + 2 \nu \mu_v H$$

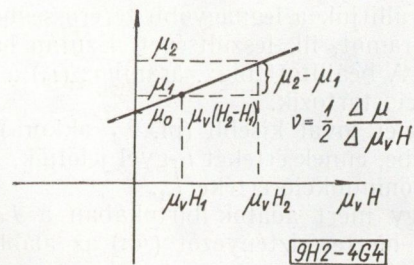
Ebből az egyenletből ν értékét fejezzük ki:

$$\nu = \frac{\mu - \mu_0}{2 \nu \mu_v H} \left[\frac{m^2}{V_s} \right] \quad (10)$$

μ_0 értékét a permeabilitásgörbe kezdeti egyenes szakaszának $h = 0$ -ra való extrapolációjával szokás meghatározni.

Mellőzhetjük azonban az extrapolációt, ha a lineáris szakaszon μ_0 helyett egy H -nál kisebb gerjesztéshez tartozó μ_1 értéket veszünk fel. (4. ábra) Ez esetben ui.:

$$\nu = \frac{1}{2} \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_v (H_2 - H_1)} \left[\frac{m^2}{V_s} \right] \quad (11)$$



4. ábra

(μ_2 a H_1 -nél nagyobb értékű H_2 -höz tartozó permeabilitás, μ_1 pedig a $H_1 < H_2$ gerjesztéshez tartozó permeabilitás.) Tehát:

$$\mu a = \frac{16}{6} \cdot \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2^2 \mu_v (H_2 - H_1)} 10^{-4} \quad (12)$$

Mivel a permeabilitás mérése önindukcióméréssel áll összefüggésben, ezért $L = \mu_2 \mu_v \frac{Q}{l} \cdot n^2 [H]$ vala-

mint $H = \frac{i \cdot n}{l} \left[\frac{A}{m} \right]$ és (12.) képletek felhasználásával kapjuk a 5. alatt megadott összefüggést.

Végül megjegyezzük, hogy képletünk csupán a Rayleigh tartományon belül érvényes — mint minden Rayleigh törvénye alapított képlet-, és akkora frekvencián, melynél a permeabilitás még nem csökken a mágneses skin-hatás következtében. Porvasmagok és ferritek méréséhez egyaránt csupán ezért alkalmazunk 1kHz frekvenciát.

TELEFUNKEN TELEPORT

A Telefunken gyártmányú Teleport készülék egy hordozható, univerzálisan használható rádiótávbeszélő. Ezt a gyártmányt a Német Szövetségi Vasúttal együttműködésben fejlesztették ki. Segítségével vasúti berendezések körzetében a személyzet egyes tagjaival helyhezköthettség nélkül és az időjárástól függetlenül lehet érintkezésbe lépni. A berendezés alkalmazása által — a Telefunken információja szerint — a tolatópályaudvarokon a munka annyira meggyorsult és a biztonság annyira megnőtt, hogy a kocsifutás 20—30%-kal emelkedhetett. Eddig a Német Szövetségi Köztársaságban 800 ilyen készüléket helyeztek üzembe.

Alkalmazási területei: tolatás, kocsiszolgálat, fékvizsgálat, fenntartás és javítósolgálat, pálya-szolgálat, pályaépítés stb.

A Teleport 2 részből áll: az adó-vevőből és a tápegységből. Ez utóbbi lehet 6 V-os akkumulátor, de táplálható hálózatról, sőt külső 12 és 24 V-os telepről is.

(Telefunken Pressedienst nyomán)



Összefoglaló áttekintés a budapesti tropikalizációs konferenciáról

JENEY IVÁN

A tropikalizációval kapcsolatos fogalmak rendszerezése. A klímavizsgálatok ismertetése. A helyes trópusálló konstrukció kialakítása. A különböző szerkezeti anyagok kiválasztása. Érintkezők. Szigetelő anyagok. Ragasztó anyagok. Fa- és bőrányagok. Fémek. Technológiai eljárások. Lakozás. Galvanizálás. Csomagolás.

A tervállamok export piaca jelentősen bővült a mérsékelt égövi klímától eltérő, trópusi klímájú országok felé. Ilyenek Indonézia, India, Szíria, Egyiptom stb.

Tapasztalati tény, hogy a trópusi országokba szállított „normális” kivitelű iparcikkek a trópusi országokban nem elégítik ki a követelményeket. Ennek következtében az új fejlesztési irányzat célja a gyártmányok trópusálló kivitelének kidolgozása. A problémakör feladataival foglalkozó nemzetközi konferencia Budapesten ült össze a múlt év decemberében 8 ország mintegy 50 szakértőjének részvételével.

A konferencia igen eredményes volt, de gyakorlati jelentősége akkor lesz, ha az összegyűjtött eredményeket, tapasztalatokat az érdekelt iparágak szakemberei megismerik és alkalmazzák.

A Tárcaközi Híradástechnikai Tanács ezért úgy határozott, hogy a még ebben az évben megjelenő „Klimatizáció” című kézikönyvben a konferencia összes számottevő eredménye ismertetésre kerüljön.

A konferencia szervező bizottsága elé tűzött feladat az volt, hogy a klímacsoportokra és a klímaállóság fokozataira, valamint a vizsgálati eljárásokra szabványjavaslatot dolgozzon ki, továbbá a trópusi kivitelű berendezések anyagaira, konstrukciós irányelveire és technológiáira tapasztalatcserét tegyen lehetővé.

A munka két csoportban folyt.

A *műszaki tudományos csoportban* megtárgyaltuk az NDK által kidolgozott technikai klím osztályozásra és a klímaállóság fokozataira vonatkozó javaslatot és

a trópusi klímájú országokba szállítandó elektrotechnikai gyártmányok vizsgálati és átvételi módjának javaslatát.

E munkacsoportban az egyes küldöttségek kicserélték az 1958—60 évi tudományos kutató munkájuk programjára vonatkozó elgondolásaikat és megtárgyalták egy „tropikalizációs tájékoztató” megjelentetését.

A *konstrukciós-technológiai csoportban*

az általános technológiák — mint festés, galvanizálás, impregnálás, csomagolás,
a kábelek és vezetékek, végül
a híradástechnikai és erősáramú gyártmányok megtárgyalása volt napirenden.

És most lássuk, hogy az egyes témakörökben milyen eredmények születtek, milyen vélemények hangzottak el.

Klíma, klímaövezetek, védelmi fajták

A tropikalizáció a trópusi klíma behatása elleni védelmet jelenti. Mivel indokolatlan lenne, hogy mindenfajta klímával külön-külön foglalkozzunk, ezért pontosabb megfogalmazásban klímaálló berendezésről és klímaállóságról beszélünk — kezdte beszámolójában dr. Boer, az NDK küldöttségének meteorológusa.

Előjáróban szükséges, hogy néhány fontosabb alapfogalmat tisztázzunk a félreértések kizárására.

„*Idő*” -n meghatározott időben és helyen a légkör fizikai és kémiai állapotát értjük, amit a különböző meteorológiai elemek, mint a lég-hőmérséklet, légnyomás, a levegő vízgőz-tartalma, a csapadék stb. határoznak meg.

„*Időjárás*” vagy „*klíma*” fogalmán a légkör közepes állapotát értjük, ami az „*idő*” különböző értékeinek átlagából adódik.

Az időjárás elemek (lég-hőmérséklet, légnyomás stb.) időbeni változását egy meghatározott körzetben belül mérhetjük fel. E körzetnek 3 fontosabb válfaját különböztetjük meg:

Makroklíma, amit a földrajzi szélességi fok, a tenger vagy a szárazföld helyzete határoz meg.

Mezoklíma, melyből számos változat terülhet el ugyanazon makroklímájú területen, minthogy a mezoklímát a terület növényzete, beépítettsége befolyásolhatja. A mezoklíma jellegzetességeinek az ember hatékony befolyásolója lehet (pl. Szibéria fásítása).

Mikroklíma, annak a legközvetlenebb környezetnek a klímája, mely az energia átalakulás helyeit veszi körül, pl. a földfelület fölött elterülő néhány cm vastagságú légréteg, továbbá technikai gyártmányok, mint ellenállások, transzformátorok, elektromotorok közvetlen környéke.

A fenti három, inkább meteorológiai csoportosításhoz tartozik még a „*környezeti klíma*” fogalma is. Ezen annak a környezetnek a klímáját értjük, melyben a különböző technikai gyártmányokat helyezzük el az alkalmazás során. Ennek folytán van:

— természetes környezeti klíma, a szabadban, amit az ember kis mértékben vagy egyáltalán nem befolyásolhat és a

— mesterséges környezeti klíma, amely a belső terekben, szobákban alakul ki. E klíma kialakításában már szerepet játszik az ember, néha annyira, hogy kondicionált légtérrel idéz elő.

A „klímaállósági fokozat”-ban az „A” klíma védelmi fok azt jelenti, hogy a technikai termék egy meghatározott természetes és mesterséges környezeti klíma behatásának együttesével szemben ellenállást tanúsít.

Meg kell említenünk ezenkívül a „vizsgálati klímát” és a „mérési klímát”. A vizsgálati klímát mesterségesen, bármikor reprodukálható módon állítjuk elő vizsgáló berendezéseinkben. A mérési klíma paraméterei általánosságban azonosak egy szoba állandósított normál klímájával (20°C , 65% relatív nedvességtartalom).

A feladat mármost az, hogy a környezeti klíma, a klímaállósági fokozat és a vizsgálati klíma egymástól egészen eltérő fogalmainak összekapcsolására logikus, ellentmondás mentes rendszert alakítsunk ki.

Először is a nagyszámú meteorológiai klímaosztály figyelembevételével a környezeti klímáknak megfelelő csoportosítását kell elvégeznünk. Ha megvannak a csoportok és ismerjük azok jellemzőit — pl. por, rágszáló, maximális nedvesség stb. — akkor már megszerkeszthetjük a klímaállósági fokozatokat.

A klímaállósági fokozatok kialakítását azonban két, egymással ellentétes szempont vezérli:

Minél kevesebb fokozatot állítsunk fel, lehetőség szerint egyet, mely az összes meteorológiai zónákban előforduló behatásokkal szemben védelmet biztosít. Ez főleg a sorozatgyártásban készülő cikkeknel fontos, viszont bevezetése a felhasznált anyagok kiváló minősége és a megfelelő technológia miatt a termék jelentős drágulását eredményezi.

Az anyagigényes produktumokat előállító iparág követelménye viszont az, hogy az esetenként megadott környezeti klímára alkalmazott védelemmel bíró berendezést állítson elő, ami a védelmi fokozatok számos változatát igényli.

Néhány évtizeddel ezelőtt, amikor még csak a híradástechnikai berendezések trópusállóságának problémája volt a fő feladat, az alábbi megfontolás mutatkozott legkézenfekvőbbnek: 20°C hőmérsékleten 70% relatív nedvesség tartalmú légtérben a fémek korrozója igen kis mérvű és a szigetelő anyagok elektromos tulajdonságai megfelelőek. Az említett jellemzőkkel megadott légtérben az abszolút nedvességtartalom 10 g vízgőz/m^3 száraz levegő. Ennél nagyobb vízgőz mennyiség jelenléte a fémeken fokozott korrozíót és a szigetelő anyagok tulajdonságaiban jelentős romlást okoz. Ezért a fenti abszolút nedvességtartalmat kritikus értéként fogadták el. Elméleti számítások és gyakorlati tapasztalatok alapján ezt az értéket összefüggésbe hozták meteorológiai klímacsoportokkal és kimondták, hogy

nem trópusinak minősül az a terület, ahol a levegő abszolút nedvességtartalma 1 évben legfeljebb 3 hónapig maximum 10 g/m^3 ,

féltrópusi az a terület, ahol 3 hónapnál hosszabb, de 6 hónapot meg nem haladó időtartamban, és

trópusi az a terület, ahol 6 hónapnál hosszabb ideig 10 g/m^3 vagy annál nagyobb abszolút nedvességtartalmú levegő uralkodik.

Ez a felosztás a környezeti klímák és a védelmi fokozatok szempontjából egyszerűségénél fogva előnyös, de a klimatizáció általánosító irányzatát figyelembe véve nem kielégítő, mert csak a nedves meleg klímákra terjed ki.

A vizsgálódások tehát azt mutatják, hogy legyen a technikai szempontból végzett klíma csoportosításnál:

— a csoportok száma elegendő, hogy abba az anyagigényes gyártmányok is besorolhatók legyenek,

— a csoportok száma eléggé korlátozott ahhoz, hogy a munkaigényes gyártmányok is besorolhatók legyenek,

— a csoportok összeállítása olyan, hogy alkalmazni lehessen a gépiparban, de legalábbis az az elektrotechnikai iparágban.

A konferencia 3 napig tartó vita után a következő álláspontot alakította ki:

a meteorológiai klíma osztályozásokból indulunk ki, azonban a csoportok számát jelentősen csökkentjük és így eljutunk a következő beosztáshoz: trópusi klímaövezetek (nedves és száraz trópusi)

mérsékelt klímaövezet,

hideg klímaövezet.

Az egyes klímaövezetek jellemzőit az 1. számú táblázat tartalmazza.

Az 1. ábrán láthatjuk, hogy az egyes földrajzi helyek mely klímaövezetbe tartoznak.

A klímaövezeteknek megfelelően kialakulnak a klímaállóság fajtái. E szerint a következő klímaállósági csoportokat állítottuk fel:

„TA” (Tropicus Aridus) — száraz trópusi klímára,

„TH” (Tropicus Humidus) — nedves trópusi klímára,

„TS” (Subtropicus) — szubtrópusi klímára (csak átmeneti fokozat),

„T” (Tropicus) valamennyi trópusi klímára.

„TF” (Tropicus Frigidus) — valamennyi klímára (nedves trópusi, száraz trópusi, mérsékelt, hideg).

Mint a bevezetőben említettük, ez nem jelenti azt, hogy minden egyes gyártmány esetében 5, esetleg a mérsékelt égővi kivittel együtt 6 típusú berendezést kell gyártanunk, hanem a tárgy munka-, vagy anyag-igényessége szerint, a kereskedelmi szempontok figyelembevételével kell a gyártandó típusokat kiválasztanunk.

Vizsgálatok

A műszaki-tudományos munkacsoportban Futaky Iván kifejtette, hogy a klímavizsgálatnak az a célja, hogy képet adjon arról, vajon a vizsgált tárgy a vele szemben támasztott klímaállóság követelményeinek megfelel-e?

A vizsgálatok egyrészt olyan körülményeket kell hogy teremtsenek, melyek a természetes igénybevétel adta károsodásokat híven tükrözik, másrészt időtartamban gyorsított lefolyásúaknak kell lenniök, azaz néhány hét alatt képet kell adniuk arról, hogy a berendezés több évig, esetleg évtizedig alkalmazható-e. Kézenfekvő hát, hogy kezdetben párhuzamos vizsgálati tevékenységre van szükség az alkalmazás előirányzott helyén és a fejlesztő-kutató laboratóriumokban, melyeket néha

1. táblázat

Technikai klímaövezetek jellemzői

		T H nedves trópusi		T A száraz trópusi		N mérsékelt		F hideg	
1.	Absz. min. hőmérs. C°-ban	— 10	igen ritkán			— 45	nagyon ritkán	— 65	
2.	Átlag min. " "	+ 3		— 10		— 30		— 50	
3.	Átlag max. " "	+ 40		+ 55		+ 35		+ 30	
4.	Abszolút max " "	+ 45				+ 45	nagyon ritkán	+ 35	ritkán
5.	A hőmérséklet átlagos maximális változása			25	8 órán belül 28 napon át				
6.	A hőmérséklet maximális változása	10	8 órán belül	40	8 órán belül	15	8 órán belül	40	8 órán belül
7.	Abszolút minimum rel. nedvesség %-ban			10	55 C° felett 40 C° felett				
8.	Átlag min. rel. nedvesség %-ban			20					
9.	Átlag maximum rel. nedvesség %-ban	95	rövid ideig 35 C°-nál			80	20 C°-nál	80	20 C°-nál
10.	Abszolút maximum rel. nedv. %-ban	90	rövid ideig 40 C°-nál	80	20 C°-nál				
11.	Átlag max. rel. nedv. %-ban*	75	határterületeken 35 C°-nál						
12.	Harmat	van		van	ritkán	van		van	
13.	Jegesedés zuzmaraképződéssel*	van		van					
14.	Por, homok	van		van					
15.	Viharok, zivatarok	van		van					
16.	Homokviharok			van					
17.	Sótartalom	van	tenger parti vidéken	van	tengerparti vidéken	van	tenger-parti vidéken		
18.	Penészgomba	van		van	tengerparti vidéken				
19.	Termesz, rovar	van		van	helyenként				
20.	Egyéb biológiai tényezők	van							
21.	Átlagos napsugárzási energia 1 hónap alatt kal/cm²-ben			600	legalább 1 hónapig fekete érdes				
22.	Legmagasabb felületi hőmérséklet C°-ban			85	rossz hővezetőn				
23.	Erős hideg szél					van		sebesség >6m/mp	

* TS nedves szubtrópusi klímaövezetre vonatkozik.

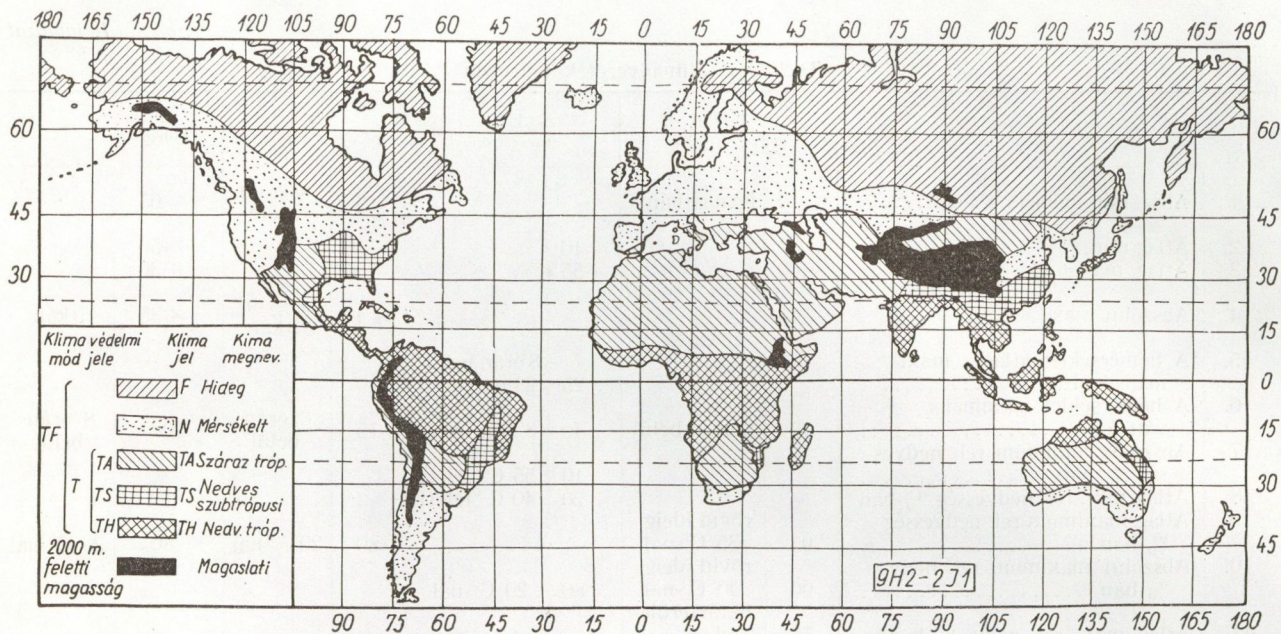
több ezer kilométer választ el egymástól. Ezekből a vizsgálatokból alakulnak ki a korrelációs számok, melyek a mesterséges és a természetes vizsgálat pusztító hatásának viszonyszámát fejezik ki.

A mesterséges vizsgálatoknak nagy szerepük van, ezért kiválasztásuk körültekintő megfontolást igényel. Önmagától kínálkozik az, hogy a klimatikus vizsgálatoknál nagyobb hőmérsékletet, erősebb aktinikus fényt idézve elő, a természetben előforduló fizikai tényezők hatását fokozzuk, illetőleg az élettani tényezők hatásainak vizsgálatakor (pl. penészek számára állandó nedves meleg, fénymentes légtérrel biztosítva) a körülményeket súlyosbítsuk. A környezeti, fizikai tényezők hatásának növelésével elérhető pusztítás területén voltak tapasztalatok, a kombinált feszítésre vonatkozóan azonban annál kevésbé. Számos anyag tulajdonságainak a hőmérséklet vagy a relatív nedvességtartalom emelkedésének függvényében tanúsított viselkedése általánosságban ismert, azonban a hőmérséklet és a relatív nedvességtartalom vagy ezekkel kombinált napfény, por és rázás vizsgálatok hatásai még alig ismertek.

Minthogy a vizsgálatokra vonatkozó javaslat kidolgozása a magyar fél feladata volt, második napirendi pontként Szentmártony Aladár ismertette a hazai híradástechnikai- és erőáramú ipar közös álláspontját.

A konferencia a jelenlegi ismeretek alapján a híradástechnikai anyagok, berendezések és alkatrészek vizsgálatára elfogadta a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (International Electrotechnical Commission; Publication 68) előírását ajánlásként. Természetesen ezzel a munka nem zárult le, mert

1. az idézett előírás állandó fejlődésben van, melyet a baráti országoknak nemcsak, hogy figyelemmel kell kísérniök, hanem a további fejlesztésben tevékeny részt kell venniök,
2. az idézett előírás eredetileg nem berendezések és anyagok, hanem kizárólag alkatrészek vizsgálatára vonatkozik. Így e szabvány felhasználásának kiterjesztését anyagokra és berendezésekre csak ajánlásként fogadhatjuk el és alapos megfontolás tárgyává kell tennünk,



1. ábra. A földfelület technikai klímaövezetei

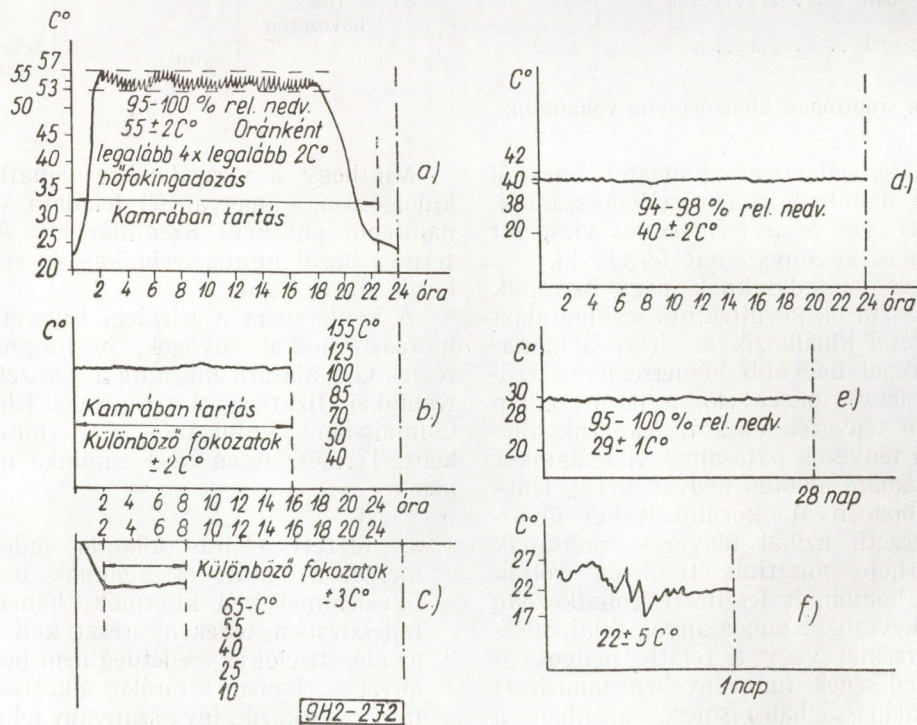
3. széleskörű, természetes körülmények között kivitelezett vizsgálatokat kell végezni annak megállapítására, hogy a fent idézett vizsgálati előírásoknak megfelelő tárgyak, melyik fajta természetes környezetnek, milyen mértékben felelnek meg. Végeredményben tehát a korrelációs számokat kell tapasztalati úton kialakítani.

Bár a bevezetőben említett *Klimatizáció* című könyv a klimatikus vizsgálatokkal is igen részlete-

sen foglalkozik, célszerű a konferencia által elfogadott vizsgálati módszert főbb vonalaiban ismertetnünk.

A Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) előírása a 2. táblázatban feltüntetett vizsgálatokat írja elő. A 2. ábra a fontosabb vizsgálatokat vázlatosan mutatja be.

Nyilvánvaló, hogy egy-egy alkatrészben nem kell az összes vizsgálatot elvégezni. Arra, hogy melyik vizsgálatot és annak melyik szigorúsági fokát válasszuk a különböző klimatikus igénybe-



2. ábra. Fontosabb klímavizsgálatok. a) Gyorsított nedves-meleg b) Száraz-meleg c) Száraz-hideg (ábrahelyesbítés: —65.—10°C) d) Tartós nedvesmeleg e) Penészedés f) Aerosol (sópermet)

vételre szánt berendezések alkatrészei esetében, az IEC előírás egy kódrendszerrel tájékoztatót ad. E szerint az alkatrész háromjegyű számot kap, mely a tárgy klimatikus és mechanikai igénybevételekkel szemben tanúsított ellenállóképességét jellemzi. A számjegyek értelmezését a 3. táblázat adja meg.

Az 1. és 3. táblázatok alapján kellene kialakítanunk, hogy az egyes klímaállósági fokozatoknak, milyen vizsgálatnak kell eleget tenniük. Például TH fokozatra 674 vagy 784 legyen-e? Mivel e területen még több kérdés tisztázatlan, többek között az is, hogy mi a különbség, ha a berendezés a TH zónában nyílt vagy zárt térben kerül felhasználásra, a decemberi konferencia még nem hozott határozatot, sőt további javaslatot sem. Ezeket a problémákat további természetes és mesterséges körülmények között végzett vizsgálatok és a klimatikus hatásokkal foglalkozó kutatási munkák oldhatják meg.

A különböző országokban számos vizsgálatot végeztek el a fenti előírások alapján és sok nyitott

kérdés ellenére különböző konstrukciós hibákra, meg nem felelő anyagra, feldolgozási és védelmi technológiára, továbbá alkalmatlan csomagolási módszerre mutattak rá. Jelenleg tehát azt tehetjük, hogy mind jobban és jobban meghatározzuk a mesterséges körülmények között végzett vizsgálatok paramétereit, és ilyen körülmények között vizsgáljuk gyártmányainkat, emellett arra törekszünk, hogy minél szélesebb körre kiterjesszük a természetes körülmények között — trópusi klímán kivitelezett — vizsgálatokat.

Nagyszámú vizsgálatssorozat megadja majd a lehetőséget az összehasonlításra — a korrelációs számok kialakítására — és ez biztosítja majd a bizalmat a mesterséges körülmények között végzett vizsgálatok iránt.

A konferencia konstrukciós-technológiai munkacsoportja egyik albizottságában tárgyalta a napirendre felvett híradástechnikai berendezések konstrukciós problémáit és anyagait. A munkában a magyar félen kívül csehszlovák, német és lengyel szakértők vettek részt.

2. táblázat

IEC 68 előírás vizsgálatai

Megnevezés	Szigorúági fok	Jellemzők		
		hőmérséklet C°-ban	rel. nedv. %-ban	időtartam
Szárász-hideg	III	—65		6 óra
	IV	—55		6 „
	V	—40		6 „
	VI	—25		6 „
	VII	—10		6 „
Szárász-meleg	II	155		16 „
	III	125		16 „
	IV	100		16 „
	V	85		16 „
	VI	70		16 „
	VII	55		16 „
	VIII	40		16 „
Tartós nedves-meleg	IV	40	94—98	56 nap
	V	40	94—98	21 „
	VI	40	94—98	7 „
	VII	40	94—98	7 „
Gyorsított nedves-meleg	IV	55	95—100	6 ciklus
	V	55	95—100	2 „
	VI	55	95—100	1 „
				utána szárít
Ejtés 4000-szer 40 g-vel				
Rázás 10—150 c/s-sel				
Penészedés				
Sópermet	IV	29	95—100	28 nap
	V	22		7 „
		22		2 „
Por				
Alacsony légnyomás	IV	85 mbar (64 Hg mm)		
	V	300 mbar (225 Hg mm)		
Gyors hőmérséklet változás				
Forrasztás				
Magas légnyomás				
Mesterséges napfény				
Tömítettség				
Forrasztások szilárdsága				
Légköri szennyeződések				

A véleménycsere alapját a Beloianniszi Híradástechnikai Gyár által kidolgozott irányelvek képezték. A cél a konferencia programjában megadott tapasztalatcsere volt. Ennek eredményét a következőkben foglalhatjuk össze.

Konstrukció

A gyártmányok klímaállóvá tételét a konstrukciónál kell kezdeni. Egy légmentesen zárt kivitelű egység már önmagában klímaálló, legfeljebb csak a külső felületek védelmét kell biztosítani. A nem

3. táblázat

IEC 68 előírás kódrendszerében szereplő számok értelmezése

Jelzőszám	Alkalmazás körülményei	Vizsgálatok és azok szigorúsági foka
Első számjegy :	A berendezés használható :	
3	különleges magasságokban	száraz-hideg III (–65) rázás ejtés alacsony légnyomás IV (85 mb) gyors hőmérséklet változás
4	nagy magasságokban légierők vagy hasonlóak számára	száraz-hideg IV (–55) rázás ejtés alacsony légnyomás IV (85 mb) gyors hőmérsékletváltozás
5	kevésbé magas körülmények között, mint 4-es	száraz-hideg V (–40) rázás ejtés alacsony légnyomás V (300 mb) gyors hőmérsékletváltozás
6	ipari alkalmazás és általában nem különleges körülmények között	száraz-hideg VI (–25) rázás ejtés
7	háztartásban	száraz-hideg VII (–10)
Második számjegy :		
2		száraz-meleg II (155)
3		„ „ III (125)
4		„ „ IV (100)
5		„ „ V (85)
6		„ „ VI (70)
7		„ „ VII (55)
8		„ „ VIII (40)
Harmadik számjegy:		
4	nedves trópusi klímán és ott, ahol tartós nedves behatással szemben jó ellenálló képessé- re van szükség	tartós nedves-meleg IV (56 nap) gyorsított „ „ IV (6 ciklus) penészedés sópermet IV (7 nap)
5	féltrópusi (értsd : TS ; szubtró- pusi) klímákon és ott, ahol nagy nedvességgel szembeni ellenállás szükséges	tartós nedves-meleg V (21 nap) gyorsított nedves meleg V (2 ciklus)
6	mérsékelt égövi klímán általában	tartós nedves-meleg VI (7 nap)
7	légmentesen zárt térben	tartós nedves-meleg VII (7 nap után 6 óra szárítás) gyorsított nedves-meleg VI (1 ciklus , utána 6 óra szárítás)

hermetikusan zárt rendszereknél a konstrukciónak már jelentős szerepe van és helyes kialakításával nagymértékben biztosíthatjuk a klímaállóságot.

1. Felépítés

Sima felületekre és lekerekített sarkokkal rendelkező zárt formára törekedjünk úgy, hogy a kikészítést akadályozó átfedéseket és bevágásokat kerüljük el. — Sarkos zezugos felületek elősegítik a penészképződést és rovarok, rágcsálók búvóhelyeül szolgálhatnak. Az átfedések kikészítése nehézkes, mert a kikészítést megelőző felülettisztítás, vagy maga a kikészítés folyamán nedvesség, elektrolit marad vissza, ami később nagyarányú korrózió megindítója lehet.

A szellőztetést megfelelő légárammal biztosítjuk, és a melegedő alkatrészeket célszerűen rendezzük el. — A működés közben melegedő alkatrészek közelébe ne helyezzünk hőre érzékeny alkatrészeket. Tegyük közelükbe azokat, melyek hőre nem érzékenyek, valamint azokat, amelyeknek a nedvességgel szembeni érzékenyséjük folytán a melegítés előnyös.

Ha bármilyen célra védőköpenyt használunk, az vagy olyan legyen, amely légmentes zárast nyújt, vagy olyan amely lehetővé teszi a jó szellőzést. A szellőző nyílásokat nagyon finom — apró nyílásokkal rendelkező — fém hálósával kell ellátni. A fémháló megakadályozza az apró rovarok, állatok bejutását.

Azokat az alkatrészeket, melyeknek meghibásodása gyakori, könnyen hozzáférhető helyre, leszerelhető kivitelben kell készíteni.

Törekedni kell arra, hogy a szerkezetben ne legyenek kapillárisok és nehezen tisztítható zugok. Az ilyen helyeken a pára lecsapódik, elpárologni nem tud, ami a szigetelés romlására, penészképződésre, vagy korrózióra vezethet.

A korrózió ellen kikészítéssel védett szerkezeteknél kerüljük el a szegecsek alkalmazását és a ponthegesztést. — Szegecselt helyeken a furat és a szegecs feje könnyen megsérülhet és a korrózió itt könnyen megindul.

Általában az alkatrészeket, de különösképp a huzalokat és kábeleket nem szabad szorosan egymás mellé szerelni. — Ilyen helyeken nincs légmozgás, aminek következtében könnyen fejlődik ki penész.

Nedves, korróziót előidéző környezeti klímában működő berendezéseknél különös gondot kell fordítani a biztosító földelésre.

A csapágyakat nedvességtől és portól védeni kell.

2. A berendezések kivitelezése a hőelvezetés szempontjából

A hőre érzékeny alkatrészeket a hőforrásoktól lehetőleg távol kell elhelyezni.

Alkalmazni kell a szerkesztés keretében számításba jövő hőelvezetési módokat: a hővezetést, a hőáramlást és a hősugárzást. — A védőköpenyt jó hővezető tulajdonságú anyagból kell készíteni.

A belső felületeket hőelvezetés céljából matt feketére kell festeni.

A készülék házának oldalán, a hőforrásoktól távol elhelyezett szellőző nyílás általában hatásos. — A leghatásosabb módszer a közvetlen, függőleges irányú légáramlás.

Az elektroncsöveket legcélszerűbb vízszintesen elhelyezni, ennél az elhelyezésnél a csövek és foglalatok hőmérséklete mintegy 20 C°-al kisebb, mint egyéb esetben.

3. Rögzítésekkel kapcsolatos szempontok

Ha az alkatrész különböző hőtágulási együtthatóval rendelkező anyagokból készül, megfelelő hézagokat kell hagyni.

Hidegfolyásra hajlamos szerkezeti anyagok alkalmazásakor figyelmet kell fordítani arra, hogy a csatlakozásoknál az anyagra ható fajlagos nyomás minél kisebb legyen. — Nagyobb környezeti hőmérsékleten a hidegfolyás fokozódik.

4. Szerkezeti anyagok megválasztása

Elsősorban olyan anyagokat alkalmazzunk, melyek külön védelem nélkül is ellenállnak a klimatikus behatásoknak. Ennek alapján kerüljük a természetes alapú szerves anyagokat. — Az önmagában klímaálló anyag nem kíván utólagos kezelést és így klímaállóságában jobban megbízhatunk.

A kontakt korrózió megelőzése végett az egymással érintkező fémeket úgy kell megválasztani, hogy potenciál különbségük 0,5 V-nál kisebb legyen. Ha ez elkerülhetetlen, az érintkező felületeket a nedvességtől szigetelni kell.

Anyagok

A klímaálló berendezéseknél felhasználásra kerülő anyagok vagy már önmagukban klímaállók, vagy valamilyen kezelés révén tesszük azokat klímaállóvá. Elvileg akkor járunk el helyesen, ha az előbbi csoportba tartozó anyagokat alkalmazzuk, ezt azonban számos esetben gazdasági szempontok akadályozzák meg. Például nem használható mindenütt rozsdamentes acél csak azért, hogy ne kelljen galvanizálni.

A konferencián résztvevő országok tapasztalatai ma még hiányosak ahhoz, hogy megmondhassuk, melyik klímaállósági fokozatra mely anyagok alkalmasak. Részben természetes körülmények között, azaz a trópusi területeken gyűjtött megfigyelések, részben pedig a mesterséges klímákon végzett vizsgálatok eredményei azonban már lehetővé teszik, hogy a legfontosabb anyagokra általános megjegyzéseket tehessünk.

1. Érintkezők

Jelfogókhoz csak akkor használjunk ezüst érintkezőket, ha a kapcsolások száma és a villamos terhelés kicsiny. Minden kéntartalmú levegőben az ezüst felületén rosszul vezető ezüstsulfid réteg képződik. Az ezüstsulfid képződés reakciósebessége

nagyobb hőmérsékleten, páradúsabb légtérben növekszik.

Nagyobb számú kapcsolás esetén (évente száz-ezer) a 30% palládiumot tartalmazó palládium-ezüst kontaktus bizonyul megbízhatónak.

Nagy villamos terhelésnél és nagyobb számú kapcsolás esetén a palládium, a platina-iridium és a platina alkalmazható.

2. Szigetelő anyagok

A rétegelt papír bakelit lemezek (fenolfiberek) közül csak azok alkalmazhatók, melyek a DIN szabvány IV-es osztályának megfelelnek (ismert típus az angol Delaron PI/B2 márka). Egyéb minőségek csak akkor jöhetnek számításba, ha azok utólagos védelméről még gondoskodni tudunk. A tapasztalat az, hogy gyengébb minőségű lemezek klímaállóságát nem érhetjük el azzal, hogy a vágott éleket utólag bakelit lakkal bekenjük.

A rétegelt papír-bakelit lemez klímaállóságát növeljük, ha vázanyagként acetilezett papírt használunk.

Rétegelt üvegvázú bakelit lemezek esetében gondot kell fordítanunk arra, hogy a beépített üveg lúgtartalma igen kicsi legyen. Jó technológiával és megfelelő anyagokból készített lemez a fenolfiberekkel jobb klímaállóságot tanúsít, de általában az anyag kezdeti villamos értékei gyengébbek. Legnagyobb hátrányuk, hogy nagy darabszámú alkatrészek készítésére nem alkalmasak, mert a prés-szerszámokat igen gyorsan elkoptatják.

Textil bakelit lemez alkalmazható ott, ahol mechanikai igénybevétel lép fel. Ha az anyagot alkid-gyantával kezeljük, élettartama lényegesen megnövekszik. A nedvességgel szembeni ellenállóképességet fokozza, ha a lemezeket beszerelés előtt forró olajba itatjuk.

Rétegelt papír-melamingyantás lemezeket tartja a legjobbnak az irodalom. Villamos paramétereik nedves körülmények között is alig változnak.

Szigetelő papírok kezelés nélkül nagy mennyiségű nedvességet szívnak magukba, megduzzadnak, penészednek. Természetes bázisú olajjal itatott papírok alkalmazása azzal a veszéllyel jár, hogy nedves meleg környezetben az olajban jelenlévő, vagy abból felszabaduló szabad zsírsavak az érintkező fémek korrózióját idézik elő. Különleges olajokkal itatott papírok alkalmazhatóságát esetről-esetre kell mérlegelni.

A szigetelőcsövek közül alkalmatlanok a viasszal vagy olajjal itatott papír — vagy textil — csövek. Alkalmas lehet megfelelő, szintetikus lakkal kezelt acetilezett textiltvázú cső. Irodalmi adatok poliuretánnal védett, üvegselyem vázú csövek jótulajdonságairól adnak hírt. PVC csövek csak abban az esetben használhatók, ha elektrolit mentes porból (pl. szuszpenziós), nehezen illó lágyítóval, megfelelő stabilizátorral stb. készülnek. A polietilén csövek még magasabb hőmérsékleten is alkalmazhatók.

Présanyagok közül klímaállóság szempontjából a szervetlen töltőanyagokat tartalmazó típusokat előnyben részesítjük, azonban széleskörű felhasználásukat gátolja az, hogy az alkatrészeket előállító

szerszámot erősen koptatják. Vannak faliszt töltőanyagú, klímaálló présporok is, melyeknél a gyantatartalom legalább 60% és a por olyan különleges technológiával készül, ami megakadályozza, hogy a faliszt nedvességet szivhasson magába. Természetesen a legsúlyosabb klimatikus igénybevétel esetén a szervetlen töltőanyaggal bíró speciális alkid-gyanta típusok — pl. melamin gyanták — biztosítják a leghosszabb élettartamot. — A karbamid-formaldehid gyantából készített présor sem a nedvességgel, sem a penészedéssel szemben nem tanúsít ellenálló képességet. Irodalmi adatok egyes alkid gyantabázisú présporok igen jó tulajdonságairól tanúskodnak.

A gumi, ha regenerátumokat, szennyező fehérjéket és szabad kén nem tartalmaz, trópus-álló anyagként kezelhető. Még jobb tulajdonságokat tanúsítanak egyes műgumik, mint a butilgumi és a neopren.

A keménygumi, ha szabad kén tartalmaz, korróziót okoz; a nagy légnedvesség, a magas hőmérséklet és a napfény hatására kénes savak keletkeznek. Ha a keménygumi alkatrész felülete nincs fényesre polírozva, akkor ott megül a penész.

Az üvegféleségeknek csak olyan fajtáit használhatjuk, melyeknek lúgtartalma kicsi. A sajtolt üvegek hajlamosak arra, hogy nedvesség hatására felrepedezzenek, aminek következtében felületi szigetelésük csökken. Az üvegből készült, hidrofób felületű átvezető szigetelők minden klíma típuson kiválóan bizonyultak.

A kerámiák felhasználhatósága tekintetében a bizottságnak nem volt egyöntetű álláspontja. Ami a véleménycserékből leszűrhető, az az, hogy a szteatit és a porcelán klímaálló. A felületen azonban penész fejlődhet ki, ha az nem egészen síma. Zománcozott vagy nagyon símára polírozott felületű tárgyakon a penészképződés elkerülhető. A klímaállóságot fokozhatjuk azzal, hogy a síma felületet még hidrofóbba is tesszük. Ez úgy történik, hogy az üzemeltetési hőmérséklettől függően szilikon vagy polistírol filmet viszünk a tárgy felületére.

A polietilén esetében, ha kizárhatjuk az aktinikus napfény behatását, a legjobb nedvesség és hővel szembeni ellenálló képességet érhetjük el. A polietilén masszába kormot adagolva az aktinikus hatást csökkentjük, azonban a villamos tulajdonságokat rontjuk.

A poliamidok (nylon, perlon stb.) villamos paramétereik gyengék és nedvességgel szemben kis ellenállást tanúsítanak, de trópusi körülmények között alkalmazhatjuk, ha kopás- és hőállóságot várunk az anyagtól. Figyelembe kell azonban venni, hogy a poliamid nedves légtérben duzzadásra hajlamos.

A PVC nedves meleg klímákon azzal a korlátozással építhető be a berendezésbe, hogy ne tartalmazzon elektrolitot és lágyítója megfelelő élettartamot biztosítson. A nagy környezeti hőmérsékleten könnyen illó lágyító az anyag gyors öregedését idézi elő. Hideg klímán ugyancsak tekintettel kell lenni arra, hogy csak különleges lágyítóval rendelkező PVC használata engedhető meg.

A polistírol a vizgőzt alig eresztí át és vizet nem vesz fel. Egyes típusai nagyobb hőmérsékleten sem deformálódnak. Az anyag egyetlen hátránya, hogy fémekhez nem tapad jól és ezért fémkivezetéseknél a fém és a polistírol között a vizgőz beszívárogthat; stirolflex kondenzátorok ezért nem alkalmazhatók védelem nélkül.

A triacetát nedvességgel szemben ellenálló. Alkalmazásának mérlegelésekor figyelembe kell venni, hogy 50—60 C°-on gyorsan öregszik, aminek következményeként ecetsavat fejleszt. Az ecetsav a fémeket korrodálja és a szigetelők elektromos tulajdonságait lerontja.

A cellulozacetobutírat, politrífluoretán és a politetrafluoretílen — irodalmi közlések szerint — nedves meleg klímaövezetekben is használható.

A metilmetakrilát (plexiüveg) tekintetében a következőket kell szem előtt tartani: az anyag stabil villamos tulajdonságokkal rendelkezik, nedvesség- és penészálló. Napfény hatására és a hőmérséklet gyakori változására gyorsan öregszik, aminek következtében mechanikai tulajdonságai romlanak. Hőállósága 50—55 C°, e felett deformálódik.

3. Ragasztóanyagok

A ragasztóanyagok tulajdonságainak romlását is a nagy nedvességtartalom, a nagy hőmérséklet és a következményként fellépő penészedés okozza. Azért nem jöhet számításba az állati és növényi eredetű ragasztók használata. — Műgyantákból készült ragasztók aszerint alkalmazhatók, hogy milyen alapanyagokból készültek. A legkiválóbbnak bizonyultak a telítetlen poliészter és különösképp az epoxi bázisú gyantából készített ragasztók. Egyes tapasztalatok szerint sós tengeri párák káros hatást fejtenek ki a ragasztásban. Gumiragasztáshoz gumíoldat a legjobb, kivéve a műgumikat, ahol a legtöbb esetben a vulkanizálás szolgálat biztonságos kötést. A papír ragasztáshoz nitrocellulóz vagy metilcellulóz bázisú ragasztókat írhatunk elő, melyek alkalmasak az elektrotechnikai gyártmányokat kísérő iratok ragasztására.

4. Fa, bőr

A fa nedvszívásra, korhadásra, penészedésre hajlamos. Ha az anyagot itatjuk, a felsorolt károsodásokat jelentős mértékben elháríthatjuk, de a legtöbb esetben ezen az úton nem érünk el célt. A tömör fát szerkezeteinkben, berendezéseinkben legtöbbször mechanikai elemként alkalmazzuk, úgyhogy az esztétikai követelményeknek is eleget kell tегyen. Az itatott tömör fára még nem ismerünk olyan kikészítési eljárást, mellyel azt biztonságosan trópusállóvá és például rádiószekrények vagy telefontechnikai kezelőasztalok számára esztétikailag kifogástalanná tehetnénk. A legjobb megoldást műgyantákkal itatott és kötött, rétegelt fával érhetjük el. Kisegítő megoldás még az a védelmi eljárás, melyet a lakkozás fejezetben ismertetünk.

Híradástechnikai gyártmányokban kevés helyen kerül alkalmazásra bőr, de meg kell említenünk, hogy nagy nedvszívó képessége miatt penészedésre és ennek következtében mechanikai szilárdságának

gyors romlására hajlamos. A penészedésre való hajlam csökkentésének egyik módja, hogy kikészítéséhez nem alkalmazunk növényi cserző anyagot inkább fémsókat. A másik mód a fungicid (penészölő) anyaggal történő itatás. A mai ismereteink szerint azonban nincs megfelelő eljárás, mellyel a bőrt klímaállóvá tehetjük.

5. Fémek

Klímaállóság szempontjából a fémeket 3 csoportra osztjuk:

azok a fémek, melyek nem igényelnek védelmet és önmagukban is klímaállók;

azok a fémek, melyek alkalmazását mechanikai és egyéb tulajdonságaiknál fogva nem kerülhetjük el, klímaállóságuk azonban nem kielégítő és ezért védelemre szorulnak;

azok a fémek, melyeknek használata semmi körülmények között sem engedhető meg.

Önmagában klímaálló a polírozott felületű rozsdamentes acél. A rozsdamentes acélnek számos változatát használjuk az iparban, melyek közül a 18% króm és 8% nikkel tartalmú acél ötvözet alkalmazásakor nem érhet meglepetés.

Nagy nikkel tartalmánál fogva a permalloy típusú ötvözetek ugyancsak kikészítés nélkül alkalmazhatók.

A bronzok közül leginkább az ónbronzt és annak is a 12% ónt tartalmazó változata nem igényel védelmet.

Az alumínium—réz, alumínium—réz—mangán, ötvözetek a fémeknek abba a csoportjába tartoznak, melyeket trópusi vagy tengerparti klíma behatásának kitett berendezésekben nem szabad használni.

A fémeknek azzal a csoportjával, melyet védelemmel kell ellátni a következő fejezetben foglalkozunk.

Technológiai eljárások

A gyenge és az erősáramú ipar berendezéseinek klímaállóvá tételében nagy a hasonlóság, sok helyütt egyeznek a problémák, ami kifejezően mutatkozik a kikészítési technológiánál. Ez a megállapítás indokolja, hogy a technológiai eljárások megtárgyalásánál a konferencián együtt üléseztek a 8 ország mindkét iparágának küldöttei. Egy teljes tárgyalási napot kitöltő téma volt a

1. Lakkozás

A lakkozási technológia problémáinak megtárgyalása során elhangzott álláspontok a következőkben foglalhatók össze:

Az exportárak klímaállósága terén a lakkipar-nak jelentős szerepe van abban, hogy megfelelő védekezési módszereket dolgozzon ki.

Míg a száraz-meleg trópusi klímán a védőlakknak főleg hővel és ibolyántúli sugarakban gazdag fénnel szemben kell ellenállást tanúsítania, addig a nedves-meleg klímán a nedvesség és vízgőz jelenléte miatt a korrózióval szemben kell hogy védelmet nyújtson.

Nedves-meleg klímán a hőmérséklet általában 20 °C fölé és a relatív nedvességtartalom 60% fölé van. Ez azt jelenti, hogy a vízgőz diffúzió sebessége az ilyen klímákon kétszer, háromszor nagyobb, mint a mi mérsékelt égövi éghajlatunk alatt. A tapasztalat szerint a lakkok élettartama trópusi klímán a mérsékelt égövhez képest felére illetve egyharmadára csökken.

1. Vas és acél alkatrészek lakkozása

Gyakorlati tapasztalatok azt mutatták, hogy az egyik legalapvetőbb követelmény a védendő tárgy felületének kifogástalan előkészítése. Enélkül a legkiválóbb minőségű lakkfajta sem nyújt kielégítő védelmet. Az előkészítésre vonatkozóan a DIN Blatt 55 928 (2) előírásai alkalmasnak bizonyultak azzal az eltéréssel, hogy a vas kémiai előkezelését ki kell zárni. Ki kell zárni a hideg vagy meleg foszfátozást, a kromatizálást, és az ún. rozsdáátalakító foszfátozást. A tapasztalat azt mutatta, hogy ezekkel az eljárásokkal nem lehet kizárólag vízdoldhatatlan vas-sókat előállítani és így a leg gondosabb öblítés után is maradnak vízdoldható sók jelen, melyek az említett 2—3 szoros vízgőz diffúzió következtében elektrolitként hatnak és a védőréteg gyors leromlásához vezetnek.

A korrózió ellen védő alapozásra vastárgyak esetében a lenolaj sem bizonyult kielégítőnek. Még le nem zárt vizsgálatok azt mutatják, hogy klórkaucsuk kötőanyagba kevert minium jobbnak bizonyul. A legjobb védelmet közepesen zsíros alkidgyantába kevert minium, miniumólomkromát, illetőleg ólomcianamid eredményezi. Ahol nem előírás a minium használata, ott olaj-fenolgyanta vagy aminoplaszt-vinoflex alapba kevert ólommentes cinkkromát-primer előnyösen használható.

A fent említett alapozónál jelentősen gyengébb védelmet nyújt a ftalátgyanta alapozóba kevert vörös vasoxid. — Az anodikusan passzíváló hatású rozsdagátló pigmentekkel szemben ujabban egyre inkább alkalmazzák a katodikus védelmet nyújtó fémporokat, mint az alumíniumbronzot vagy a cinkport, pigmentek: kötőanyag = 95:5 arányban. Ezt az alapozót főleg száraz-meleg klímán célszerű használni különös tekintettel az alumínium-pigmentek fényvisszaverő tulajdonságára. — A kedvelt Wash-primer trópusi körülmények között nem nyújt elegendő korrózió elleni védelmet.

A tapasztalatok azt mutatták, hogy két rétegben felvitt, 20—35 mikron vastag, korróziógátlást biztosító alapozót kell használnunk úgy, hogy az első alapozó réteget erőteljes mázolóssal, míg a másodikat szórással visszük fel. — Hatékony rozsdagátlással és passzíváló hatással bíró alapozók alkalmazása nélkül, pl. különféle itató vagy pigmentálatlan szigetelő lakkok alkalmazása során az egyes gyárak produktumainál jelentős kár volt tapasztalható. Az említett elektromos szigetelő alkid-lakkok közül a poliuretán-alkid bázisú kombináció filmje rendkívül kedvező diffúziós állandója révén a trópusi körülmények között kedvező tulajdonságot mutatott.

Akkor járunk el helyesen, ha az alapozás után két egymást követő réteget viszünk fel, melyek

közül az egyik az alaplakk, a másik a fedőlakk. Az alaplakk erősen pigmentált réteg, melyre a felületi szint és fényt megadó pórusmentes fedőréteg következik. A külső fedőlakk az, amely a klimatikus hatásokkal közvetlenül érintkezik, ezért ennek megválasztása különös gondot igényel. A fedőlakkok filmképző anyagaként az alkidgyanták váltak be és ezek közül is egy középzsíros ricinus alkid. Nem merült fel kifogás a vinoflex lakkokkal szemben sem, ha nem voltak közvetlen, erős napsugárzásnak kitéve, vagy ha a filmképző anyagot alkidgyantával, esetleg kaucsuk-nitrocellulóz kombinációban alkalmazták. Még jobbnak bizonyult az alkidgyanta melamin kombináció.

Korszerű, de nehezen elérhető anyagokként kell megemlítenünk a poliuretánt, a poliuretán-alkidgyanta kombinációt és az epoxi gyantákat.

Kerülnünk kell a belföldön széles körben alkalmazott olajdús lakkokat, melyek a nedves-meleg klímán penész és baktérium támadásnak áldozataivá válnak és ettől való megvédésük azért is nehéz, mert a lakkba kevert fungicidok onnan könnyen kilúgozódnak.

Helytelenül választott pigmentek a lakkfilm krétásodásához vezet, ami már a védelmi rendszer tönkremenetelének kezdetét jelzi. A fotokémiaiilag aktív pigmentek, mint pl. a titándioxid anatóz modifikációját vagy a cinkoxid alkalmazását a krétásodás előidézése miatt mindenképpen kerülni kell.

Még kell még emlékeznünk a kitről, mint a krétásodás második legfőbb előidézőjéről. Gyakorlatilag azt mondhatjuk, hogy a kitrnek a lakk-retegre kifejtett romboló hatása a kitrreteg vastagságával arányosan nő. A kitrreteg gyorsítja a krétásodást, ezzel siettetni azt a folyamatot, mely a lakk-reteg fényének elvesztésére, majd teljes tönkremenetelére vezet. Ha egyes esetekben a kitt alkalmazását nem is kerülhetjük el, semmiképpen sem szabad arra berendezkednünk, hogy géprészek hiányzó felületeit, egyenetlenségeit kitt felvitelével pótoljuk.

Száraz-meleg trópusi klímán a lakkréteg védelmét fokozhatjuk azzal, hogy fényvisszaverő képességgel bíró alumíniumport, vagy fényálló minőségű, szerves bázisú pigmentet keverünk a filmképző rétegbe.

2. Könnyűfémek lakkozása

Az alkalmazható alumínium ötvözeteknél az előkezelések között jelentőséggel bír az anodik oxidáció (eloxálás) vagy a foszfátózás, aminek következtében bár maradnak vissza vízdoldható sók, de ezek jelenléte könnyű fémeknél nem rejt olyan veszélyt magában mint a vasötvözetek esetében.

A megfelelően előkészített, előkezelt felületre felhordott cinkkromát alapozó, 15—25 mikron vastagságban, már olyan alapot biztosít, melyre az első fejezetben említett alap- és fedőlakk rendszereket alkalmazva trópusállóságot érhetünk el.

3. Faanyagok lakkozása

Védelmi szempontból a legegyszerűbb ha a fától mint konstrukciós elemről eltekintünk. Ha ez nem lehetséges a következő megoldások közül kell választanunk:

Mivel a kreozottal vagy klórozott naftalinnal végzett itatás folytán a fa felületére már nem vihetünk fel lakkréteget, ajánlatos nem itatott faanyagot használni. A nem itatott faanyagot vízben oldott polivinil—acetát latexszel kell bevonni, erre a rétegre hordjuk fel az alapozót. Pigmentsként használhatunk titándioxidot, cinkoxidot és egyéb anyagokat. A következő bevonó lakkrétegbe vasoxidvörös, cinkkromát, vagy egyéb hasonló pigmentet keverünk bele. A legfelső réteghez adjuk a fungicid anyagot is, ami lehet pentaklór-fenolnátrium, rézoxikínolin vagy más alkalmas penészölőanyag.

Abban az esetben, ha a faalkatrész vagy berendezési tárgy a trópusi klímaövezetben zárt térben kerül felhasználásra, akkor egy alkidgyanta kombinációs réteg is megfelel. Ebben az esetben az itató réteg pigmentet nem tartalmazó lenolaj vagy dehidratált ricinus bázisú alkidgyanta. A következő két réteg, tehát az alap- és fedőlakk, ugyancsak dehidratált ricinusolaj bázisú alkidgyanta. Lehetséges az említett lakknak PVC-vel vagy klórkaucsukkal képzett kombinációit is használni. A pigment megválasztásánál itt is kerülni kell a fotokémiai aktiv, krétásodást okozó anyagokat.

2. Galvanizálás

A klímavédelem esetében a galvanizálás célja az, hogy az egyébként nem klímaálló alapfémek korrózió ellenálló bevonattal lássuk el. A védőbevonatok kiválasztásához tudnunk kell azt, hogy a galvanikus réteg mindig porózus, de a pórusok száma a rétegvastagság növelésével jelentősen csökken és szélső esetben gyakorlatilag nullára redukálható. Sajnos az egyes tényezők optimumai nem esnek egybe és ezért kompromisszumot kell kötni — hangsúlyozta beszámolójában Zalabak mérnök, a csehszlovák delegáció egyik Kinában is járt tagja.

A korrózió ellen jó védelmet nyújtó kis porozitású réteg az esztétikailag tetszetős védőbevonatok esetében 30—50 mikron között van, de ennek elérése kényes, nehézkes technológiát igényel és finommechanikai vagy műszeripari részekenél a mérettűrés miatt kivihetetlen. A vékonyabb rétegben is jó védelmet biztosító védőbevonatok viszont nem tetszetősek, vagy rossz mechanikai tulajdonsággal rendelkeznek. Az elmondottak alapján nem mindig háríthatjuk a védelem teljes feladatát a védőbevonatra, hanem esetenként az alapanyag megválasztását kell módosítani.

A bevonat kiválasztásában és hozzátartozóan a rétegvastagság meghatározásában szerepe van a védendő tárgy formájának is, amit a kivitelezés módja szab meg. Apró alkatrészeket — csavarokat, anyákat, alátéteket — tömeggalvanizáló fürdőkben dobozokban, harangokban készíthetünk ki, míg közepes méretű tárgyakat fűzve, vagy akasztva, álló

vagy vándor fürdőkben. A tömeggalvanizálási módszerekkel mindig csak vékonyabb bevonatot érhetünk el.

A védőbevonat kiválasztásánál tehát szerepe van a tárgy anyagának — vas vagy réz ötvözet —; rendeltetésének — mérettűrésű alkatrész-e vagy kopásnak van kitéve; — méretének — apró csavar-e vagy nagyobb sín.

E szempontok alapján a szakértői munkabizottság az alábbi egyöntetű álláspontot alakította ki:

Klímaálló berendezések alkatelmeinek korrózió elleni védelménél elsődlegesen,

a réz—nikkel vagy réz-nikkel—króm (a továbbiakban réz-nikkel) és

a kadmium bevonatokat alkalmazzuk.

Az ismertebb védőbevonatok közül a horganyt kell még megemlíteni, ami azonban nedves—meleg klimatikus körülmények között nem alkalmazható.

A galvanikus bevonatoknál jelentős szerepe van az alapanyag felületének. Rűcsös, egyenetlen felületre felvitt galvánrétegre nem érvényes az alábbi felsorolásban megadott védőréteg vastagsága, mert az ilyen felületen sok esetben a védőréteg többszöröse biztosítja csak a kívánt pórusmentességet.

Minthogy a fémek korróziója szempontjából a TH klímacsoport a legagresszívebb, ezért az alábbiakban a TH klímaövezet számára alkalmas kikészítési módokat adjuk meg:

vas alkatrészen a réz—nikkel réteg min. vastagsága 30—36 mikron;

vas alkatrészen a kadmium réteg vastagsága min. 12—20 mikron;

réz alkatrészen a nikkel réteg vastagsága min. 12 mikron.

A felsorolt rétegvastagságok nem minden esetben tarthatók be.

Olyan menetes vagy illeszkedő alkatrészeknél, melyeknek átmérője kisebb, mint 6 mm, ne használjunk vas alapanyagot, hanem sárgaréz, melyre 6 mikron nikkel viszünk fel. 6 mm-nél vastagabb alkatrészekre, ha azok vasból készülnek, 12—15 mikron vastagságú passzívált kadmium bevonatot, ha az alapanyag sárgaréz minimum 7—8 mikron nikkel réteget kell felhordanunk. 20 mm-nél vastagabb acélból készült lemezek, alkatrészek védelmét elérhetjük alumínium diffúziós eljárással is vagy tűzhorganyozással és festéssel. Ha 6 mm-nél vékonyabb csavarok nem készíthetők réz ötvözetből — sárgarézből vagy bronzból —, sem pakfonból, sem rozsdamentes acélból, hanem kizárólag vasból, akkor csak 6 mikron vastagságú passzívált kadmium réteg védelmére szorítkozhatunk.

A legkritikusabb apró alkatrészek, a csavarok kikészítésénél megbízható védelmet akkor érhetnénk el, ha biztosítható lenne, hogy a menetvágó szerszámokat addig használják vascsavarok készítésére, míg azok a névleges érték alatti, — a negatív tűrésbe eső — alkatrészeket termelik. Ha a szerszám már annyira kopott, hogy pozitív tűrésű csavarokat produkál, akkor már csak sárgaréz csavarok gyártására alkalmas. Így lenne biztosítható, hogy a szükséges rétegvastagság felvitele esetén sem adódjon zavar az alkatrészek szerelésekor (menetutánvágás).

Az apró alkatrészek másik kritikus csoportját képezik a rugók. A rugókat ajánlatos berillium- vagy foszforbronzból készíteni. 1 mm-nél vastagabb szálból vagy lemezéből készített rugó anyaga lehet acél is és ebben az esetben a védelmet 12—15 mikron vastag passzívált kadmium réteg látja el.

A kadmiumozott rugókat a hidrogén ridegség megszüntetése végett hőkezelni kell.

A leírt elvek kivitelezése, különösen nagyobb rétegvastagságok esetén, komoly követelményeket támaszt a galvanizáló műhellyel szemben. A 30—36 mikron vastagságú réz-nikkel réteg korszerű, meleg, folyamatosan szűrt elektrolitlét, mozgó katódokkal érhető el. A helytelenül megválasztott alapanyagok, a kellő gondosság hiányával végzett kikészítés jelentős korróziós károk okozója lehet.

3. Csomagolás

Az ugyancsak nagy érdeklődésre számot tartó, csomagolástechnikai kérdésekkel foglalkozó előadást Jablonsky lengyel szakértő tartotta, aki szabványjavaslatot is terjesztett a konferencia elé. A konferencia a javaslatot elfogadta kipróbálásra úgy, hogy az egyes országok a megadott eljárásokat ellenőrzik a szerzett tapasztalataikról a LNK-t értesítik, amely ennek nyomán elkészíti a végleges szabványtervezetet.

A kipróbálásra elfogadott javaslatot a következőkben foglalhatjuk össze:

A klímaálló berendezéseknek a csomagolása is a szokásostól eltérő módszert igényel.

1. A mechanikai rongálódásokra érzéketlen szilárd szerkezetű tárgyakat egyszerűbb módon csomagoljuk. Ezeknél feltételezzük, hogy korrózió behatásokra is érzéketlenek és így ezeket a szállításhoz szükséges ládába vagy keretbe rakás előtt csupán 1—2 réteg bitumenes papírba csomagoljuk.

2. Mozgó vagy pontos illeszkedésű alkatrészekkel nem rendelkező, egyszerű, szilárd szerkezetű tárgyak csomagolását a következő módszerek szerint vitelezzük ki: a tárgyat korrózió ellen tartósan védő bevonattal (galvanikus vagy lakkbevonattal) látjuk el.

Azok a tárgyak, melyek ilyen bevonattal nem rendelkeznek legalább is a szállítás tartamára, ideiglenes védőbevonatot igényelnek. Ezek a védőbevonatok azonban csak akkor hatásosak, ha a tárgyakat előzőleg gondosan megtisztítottuk. Az ideiglenes védőbevonat lehet orsó- vagy gépolaj, korrózió ellen védő konzisztens kenőanyag, lakkhártya vagy egyéb műanyag film. A bevonattal ellátott tárgyakat először zsírhatlan, majd vízhatlan papírba csomagoljuk.

A felsorolt két csoport bármelyikébe tartozó tárgyakat a korrózió elleni védelem kialakítása

után alkalmas karton dobozokba vagy egyéb mechanikai védelmet nyújtó göngyölegbe helyezzük bele és azután csomagoljuk ládába.

3. A kényesebb berendezéseket már igényesebb módszerrel kell csomagolni, mégpedig úgy, hogy teljesen megóvhassuk a külső mechanikai és klimatikus behatásoktól. Ebben az esetben a berendezés alkatrészeit a 2. pontban felsorolt módszerek valamelyikével kell védeni a korróziótól. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a lakk vagy műanyag filmet csak ott alkalmazzuk, ahol a védőréteg eltávolításakor nem áll fenn a kényes alkatrész megsérülésének veszélye. E nagyobb védelmet biztosító csomagolási módnál a második pontban említett, dobozott árukat még egy vízhatlan dobozba kell csomagolni, majd kívülről viasszal vagy hasonló nedvességelzáró réteggel kell bevonni. A nagyobb alkatrészeket vagy tárgyakat ebben az esetben kétszeres vízhatlan papírba göngyöljük. A vízhatlan papírt ugyancsak lezárjuk kívülről viasszal. Az így előkészített tárgyakat rakjuk a csomagoló keretbe, melyeket szintén vízhatlan papírral burkolunk be és ezután helyezzük ládába.

4. A szállítás alatti klimatikus behatásokkal szemben igen érzékeny tárgyakat hermetikusan csomagoljuk. A hermetikus csomagolás módszerei: fémhődobból vagy horganyzott acélból készült ládába helyezzük a tárgyakat és a ládát leforrasztjuk; a légmentes lezárást PVC, vagy polietilén fóliával biztosítjuk, úgy hogy a nyílásokat lehegesztjük; a gyártmányt ún. cocoon eljárással csomagoljuk be.

Az említett csomagolási módszereknél számításba vesszük azt is, hogy a becsomagolt levegőnek nedvességtartalma van, ezért a tárgyak mellé vízelnyelő anyagot (szilikagélt) is teszünk olyan mennyiségben, hogy a bezárt légtér relatív nedvességtartalma ne haladhassa meg a 30%-ot. Nem részletezzük azokat az előírásokat, melyeket a szállítás előtt és alatt, továbbá a tárolás folyamán be kell tartani, de hangsúlyoznunk kell, hogy mindezeknek a szerepe igen jelentős, mert a rosszul csomagolt áru a hosszú szállítás folyamán a rendeltetési helyére érkezve már használhatatlanná válhatik, ami hatalmas anyagi és erkölcsi kárt jelent.

Nehéz volt a klimatizáció szerteágazó problémakörét egy hatnapos konferencia keretében összesűriteni és még nehezebb lett volna arról es cikk formájában hű képet adni. Célunk az volt, hogy híradástechnikai gyártmányaink minősége és főleg eredményes exportja érdekében ezúton is felhívjuk erre a figyelmet és a klimatizációval foglalkozó szakértők számára pótoljuk a hiányt, amit a konferenciáról való távolmaradásuk jelent.

(Szemle folytatása a 97. oldalról.)

Ausztráliában az első troposzférikus diffúziós terjedésen alapuló rádióösszeköttetés kísérleti vevőállomásátüzembe helyezték Salisburyben. Az adót, amely folytonos jeleket ad, a 300 km-re lévő Woomera-ben telepítették. A vevő folyamatosan regisztrálja a vételt és azonkívül statisztikus kiértékelést végez a jel erősségének a szempontjából. A térorösség változás görbéi összehasonlíthatók lesznek az Angliában és az Egyesült Államokban nyert eredményekkel.

A *solion*, amely a *solution* (oldat) és az *ion* szavakból nyerte elnevezését, új elektrokémiai anyag. Amerikai kutatók szerint bizonyos területeken túlhaladja majd az elektroncsöveket, sőt a tranzistorokat is. A *solion* működése a elektronoknak folyadékon keresztüláramlásán alapszik, szemben az elektroncsöveknek térbeli és a tranzistoroknak szilárd vezető közegével szemben. Előnye, hogy rendkívül kis energiát igényel, azonkívül érzékeny és pontos is. Önköltsége rendkívül csekély. Gyártása nagy sorozatokban is könnyű.

Борош-Дьёви и Келенцел М.: Печатная схема

Статья на основании литературных сведений в ступительной части дает краткое историческое обозрение печатной кабельной проводки с выяснением понятия, необходимых основных материалов и деталей, технологию результирующую кабельную проводку, создание цепей, системы модулей и для применения этой технологии показывает примеры описывая все технологические продукты. Сверх этого в отдельных разделах и в заключении суммарно показывает отечественные результаты существовавших до сих пор и замыслы выполняемых в ближайшем будущем.

Бонер Э., Боршош К, Денеш К. и Кардош Г.: Оформление конструкции высокочастотного коаксиального кабеля нового типа

Излагается коаксиальный кабель нового типа, пригодный для высокочастотного, широкополосного, многоканального режима и для телевизионной трансляции. Наружный проводник кабеля представляет собой неразъемную, гладкую, однородную, совершенно водонепроницаемую алюминиевую трубу, а внутренний проводник — алюминиевую проволоку.

Дистанционный изолятор кабеля — полистироловая труба, нанесенная на внутренний проводник в виде открытой спирали. Электрические значения соответствуют результатам достигнутым с другими типами. Применение особого свинцового кожуха не требуется, его производство не требует специальной машины. Производство кабеля более экономично любого типа.

Валко И. П., Кемень А. и Палфи А.: Шумы пентодного тока по низкой частоты.

Разнообразные шумы в электронных лампах. Сравнение шумов ламп с эффектом мерцания. Возникновение эффекта мерцания. Результаты испытания указывают, что эффект мерцания в пентодах на 10—20% больше нежели в триодах. Теоретическое обоснование.

Лайко А.: Система производство многоканальных систем-телефонирования несущей частоты

Изложение точки зрения развития новой производственной системы техники связи, с-одержащей в себе многоканальное телефонное оборудование по воздушной линии, по кабелям и по каналам радио. Изложение единой системы модуляции и общее описание цепей, дающих несущей частоты и сигнальных цепей. Данные техники связи и конструкционная постройка оборудования.

Адамши Бела: Принципиальные вопросы проектирования передатчиков с частотной модуляцией

Часть I. Изложение требований связанных с постройкой передатчиков несущей частоты, обозрение и оценка отдельных методов.

Часть II. Расширение области применения частотной модуляции и Формирование ультракоротковолновых станций нового типа детерминирует направление развития передатчиков, которые после удовлетворения требований связанных с эксплуатацией. Развитие характеризруется автоматизацией резервирования аппаратуры и контроля. Параллельная эксплуатации и системы реле разного типа для цели автоматизации получают более широкое применение.

Еней И.: Конспектное обозрение о конференции по тропикализации состоявшей в Будапеште

Систематизирование понятий связанных с тропикализацией. Положение испытаний по климату. Выработка правильной топикостойкой конструкции. Выбор разных конструктивных материалов. Контакты. Изолирующие материалы. Клеющие материалы. Древесина и кожаные материалы. Металлы. Методы технологии. Покрытие лаком. Гальванизация. Упаковка.

Катона Й.: Расчет габаритных размеров электролитических конденсаторов

Статья знакомит нас с новым методом расчета габаритных размеров электролитических конденсаторов. Основой расчета является то, чтобы тепло производимое конденсатором давало стационарное электрическое и теплопроводное положение. Представляется возможность для вычисления допустимое максимальное проводного тока при котором еще как раз обеспечивает стабильное положение.

Козма Л.: Линейные концентраторы в жилых домах, как один из способов удешевленных услуг телефонной связи

Автор занимается с возможностями повышенной децентрализации телефонных станций и связи с этими экономическими условиями применения так называемого телефонного линейного концентратора в жилых домах. Излагает основные показатели оборудования служащие подобным целям, распространение в заграничные и из этого выводит заключение с точки зрения эксплуатации и ухода, которые объясняют применение заграничных решений, связанные часто с большими расходами. После этого статья дает описание о линейных концентраторах в венгерских жилых домах и в общих чертах рисует те задачи, которые — по мнению автора — этой области венгерская телефонная промышленность должна исполнять.

Эреки В.: О способах измерения токов, происходящих из термической эмиссии сеток электронных ламп.

Измерение термического тока эмиссии управляющей сетки в первую очередь необходимо к испытанию долговечности электронных ламп, а в случае усиления мощности, и к определению предела нагрузки сетки. Так же играет важную роль это измерение при выборе удобных материалов сетки с точки зрения эмиссии сетки. Автор систематизированно знакомит нас с основными способами измерения, наведенными в литературе. Излагает свои замечания на вышеуказанные и относительно их уточненность. Сообщает метод для несложного измерения тока насыщения эмиссии сетки без эффекта Шоттки. Занимается с отдельными составляющими управляющей сетки обратного тока по пути измерения с особым вниманием на составляющий термической эмиссии. Автор вносит предложение для определения характерных данных эмиссии сетки на основании характеристики термической эмиссии.

Лайта Деръ: Отрицательный импеданс и стабильность двухпроводных цепей.

При усилении в двухпроводных цепях с отрицательным импедансом появляются многочисленные новые вопросы, которые относятся отчасти к включению усилителей, отчасти к устойчивости двухпроводной цепи. Во первых рассматриваются те включения при помощи которых можно получить отрицательный импеданс, для осуществления этого выбираем какой либо дедуктивный метод. Во вторых рассматривается двухпроводная цепь с усилителями с точки зрения стабильности и остаточного затухания. Результат расчета показывает область применения. Определяется место отрицательного импеданса в цепи и приводятся сравнения между соединениями, полученных с помощью обычных двухпроводных усилителей и с использованием усилителей в цепях с разными отрицательными импедансами. Наконец излагается метод измерений, который дает максимальную величину отрицательного импеданса и при подключенный линии, импеданс остается стабильным. Преимущество этого способа является в том, что из измеряемых данных можно определить искомое значение графически путем.

Гобби Иштван: Определение коэффициента гистерезиса с измерением изменения самоиндукции.

Для измерения коэффициента гистерезиса в литературе найдутся несколько методов. Самым же годным оказалось с точки зрения техники измерения если коэффициент гистерезиса определяется с измерением изменения самоиндукции. Для произведения этого измерения не требуется даже специальный мостик. После принципиального обоснования вышеуказанного метода автор на одном примере указывает расчет и пригодность этого метода.

Ван Тамаш: Физика кристаллических триодов.

Основными-материалами кристаллических триодов являются полупроводники. Полупроводники — твердые тела с труктурой алмазной решетки. Электроны находящиеся в решетке находятся с разными уровнями энергии. Запирающие зоны имеют порядок 1 эв в их энергетической полосовой структуре. Механизм проводимости обеспечивается избыточными электродами и дырами, которые возникают застроившимися местами неправильностями правильной структуры кристаллической решетки. Место неправильности могут создавать рекомбинационные центры. Причины их возникновения: внешняя энергия, механическое воздействие и далее в-строенные атомы являющиеся примесями в кристаллической решетке. Атомные примеси действующие из пятого столбца периодической системы создают полупроводниковый материал типа *n*, а действующие из третьего столбца — типа *p*. В полупроводниках типа носителями заряда являются в подавляющем большинстве электроны как и в полупроводниках типа *p* — дыры.

Bohner, Borsos, Dénes, Kardos : Construction d'un nouveau type de câble coaxial à haute fréquence

On fait connaître un nouveau type de câble coaxial à haute fréquence utilisable en service de systèmes à nombreuses voies ou de la télévision. Le conducteur extérieur du câble est un tuyau en aluminium, parfaitement homogène, résistant à l'humidité. Le conducteur intérieur est également en aluminium. L'isolement du câble qui assure la position du conducteur intérieur est un tuyau en polyéthylène monté en spire. Les caractéristiques électriques correspondent à celles obtenues avec d'autres types de câbles. L'application d'une armature en plomb n'est pas nécessaire et la fabrication n'exige pas de machines spéciales. La fabrication du câble est plus économique que celle d'autres types.

Valkó, Kemény, Pálfi : Bruit des pentodes aux fréquences basses

Traitement des divers bruits des tubes à vide. Comparaison entre le bruit de fond et le bruit d'étincelle. Provenance du bruit d'étincelle. L'effet de la répartition du courant. Essais et mesures. Les résultats prouvent que le bruit d'étincelle dans les pentodes est plus grand que dans les triodes (de 10—20%). Motivement théorique.

Boros-Gyevi, Kelenczés : Circuits pimprimés

L'article fait premièrement connaître l'histoire des circuits imprimés partant des données de la littérature. On précise les dénominations, puis on traite les matières premières, les technologies aboutissant au câblage, l'obtention des circuits, le système des modules et enfin on donne des exemples de l'application de cette technologie. Dans chaque paragraphe, et à la fin, on résume les résultats obtenus et on précise la ligne du développement futur.

Lajkó : Famille d'installations téléphoniques par courants porteurs à nombreuses voies.

On fait connaître les points de vue du développement de la nouvelle famille d'installations incorporant les installations téléphoniques à nombreuses voies exploitées sur des lignes aériennes, sur câbles ou sur voies radio. Membres de la famille. Traitement du système de modulation uniformisé. Présentation des circuits de conversation et de production des porteurs. Données techniques des installations et construction.

Adamis : Problèmes théoriques de l'établissement des émetteurs à modulation de fréquence (2-ème série).

Partie I. Exigences relatives à l'établissement des émetteurs à modulation de fréquence. Revue et critique des différents modes de réalisation.

Partie II. L'extension de l'application de la modulation à fréquence et la réalisation des divers types de stations à ondes ultra-courtes déterminent la ligne du développement des émetteurs, qui se dirige — après avoir totalisé les exigences primaires — vers l'accomplissement des exigences du service. Le développement est caractérisé par la tâche intense de l'automatisation. Le service en dérivation et les différents types de relais gagnent du terrain de jour en jour.

Jeney : Revue sommaire de la conférence de tropicalisation de Budapest

Précision des définitions de la tropicalisation. Présentation des essais climatiques. Construction correcte pour les tropiques. Choix convenable des matières. Contacts. Isolateurs. Matières de collage. Bois et cuirs. Métaux. Procédés technologiques. Vernissage. Galvanisation. Emballage.

Gobbi : Détermination du coefficient de hystérésis à partir de la mesure du changement de l'inductivité

La littérature contient plusieurs méthodes de mesure du coefficient de l'hystérésis. Du point de vue de la mise au point des mesures, la méthode la plus avantageuse était celle qui faisait appel à la mesure de la modification de l'inductivité. Cette mesure n'exige pas de ponts spéciaux. Après avoir fait connaître les motifs théoriques, l'auteur prouve l'utilité du procédé à l'aide d'un exemple numérique.

Lajta : Impédance négative et stabilité des circuits à deux fils.

L'amplification des circuits à deux fils à l'aide d'impédances négatives entraîne de nombreux problèmes nouveaux relatifs d'une part à l'amplification, d'autre part à la stabilité du circuit amplifié. On passe d'abord en revue les divers réseaux capables de fournir d'impédances négatives et on cherche une méthode déductive de réalisation. Puis, on contrôle le circuit amplifié du point de vue de la stabilité et de l'équivalent. Le résultat des calculs fournit les terrains d'application. On détermine ensuite le point d'insertion de l'impédance négative et on compare les liaisons amplifiées avec les diverses impédances négatives à celles réalisées à l'aide des répéteurs à deux fils.

On fait enfin connaître une méthode de dimensionnement fournissant la plus grande valeur de l'impédance négative qui, insérée à la ligne, la rend encore stable. L'avantage du calcul est que la valeur recherchée peut être déterminée par une voie graphique à partir des mesures.

Bán : Physique des transistors (Première partie)

Les matières de base des transistors sont des semi-conducteurs. Ceux-ci sont le plus généralement des corps solides d'une structure cristalline comme le diamant. Les électrons dans la structure cristalline occupent de différents niveaux d'énergie. L'ordre de grandeur de la zone d'excitation dans la structure de niveau d'énergie est de 1 mV. Le mécanisme de la conduction est assuré par d'excès d'électrons et de trous qui ont pour cause des défauts intercalés dans la structure cristalline. Les défauts peuvent être agglomérés comme de centres de recombinaison. La cause de leur naissance peut être : énergie extérieure, effet mécanique ou impureté dans la structure cristalline sous forme d'atomes étrangers.

Des impuretés provenant de la cinquième colonne du système périodique résultent des semi-conducteurs du type n, celles appartenant à la troisième fournissent le type p. Dans les semi-conducteurs du type n, on a une conduction par d'électrons en excès, et dans ceux du type p par trous.

V. Ereky : Sur les méthodes de mesure des courants provenant de l'émission thermique de grille des tubes à vide

La mesure du courant d'émission thermique de la grille de commande est en premier lieu nécessaire à l'essai de la durée de vie des tubes à vide. S'il s'agit d'une amplification en puissance cette mesure vient à l'aide à la détermination de la charge admissible de la grille. Elle joue également un rôle très important au cours du choix des matériaux favorable au point de vue de l'émission de grille. L'auteur traite systématiquement les principales méthodes de mesure trouvées dans la littérature. A ce propos il fait ses remarques, ainsi qu'en relation de leur perfectionnement. Il donne une méthode pour la mesure simple du courant de saturation sans l'effet Schottky. Il s'occupe de la séparation par la voie des mesures des composants du courant inversé de grille de commande en regard au composant d'émission thermique. Il forme une proposition relative à la détermination des données caractéristiques de l'émission de grille, prenant pour base la caractéristique de l'émission thermique de la grille. A titre d'exemple il fournit encore quelques résultats de mesure.

J. Katona : Dimensionnement des condensateurs électrolytiques

L'article décrit une nouvelle méthode de dimensionnement des condensateurs électrolytiques. L'auteur prend pour base des calculs que la chaleur née dans le condensateur et celle diffusée par lui doivent arriver à un état stationnaire électrique et calorifique dans différentes circonstances de service. On peut alors calculer le courant admissible de conduction assurant encore l'état stable.

L. Kozma : Central téléphonique des maisons de rapport, comme une des solutions diminuant le prix du service téléphonique.

L'auteur s'occupe de la possibilité de plus en plus recherchée d'une décentralisation des centraux du réseau téléphonique, et à ce propos, des questions économiques de l'application d'un central de maison de rapport. Il fait connaître les caractéristiques principales de pareilles installations étrangères en mentionnant les divers points de vue du service et de la maintenance qui pourraient justifier les solutions étrangères parfois trop coûteuses. L'article décrit ensuite le central téléphonique de maison de rapport hongrois, puis il résume les problèmes qui — selon l'auteur — devront encore être résolus par l'industrie hongroise de téléphonie.

B. Adamis: Theoretical Problems of the FM-Transmitter Design (Part II)

Part I. Requirements concerning FM-Transmitter design. A survey and evaluation of the different solutions.

Part II. The trend of the transmitter development is determined by the increasing application territory of frequency modulation and by gaining ground of UHF-type stations. This trend is aimed at complying with the primary quality requirements and also at the claims concerning service. The evolution is characterized by a high-degree automatization. Parallel running and relay systems of different types find application in an ever increasing measure.

I. Jeney: A synopsis on the Tropicalization Meeting in Budapest

The systematization of concepts of tropicalization. Description of climate-tests. Forming of a proper construction resistive to tropical effects. Selection of constructional materials: contacts, insulators, glues, wood and leather materials. Technology: lacquer-coating, electro-plating. Packing.

J. Boros-Gyevi, M. Kelenczés: Printed Circuits

The paper, based on literature, first gives a survey on the evolution of printed wiring, then it gives the definitions of the terms and describes the required basic materials and components, the technology resulting the wiring, the production of the circuits and the modul-systems. Some examples of the application of the technology are presented.

In addition, in each paragraph and in the final summary accounts are given on the results arrived at in this country and an outlook opened at the lines of evolution expected in the near future.

E. Bohner, K. Borsos, K. Dénes and Gy. Kardos: New-Type High-Frequency Coaxial Cable Construction

A new-type high-frequency broad-band coaxial cable suitable for multi-channel operation and TV-transmission is described. The external conductor of the pair is a continuous, smooth, homogeneous, perfectly water-tight aluminium tube, while the internal one is an aluminium wire. The spacing insulator of the pair is a hose made of polyethylene and wound round the internal conductor in an open helix. Electrical characteristics equal with those obtained with other types. No additional lead sheath is required. No special machines needed for manufacture. The production is more economical than that of any other type.

I. P. Valkó, Á. Kemény, A. Pálfi: Low-Frequency Noise of Pentodes

Various noises in vacuum-tubes. Shot noise and flicker noise compared. Generation of flicker noise. Effects of current distribution. Tests and measurements. Experimental results make probable that the flicker noise in pentodes is 10 or 20 per cent higher than that in triodes. Theoretical verification.

Gy. Lajta: Negative Impedance and Stability of Two-Wire Circuits

The repeater of two-wire circuits by insertion of negative impedances is involved with many new problems relating to the negative impedance network on one hand and to the stability of the repeated circuit on the other. First a survey is given on the networks suitable to produce a negative impedance and some deductive method of their realization is sought for. Then the stability and transmission equivalent of the repeated circuit is examined. The application possibilities are shown by the results of calculation. The position of the negative impedance at which the same is to be inserted in the circuit is determined and comparisons are made between circuits, the losses of which are compensated by negative impedances of various kinds and by two-wire repeaters. Finally, a method of calculation is disclosed to determine the maximum value of the negative impedance which, when inserted in the line, produces a stable circuit. An advantage of that method is that the required value can be ascertained by graphical methods from results of measurements.

I. Gobbi: Determination of Hysteresis Factor by Measuring Inductance Variation

In the literature several suitable methods have been disclosed for hysteresis factor measurement. The method of determining the hysteresis factor by measuring inductance variation proved to be the most practical one. No special bridge is required by the measurement. After theoretical foundation the application of the method is demonstrated by a numerical example.

T. Bán: Physics of Transistors (Part I)

The basic materials of transistors are semiconductors. The semiconductors are most generally solid bodies of diamond-lattice structure. The energy levels of the electrons in the crystal lattice are different. The width of the prohibited band in their energy band structure is of 1 eV order. The mechanism of the conduction is provided by surplus electrons and holes due to the faults of the perfect lattice structure. The fault spots may act as recombination centres. They can be caused by external energy, mechanic effect or stains consisting of foreign atoms included in the lattice. Stains from the fifth column of the periodic system render the material n-type semiconductor, while impurities from the third column impart p-type properties. The charge carriers in the n-type semiconductors are, for the most part, electrons, while in the p-type semiconductors they are holes.

V. Ereky: Measuring Methods for Currents Due to the Thermionic Emission of the Grid of Vacuum Tubes

The measurement of the thermionic current of the control grids required in the first line in life-time tests of vacuum tubes, and in case of power amplification it is also useful in determining the rated current of the grid. It plays also an important role in selection of grid materials from emission current viewpoint. The basic methods of measurement already disclosed in the literature are discussed systematically and are commented together with their improvements. A simple method is disclosed on the measurement of saturated grid-emission current without Schottky-effect. The separation of the components of inverse control-grid current is dealt with a particular view to the component due to thermionic emission. Suggestions are given to determine the data characteristic to the grid emission on the basis of the thermionic characteristic curve of the control grid. Some results of actual measurements are presented as examples.

J. Katona: Rating of Electrolytic Capacitors

A new method of rating is disclosed for electrolytic capacitors. The calculations are based on stationary electrical and thermal conditions resulting from the balance of the heat generated in and extracted from the capacitor with different operating conditions. The maximum admissible leakage current with which stable operating conditions can be still maintained can be calculated.

L. Kozma: Apartment-House Telephone as a Way for Reducing the Expenses of Telephone Service

Possibilities of increased decentralization of the centres of telephone networks are discussed and at the hand of these problems the economy conditions of the application of the so-called apartment-house telephone are examined. The main characteristics of similar establishments installed abroad are described and conclusions are drawn to operation and maintenance viewpoints justifying the sometimes high expenses of the said establishments. After that the situation in this country is pondered and the task to be performed by the country's telephone industry (according to the author's opinion) is outlined.

S. Lajkó: Multichannel Carrier Telephone Equipment Family

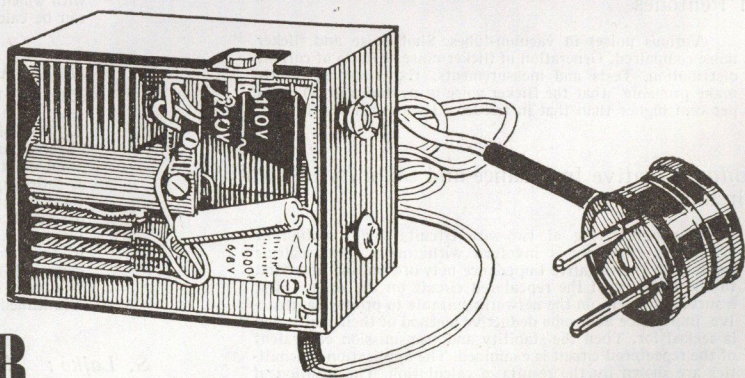
Development viewpoints of the new multi-channel carrier telephone equipment family including systems for open-wire lines, cable circuits and wireless transmission are discussed. The members of the equipment family, and the uniform modulation plan are presented. Transmission and carrier supply circuits are described in general. Performance data and general lay-out are shown.

FONTOS KÖZLEMÉNY

A TERTA-TÁSKARÁDIÓVAL KAPCSOLATBAN.

A TERTA táskarádió-adapter alkalmazásával a telepes készülék 110 és 220 Voltos hálózatra is csatlakoztatható. A TERTA táskarádió tulajdonosok az adapterrel a korábbi telephasználat lehetőségének megtartása mellett egy második hálózati készülékkel is rendelkeznek. A hálózati adapter ára : 285.—Ft. Szaküzletekben már kapható.

TELEFONGYÁR



Lapunk legközelebbi száma összevontan 4—5. sz. jelzéssel január hónapban jelenik meg.

MAGYAR HIRADÁSTECHNIKA

Felelős szerkesztő: Balogh Pál — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy Zsilinszky út 22. — Telefon: 113—450

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1350 példányban

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180—850.) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 15.— Ft., egész évre 30.— Ft. Egyes szám ára: 5.— Ft. megjelenik kéthavonta. — Csekkszám: 61,254, közületi 61,066

(vagy átutalás a MNB 47. sz. folyószámlájára)

45401/58 — Akadémiai Nyomda, Gerlőczy u. 2. — Felelős vezető: Bernát György



J. Katona: Die Bemessung von Elektrolitkondensatoren

Die Abhandlung enthält eine neue Messungsmethode der Elektrolitkondensatoren. Die Grundlage der Methode ist folgendes: Die im Kondensator entstehende Wärme und die abgegebene Wärme sollen unter den verschiedensten Betriebsbedingungen stationären elektrischen und thermischen Zustand erzeugen. Es lässt sich jener maximal zulässiger Rückstrom berechnen, bei dem noch eben die Stabilität möglich ist.

L. Kozma: Das Miethaustelefon als eine Methode der Verbilligung des Fernsprechnetzes

Der Verfasser beschäftigt sich mit der Dezentralisationsmöglichkeit der Fernsprechnetze und mit Wirtschaftlichkeitsfragen der Miethaustelefonanlagen. Er beschreibt die Kennzahlen der in Ausland verbreiteten ähnlichen Anlagen und aus diesen versucht er jene Betriebs- und Reparaturverhältnisse zu ergründen, die die oft teure Lösungen rechtfertigen. Das ungarische Miethaustelefon wird beschrieben und es werden kurz die weitere diesbezügliche Aufgaben gestreift.

V. Ereky: Die Messmethoden der thermischen Emissionen von Elektronenröhren

Die Bestimmung des thermischen Emissionsstromes des Steuergitters ist erstens bei der Lebensdauerbestimmung der Elektronenröhren, in weiteren zur Bestimmung der Belastbarkeit des Steuergitters — im Falle der Leistungsverstärkung notwendig. Auch bei der Auswahl Gitteremissionsmässig günstiger Gitterstoffe spielt das Kenntniss des thermischen Emissionsstoffes eine wichtige Rolle. Der Verfasser beschreibt die wichtigsten Messmethoden, die in der Fachliteratur bekannt sind. Er teilt mit seine diesbezügliche Bemerkungen und die Verfeinerungsmöglichkeiten dieser. Er bringt eine einfache Methode zur Messung des Schottky-Effektlosen Gitteremissionsättigungsstromes. Er beschäftigt sich mit der Trennung durch Messen der Komponenten des umgekehrten Steuergitterstromes, besonders des thermischen Emissionskomponentes. Auf Grund der thermischen Emissionskurve des Steuergitters ermittelt er die gitteremissionskarakterisierende Kennwerte. Auch einige Messergebnisse werden als Beispiel mitgeteilt.

Dr. T. Bán: Die Physik der Transistoren

Die Grundstoffe der Transistoren sind Halbleiter. Die Halbleiter sind im Allgemeinen feste Stoffe mit der Struktur des diamanten Kristallgitters. Die Elektronen seiner Gitterstruktur sind auf verschiedentlicher Energieniveaus. In der Energiebandstruktur ist das verbotene Energiebereich von der Grössenordnung von 1 eV. Die Mechanik der Leitung übernehmen Überschusselektronen, oder Löcher, die an der Störstellen des Gitters entstehen. Die Störstellen können Rekombinationszentren bilden. Ursachen der Entstehung solcher können folgende sein: äussere Energie, mechanische Einflüsse, oder Verunreinigungen. Die Atome der 5. Gruppe des periodischen Systems erzeugen n Halbleiter, die Atome der dritten solche von p. In den n Halbleitern sind die Elektronen in den p die Löcher die Ladungsträger.

I., Gobbi: Die Bestimmung des Hysteresisbeiwertes aus Induktionsveränderungen

Die Literatur gibt mehrere Methoden zur Bestimmung des Hysteresisbeiwertes. Aus messtechnischen Gründen ist es vorteilhaft die Induktionsänderungen zu messen. Diese Messung benötigt keine speziellen Brücken. Dieses Messverfahren wird theoretisch begründet und anschliessend an einem Beispiel die Anwendung gezeigt.

I. P. Valkó, Á. Kemény, A. Pálfi: Das Geräusch der Pentoden in Niederfrequenzgebiet

Verschiedentlicher Geräusche in Elektronenröhren. Vergleich zwischen Schrotteffekt und Funkel-Effekt. Die Entstehung des Funkel-Effektes. Einfluss der Stromverteilung. Untersuchungen und Messungen. Die Versuche machen wahrscheinlich, dass der Funkeffekt im Pentoden um 10–20% mehr beträgt, als in Trioden. Theoretische Begründung.

I. Jenei: Zusammenfassender Bericht von der Budapester Konferenz für Tropikalisierung

Die Begriffe der Tropikalisierung werden in System geordnet. Die Beschreibung der Klimaversuche. Richtiger Entwurf tropenfester Konstruktionen. Die Auswahl der Werkstoffe. Die Isolierstoffe. Die Klebmittel. Holz und Leder. Die Metalle. Technologisches Verfahren. Die Lackierung, die Verpackung.

A. Lajkó: Vielkanal—Trägerfrequenzeinrichtungen nach einheitlichen Konstruktionsprinzipien

Die Gesichtspunkte der Entwicklung einer Gruppe von Vielkanalträgerfrequenzeinrichtungen für Freileitungen, für Kabel und für Radiokanäle, die weitgehend nach einheitlichen Prinzipien konstruiert sind. Die Beschreibung einzelner Einrichtungen, das Modulationssystem, Signalstromkreise, Trägerversorgung, Übertragungstechnische Daten und konstruktive Ausführungen.

B. Adamis: Die Prinzipien des Entwurfes frequenzmodulierter Sender (II. Teil)

I. Die Vorschriften für FM-Sender. Die Lösungsmethode und deren Kritik.

II. Die Ausdehnung des Verwendungsgebietes der FM-Sendung. UKW-Sender. Nach Erfüllung der Primeren Qualitätsvorschriften werden auch die Betriebseigenschaften in Vordergrund gestellt. Es wird überall wo möglich automatisiert. Die Verbreitung des Parallelbetriebes und der verschiedenen Relaisystemen.

J. Gyevi-Boros, M. Kelenczés: Gedruckte Stromkreise

Einleitend wird kurz die Geschichte der gedruckten Verdrahtungen besprochen. Diesbezügliche Begriffe werden geklärt. Aufzählung der notwendigen Grundstoffen, Bestandteilen, die Fragen der Technologie, Herstellungsverfahren, Modulsysteme. Beispiele.

Ergebnisse in Ungarn und weitere Aufgaben.

Gy. Lajta: Die negative Impedanz um die Stabilität der Zweidrahtstromkreise

Im Falle der Verstärkung in Zweidrahtstromkreisen werden Fragen gestellt, die zum Teil sich auf die Verstärkerschaltung, zum Teil auf die Stabilität des Stromkreises beziehen. Einleitend werden die Schaltungsmöglichkeiten erörtert die negative Impedanz erzeugen. Es wird ein deduktives Verfahren gesucht, zu deren Realisierung. Es werden untersucht die verstärkten Stromkreise, bezüglich Stabilität und Restdämpfung. Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen die Anwendungsgebiete. Die Bestimmung des Ortes der negativen Impedanz in dem Stromkreis. Vergleiche zwischen mit negativen Impedanzen verstärkten und zwischen mit Zweidrahtverstärkten ausgestatteten Stromkreisen.

Anschliessend wird ein Bemessungsverfahren mitgeteilt, das den maximalen Wert der negativen Impedanz liefert, deren Einschaltung in dem Stromkreis noch die Stabilität aufrecht hält. Aus gemessenen Werten werden die gesuchten Daten graphisch ermittelt.

E. Böhner, K. Borsos, K. Dénes, Gy. Kardos: Koaxiale Kabelstruktur vom neuen Typ

Ein neuer für Hochfrequenter breitbandiger Übertragung, also für Mehrkanaltelephonie und Fernsehübertragung geeignetes koaxiales Kabel. Der äussere Mantel des Kabels besteht aus Vollkommen wasserdichten Aluminiumrohr, der innere Leiter ist Aluminiumdraht. Die Distanzhalter sind Polytilenspiralen. Die elektrischen Messwerte entsprechen anderen bisher erzielten Ergebnissen. Es entbehrt sich die Anwendung des Bleimantels, die Herstellung geschieht ohne speziellen Maschinen. Dieses Kabeltyp ist also wirtschaftlicher in der Herstellung als die anderen.

Értékes kisebb tárgyait

POSTÁN

BIZTOSÍTOTT

KISCSOMAGKÉNT

adja fel

Súlyhatár: 500 g

Könnyített csomagolás

2.000 forintig terjedő kártérítés

BIZTONSÁGOS!

OLCSÓ!

Felvilágosítást a postahivatalok adnak

TUNGSRAM

GERMÁNIUM DIÓDA

Általános adatok:

Kivitel: Pontérintkezős

Súly: kb. 1 gr

Kivezetés: Ónozott rézhuzal $\varnothing$ 0,6 mm

Jelölés: Kristály (katód) oldalon festett csík

Villamos adatok:

Max. záróirányú feszültség 50 V

Max. terhelő áram 30 mA

Max. áram mérési céloknál 20 mA

Hőmérséklet tartomány $-30 - +50$ C°

Kapacitás < 1 pF

Típus	$I_{el\bar{o}}$ min		$I_{zármax}$
	+1 V(mA)	-10V (μ A)	-50 V(μ A)
GD1	1	250	1000
GD2A	2	50	300
GD2B	2	100	500
GD2C	2	250	1000
GD5A	5	50	300
GD5B	5	100	500
GD5C	5	250	1000
GD10A	10	50	300
GD10B	10	100	500
GD10C	10	250	1000

