Magyar HIRADÁSTECHNIKA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁRA

5

MAGYAR HIRADÁSTECHNIKA X. ÉVF. 5. SZÁM 165—204 OLDAL BUDAPEST, 1959. OKTÓBER

1959. október, X. évfolyam, 5. szám

Magyar HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Felelős szerkesztő:
Balogh Pál
VI. Eötvös u. 11/a
Telefon: 420-536

Szerkesztő:
Boglár Gyula
XI. Szigethy Gyula u. 11
Telefon: 259-660

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Titkársága:
V. Szabadság tér 17.
Telefon: 113-027

Előfizetési ár
egész évre 30 Ft
Egyes szám ára 5 Ft

Megjelenik kéthavonként

TARTALOM:

Fodor György: Rétegezett vezetők váltakozóáramú impedanciája 165

Kardos Ferenc: Etilszilikát néhány alkalmazása a vákuumtechnikában 178

Csepregi-Horváth Kázmér: Mikrohullámú összeköttetések televíziós alapsávi mérési módszerei és műszerei 182

Farkas Irén—Vajda Zoltán: Effektív értéket mérő csővoltmérő 188

Karcsay Rezső: Hangszórók tömeggyártása 192

Könyvismertetések 187

Szemle 201

Обобщенние на русском языке 204

Zusammenfassungen in deutscher Sprache 204

Summaries in english 204

Résumés francaise 204

EGYESÜLETI HÍREK

A Kohó- és Gépipari Minisztérium felkérésére egyesületünk megszervezte és megindította a híradástechnikai iparág második 5 éves terve egyes fejezeteinek társadalmi vitáját. A Minisztérium által rendelkezésünkre bocsátott előzetes tervek megvitatására szakosztályaink az alábbi tárgykörökben hívtak össze szakmai bizottságokat:

Mikrohullámú berendezések, távbeszélő berendezések és készülékek, átviteltechnikai berendezések, híradástechnikai közszükségleti cikkek (rádió és televízió vevőkészülékek, lemezjátszók, magnetofonok stb.), rádió és televízió adóberendezések (beleértve a színes televíziót), félvezető eszközök, elektroncsövek, televízió képcsövek, elektromos alkatrészek (ellenállások, kondenzátorok, potenciométerek), a vákuumtechnikai ipar különleges anyagai, híradástechnikai finomkohászati anyagok, mágneses anyagok, műanyagok, tápáramforrások (egyenirányítók, akkumulátorok és primer elemek).

A szakmai bizottságok a viták során vizsgálják a kutatás és a gyártmányfejlesztés legfőbb célkitűzéseinek, a gyártásfejlesztés és technológiai színvonal gazdaságosságának célszerűségét, a gyártási ág fejlesztésének kihatásait és követelményeit egyéb gyártási ágak fejlesztésével kapcsolatban, valamint a specializált anyag-, alkatrész- és szerelvénygyártás műszaki fejlesztésének kapcsolatait a felhasználók igényeivel.

A második 5 éves terv társadalmi vitáját egyesületünk egyik legfontosabb feladatának tekinti és ennek érdekében tagságának igen széles körét mozgósította.

*

Egyesületünk 1959. szeptember 25-én megtartott klubestje a hazai híradástechnikai ipar alkatrészeinek és szerelvényeinek választék bővítésével és minőségének fejlesztésével foglalkozott.

Bevezetőben Tiborcz István ismertette elképzelését, mely szerint a kutatás és műszaki fejlesztés alkatrészellátása és a műszaki információ (állandó kiállítás a legfejlettebb bel- és külföldi alkatrészekből) biztosítására egy állandó szervet hoznak létre és a világszínvonal elérésére kutató munkát indítanak meg egyes alkatrészféleségek gyártásának megalapozására. A vitában a jelenlévők értékes észrevételekkel járultak hozzá a vázolt elképzeléshez.

*

1959. november 10.—13. között a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület *Mikrohullámú Összeköttetések Kollokviumot* rendez, melynek előzetes programja: rendszer analízis, mikrohullámú elektronika, mikrohullámú eszközök és antennák, elektronikus áramkörök.

Rétegezett vezetők váltakozóáramú impedanciája*

FODOR GYÖRGY
Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék

Ismert jelenség, hogy a váltakozó áram egyenlőtlenül oszlik el a vezeték keresztmetszetében. Ennek következtében megnő a vezetékben fellépő veszteség, vagyis a vezeték váltakozóáramú ellenállása. Az ellenállás csökkenthető egy jobb vezetőképességű felületi réteg alkalmazásával.

A dolgozat megmutatja, hogy megfelelő rétegvastagság esetén az ellenállásnak minimuma van, amely kisebb, mintha az egész vezeték a jobb vezetőképességű anyagból állana. Meghatározhatók a váltakozóáramú belső reaktancia szélsőértékei is. A számítás sík elrendezésre vonatkozik, de meg vannak határozva a körkeresztmetszetű vezetőre vonatkozó korrekciós tényezők, amelyek számítástechnikailag jól kezelhető alakban vannak felírva.

A szerző megvizsgálta a kettős bevonatú vezetők ellenállásának és reaktanciájának függését a rétegek vastagságától és anyagától. A váltakozóáramú ellenállás kettős rétegezéssel nem csökkenthető, sőt túlságosan vékony felületi bevonat alkalmazása esetén a váltakozóáramú ellenállás még növekszik is a tömör vezető ellenállásához képest.

1. Bevezetés

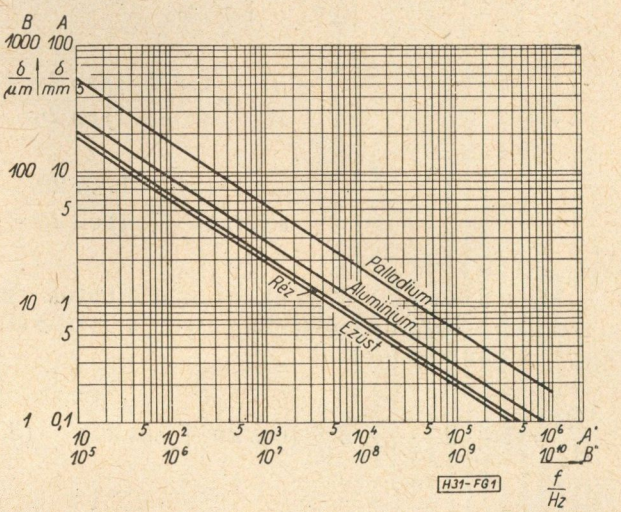
Rétegezett vezetők váltakozóáramú impedanciája több feladatkörben játszik szerepet. Szinuszos áramtól átfolyt vezetők esetén elsősorban az ellenállás értéke lényeges, mert az R váltakozóáramú ellenállás $P = RI^2$ alakban megadja a fellépő veszteséget. A mikrohullámú technikában a hullámvezetők vagy üregrezonátorok terét határoló fémköpenyben fellépő veszteség a csillapítási tényezőt, ill. a jósági tényezőt határozza meg. Mivel a csillapítási tényező az R váltakozóáramú ellenállással egyenesen, az üregrezonátor jósági tényezője pedig R-rel fordítva arányos [1 és 2], ezért elegendő a fémfal R váltakozóáramú ellenállását vizsgálni. Harmadik alkalmazási területként a radartechnika említhető meg, vagy általában elektromágneses hullámok visszaverődése fémfelületről. A visszaverődési tényező számításához a váltakozóáramú ellenállás és reaktancia értékére egyaránt szükség van.

Ismeretes, hogy a váltakozó tér nem oszlik el egyenletesen a vezető keresztmetszete mentén, hanem „kiszorul" abba az irányba, ahonnan az energia a vezetőbe jut. Ezt nevezik a vezető „külső" felületének. Ennek következtében a veszteségre (csillapításra) mérvadó R váltakozóáramú ellenállás nagyobb lesz, mint az elemi úton számítható R_e egyenáramú ellenállás. Az áramkiszorítás erősségére és így az ellenállásnövekedésre is alapvetően jellemző egyrészt a vezeték keresztirányú mérete, másrészt a

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \gamma}} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \gamma}} \qquad (1{,}1)$$

hosszúság-dimenziójú mennyiség, az ún. behatolási mélység. (1,1)-ben $\mu = \mu_0 \mu_r$, ahol $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am a vezető permeabilitása (nemferromágneses közegre $\mu_r = 1$), γ az S/m egységben mért vezetőképessége (rézre $\gamma = 58 \cdot 10^6$ S/m), f pedig a frekvencia Hz-ben. Az összefüggés δ értékét méterben adja. Az 1. ábrán feltüntettük néhány fontosabb anyag behatolási mélységét a frekvencia függvényében.

Bizonyos feltételek mellett (de nem általánosan), az elektromágneses tér δ mélységben lecsökken felületi értékének $e = 2{,}718$-ad részére. Minél kisebb a behatolási mélység, annál erőteljesebb — egyébként azonos feltételek mellett — az áram és a tér kiszorulása, tehát annál nagyobb a veszteségre mérvadó váltakozóáramú ellenállás is.



1. ábra. A behatolási mélység függése a frekvenciától
„A" skála: 10 Hz $< f <$ 10^6Hz ; 0,1 mm $< \delta <$ 100 mm
„B" skála: 10^5-Hz $< f <$ 10^{10}Hz ; 1µm $< \delta <$ 1000µm

---

* A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karához beadott műszaki doktori disszertáció rövidített szövege.

A veszteség csökkentése érdekében a vezető felületére egy jobb vezetőképességű anyagból (pl. ezüstből) készült réteget szokás rávinni. Ezáltal az ellenállás többé-kevésbé akkora lesz, mintha az egész vezető ebből a jobb vezetőképességű (de drágább) anyagból állna. Az első pillanatban könnyen arra a megállapításra juthatnánk, hogy az ellenállás annál kisebb, minél vastagabb ez a jobban vezető bevonat. Fellép azonban egy másik hatás is, amely abban áll, hogy az egyenlőtlen árameloszlás nemcsak amplitúdóban érvényesül, hanem a fázisszög terén is mutatkozik. Nem kizárt tehát olyan állapot, hogy a rétegezett vezetőben kisebb veszteség lép fel, mintha az egész vezető a nagyobb vezetőképességű anyagból állna.

A következőkben éppen azt a kérdést vizsgáljuk, hogy van-e ilyen optimális rétegvastagság, és mekkora annak értéke. Először a végtelen féltérben fellépő viszonyokat tárgyaljuk, amiből a lemez esete is következik. Utólag megvizsgáljuk, hogy a körkeresztmetszetű, ill. a csőalakú vezető ellenállása mennyiben közelíthető meg a féltér, ill. a lemez ellenállásával.

2. Számítási módszer

Kvázistacionárius esetben az eltolási áramsűrűség elhanyagolható, a vezetési áramsűrűség mellett, vagyis $\gamma \gg \omega\varepsilon$. Vezetők belsejében ez a feltétel $f < 10^{18}$ Hz esetén elégül ki, vagyis minden, az eddigi gyakorlatban előforduló frekvencián.

Ha megoldjuk a kvázistacionárius esetben érvényes Maxwell-egyenleteket a határfeltételek figyelembevételével, akkor a váltakozóáramú impedancia a

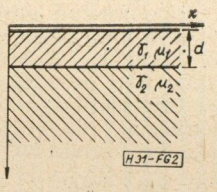
$$Z = R + \mathrm{j}\,\omega L = \frac{E_0\, l}{\hat{I}} \tag{2,1}$$

összefüggésből számítható. E_0 a vezető külső felületén fellépő villamos térerősség, $\hat{I}$ az áramerősség csúcsértéke, R, ill. L a váltakozóáramú ellenállás, ill. belső önindukció-együttható.

3. Rétegezett féltér

Ismeretes, hogy egy γ_1, μ_1 anyagállandókkal bíró homogén vezető féltér l hosszúságú és h szélességű szakaszának váltakozóáramú ellenállása [1,3]:

$$R = \omega L = \frac{l}{\gamma_1 h \delta_1} \equiv R_1 \tag{3.1}$$



2. ábra. Rétegezett féltér elrendezése

Ha most ezen réteg vastagsága d és alatta egy γ_2, μ_2 anyagállandójú másik féltér helyezkedik el (2. ábra), akkor a váltakozóáramú impedancia kifejezése

$$R + \mathrm{j}\,\omega L = (1 + \mathrm{j}) R_1 \frac{\mathrm{sh}\,(1 + \mathrm{j})\,u + \alpha\,\mathrm{ch}\,(1 + \mathrm{j})\,u}{\mathrm{ch}\,(1 + \mathrm{j})\,u + \alpha\,\mathrm{sh}\,(1 + \mathrm{j})\,u} \tag{3.2}$$

ahol

$$u = \frac{d}{\delta_1} \tag{3.3}$$

$$\alpha = \frac{\mu_2 \delta_2}{\mu_1 \delta_1} = \sqrt{\frac{\mu_2 \gamma_1}{\mu_1 \gamma_2}} \tag{3.4}$$

Ha $d \to \infty$, vagyis $u \to \infty$, akkor $R \to R_1$. A valós és képzetes részek szétválasztásával elemi rendezés után [4]:

$$\frac{R}{R_1} = \frac{(\alpha^2 + 1)\,\mathrm{sh}\,2u + 2\alpha\,\mathrm{ch}\,2u + (\alpha^2 - 1)\sin 2u}{(\alpha^2 + 1)\,\mathrm{ch}\,2u + 2\alpha\,\mathrm{sh}\,2u - (\alpha^2 - 1)\cos 2u}, \tag{3.5}$$

$$\frac{\omega L}{R_1} = \frac{(\alpha^2 + 1)\,\mathrm{sh}\,2u + 2\alpha\,\mathrm{ch}\,2u - (\alpha^2 - 1)\sin 2u}{(\alpha^2 + 1)\,\mathrm{ch}\,2u + 2\alpha\,\mathrm{sh}\,2u - (\alpha^2 - 1)\cos 2u}. \tag{3.6}$$

Ha $u \gg 1$. ill. $u \ll 1$, akkor megadhatók egyszerűbb közelítő összefüggések. $u \gg 1$ esetén e^{-4u} elhanyagolásával

$$\frac{R}{R_1} = 1 + 2\,\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\,\mathrm{e}^{-2u}(\cos 2u + \sin 2u), \tag{3.7}$$

$u \gg 1$

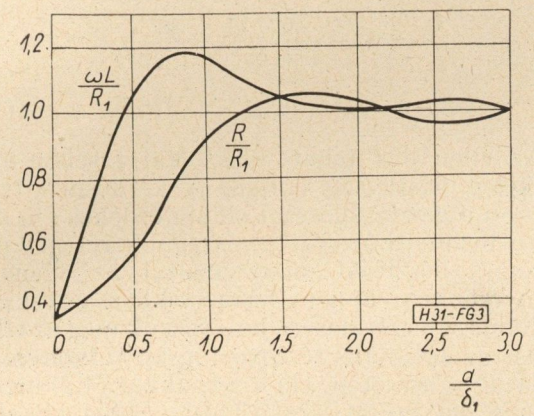
$$\frac{\omega L}{R_1} = 1 + 2\,\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\,\mathrm{e}^{-2u}(\cos 2u - \sin 2u) \tag{3.8}$$

Ha $u \ll 1$, akkor sorbafejtést végezhetünk:

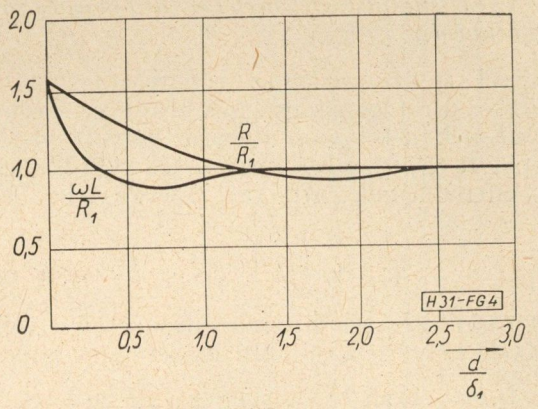
$$\frac{R}{R_1} = \alpha\left[1 - 2(\alpha^2 - 1)\,u^2 + 4(\alpha^2 - 1)\left(1 - \frac{1}{3\alpha^2}\right)u^3\right], \tag{3.9}$$

$u \ll 1.$

$$\frac{\omega L}{R_1} = \alpha - 2(\alpha^2 - 1)\,u \tag{3.10}$$



3. *ábra.* Rétegezett féltér ellenállása és reaktanciája: $\alpha = 0{,}34$ [3]



4. *ábra.* Rétegezett féltér ellenállása és reaktanciája: $\alpha = 1{,}6$ [3]

Mivel $\alpha R_1 = R_2$, az eredmény azt jelenti, hogy $d \to 0$ esetén $R = \omega L = R_2$, vagyis az ellenállás és a reaktancia egyenlő a γ_2, μ_2 anyagjellemzőjű közeg megfelelő szakaszának váltakozóáramú ellenállásával, ami fizikailag nyilvánvalóan helyes.

Ha az alsó réteg szigetelő, akkor $\gamma_2 \to 0$, $\alpha \to \infty$ határátmenettel megkapjuk a d vastagságú lemez impedanciáját:

$$\frac{R}{R_1} = \frac{\operatorname{sh} 2u + \sin 2u}{\operatorname{ch} 2u - \cos 2u} \qquad (3.11)$$

$$\frac{\omega L}{R_1} = \frac{\operatorname{sh} 2u - \sin 2u}{\operatorname{ch} 2u - \cos 2u} \qquad (3.12)$$

A közelítő összefüggések

$$\frac{R}{R_1} = 1 + 2e^{-2u}(\cos 2u + \sin 2u), \qquad (3.13)$$

$$u \gg 1.$$

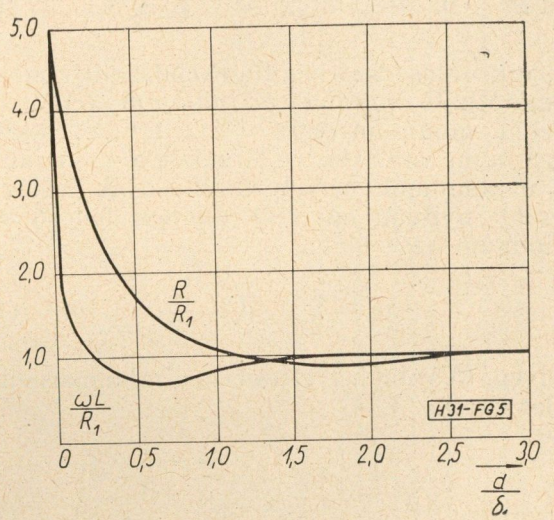
$$\frac{\omega L}{R_1} = 1 + 2e^{-2u}(\cos 2u - \sin 2u). \qquad (3.14)$$

A 3—5. ábrán láthatók R/R_1, ill. $\omega L/R_1$ értékei u függvényében $\alpha = 0{,}34$; $\alpha = 1{,}6$; és $\alpha = 5$ esetén [3], a 6. ábrán pedig $\alpha = \infty$, vagyis a lemezre vonatkozó értékek. Megfigyelhetjük, hogy valamennyi görbének több szélsőértéke van.

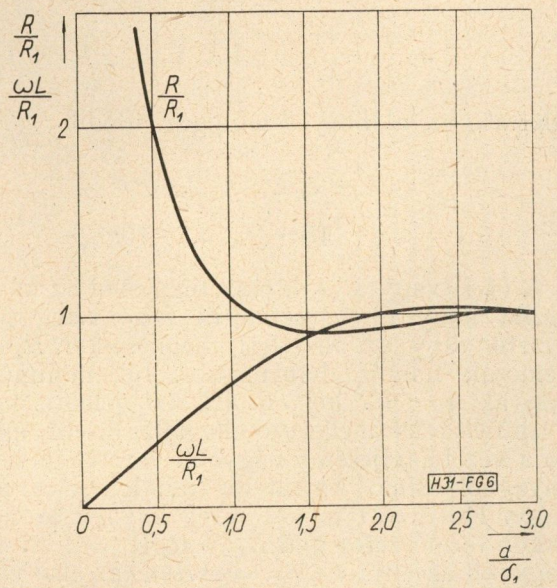
Megjegyezzük, hogy szigetelőanyagban szigorúan véve csak a vezetési áramsűrűség lesz nulla és ilyenkor az eltolási áramsűrűség nem hanyagolható el. Szigorúan véve tehát a $\gamma_2 \to j\omega\varepsilon_0$ helyettesítést kellene elvégezni és ezzel

$$\delta_2 = \frac{c}{\pi f \sqrt{2j}}, \qquad \alpha = \sqrt{\frac{\mu_0 \gamma_1}{\mu_1 j\omega \varepsilon_0}} \qquad (3.15)$$

adódik. Mivel $|\alpha| \gg 1$ és $|\delta_2|$ is igen nagy, ezek figyelembevétele a (3.11—12) összefüggésekben csak jelentéktelen korrekciókat ad. Ezeket a továbbiakban sem vesszük figyelembe.



5. *ábra.* Rétegezett féltér ellenállása és reaktanciája: $\alpha = 5$ [3]



6. *ábra.* Lemez ellenállása és reaktanciája ($\alpha = \infty$)

4. Az ellenállás szélsőértékei a rétegvastagság függvényében

Mivel R_1 független a rétegvastagságtól és $u = d/\delta_1$ a rétegvastagsággal arányos, ezért R, ill. ωL-nek d-től való függése helyett vizsgálhatjuk R/R_1, ill. $\omega L/R_1$-nek u-tól való függését. Az ellenállásnak ott van szélsőértéke, ahol

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}u}\left(\frac{R}{R_1}\right) = 0 \qquad (4.1)$$

A (3.5) kifejezés differenciálása után a szélsőértékek helyére az alábbi összefüggés adódik:

$$[(\alpha^2 + 1)\,\mathrm{sh}\,2u + 2\alpha\,\mathrm{ch}\,2u]\sin 2u = 0.$$

Mivel a zárójeles kifejezés nem lehet nulla, a szélsőértékek helyére

$$\sin 2u = 0, \quad u = m\frac{\pi}{2}; \quad m = 1, 2, 3, \ldots \qquad (4.2)$$

adódik. Másodszori differenciálással könnyen kimutatható, hogy ha $\alpha > 1$, akkor $m = 1, 3, 5, \ldots$ esetén minimum és $m = 0, 2, 4, 6, \ldots$ esetén maximum van. Ha $\alpha < 1$, akkor a minimumok és maximumok helyet cserélnek. A leglényegesebb nyilván az $\alpha > 1$ esetben fellépő első minimum az

$$u_0 = \frac{\pi}{2}, \quad d_0 = \frac{\pi}{2}\delta_1 \qquad (4.3)$$

helyen. (3.5)-be helyettesítve, a minimális ellenállás értéke

$$\frac{R_0}{R_1} = 1 - \frac{2\dfrac{\alpha-1}{\alpha+1}\mathrm{e}^{-\pi}\left(1 + \dfrac{\alpha-1}{\alpha+1}\mathrm{e}^{-\pi}\right)}{1 + \dfrac{\alpha-1}{\alpha+1}\mathrm{e}^{-\pi}\left(1 + \dfrac{\alpha-1}{\alpha+1}\mathrm{e}^{-\pi}\right)} \qquad (4.4)$$

Sorbafejtve $\mathrm{e}^{-\pi} = 0{,}043$ hatványai szerint és bevezetve a

$$\zeta \equiv \frac{\alpha-1}{\alpha+1}, \quad -1 \leqq \zeta \leqq +1 \qquad (4.5)$$

jelölést, az alábbi összefüggés adódik:

$$\frac{R_0}{R_1} = 1 - 2\zeta\,\mathrm{e}^{-\pi} + 2\zeta^2\,\mathrm{e}^{-2\pi} = \\ = 1 - 8{,}64\cdot 10^{-2}\,\zeta + 3{,}7\cdot 10^{-3}\,\zeta^2 \qquad (4.6)$$

A (4.4) vagy a (4.6) összefüggésből az következik, hogy $\alpha > 1$ esetén (a felső réteg jobb vezető vagy az alsó ferromágneses) R/R_1-nek nemcsak lokális, hanem abszolút minimuma van az $u = \pi/2$ helyen. Ez azt jelenti, hogy ilyen feltételek mellett az ellenállás kisebb, mintha a vezető teljesen a nagyobb vezetőképességű anyagból állna. Az eltérés mindenesetre nem nagy. Ha $\alpha = 1$ (a két réteg anyaga azonos), akkor természetesen $R/R_1 = R_0/R_1 = 1$. A legnagyobb az eltérés $\alpha = \infty$ esetén (az alsó réteg szigetelő). A $d_0 = \pi\delta_1/2$ vastagságú lemez ellenállása:

$$\frac{R_0}{R_1} = 1 - \frac{2\mathrm{e}^{-\pi}(1 + \mathrm{e}^{-\pi})}{1 + \mathrm{e}^{-\pi}(2 + \mathrm{e}^{-\pi})} = \\ = 1 - 0{,}0832 = 0{,}9168 \qquad (4.7)$$

Az ellenállás tehát 8,32%-kal kisebb, mint végtelen vastagság esetén. A kérdésnek tehát inkább a gazdaságossági oldala érdekes: a drágább bevonatból d_0-nál vastagabb réteget nem érdemes készíteni, mert azáltal az ellenállás nem csökken, hanem kismértékben növekszik.

Ennek illusztrálására határozzuk meg az ellenállást az optimális rétegvastagság kétszeresénél, tehát $u = \pi$ esetén. Ha $\alpha > 1$, akkor (4.2) szerint lokális maximum van. (3.5)-be behelyettesítve elemi rendezés után

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \frac{2\zeta\,\mathrm{e}^{-2\pi}(1 - \zeta\,\mathrm{e}^{-2\pi})}{1 - \zeta\,\mathrm{e}^{-2\pi}(2 - \zeta\,\mathrm{e}^{-2\pi})} \approx \\ \approx 1 + 3{,}73\cdot 10^{-3}\,\zeta, \quad u = \pi.$$

Az ellenállás kereken $0{,}09\,\zeta \cdot R_1$ értékkel nagyobb, mint optimális esetben. A legmeglepőbb az eltérés lemez esetén: ha a lemez vastagsága az optimális érték kétszerese, az ellenállása kereken 10%-kal nagyobb.

Mint már a bevezetőben említettük, ezen különleges hatás oka az árameloszlásban keresendő. Kimutatható, hogy az alsó rétegben folyó áramerősség $u = (2\nu + 1)\pi/2$ esetén 90°-kal tér el az összáramtól, $u = 2\nu\pi/2$ esetén pedig azzal fázisban van.

A jelenséget hullámtani szempontból nézve vegyük figyelembe, hogy a fémben a csillapítási tényező és a fázistényező értéke egyaránt $1/\delta$. A fémben mért hullámhossz tehát

$$\Lambda = 2\pi\delta \qquad (4.8)$$

Így tehát $d_0 = \pi\delta_1/2 = \Lambda_1/4$, vagy általánosan: a rétegezett vezeték ellenállásának szélsőértéke van, ha a rétegvastagság a felső rétegben mért negyedhullámhossz egész számú sokszorosa.

5. Az ellenállás szélsőértéke a vezetőképesség függvényében

Érdekesség kedvéért megemlítjük, hogy a rétegezett féltér ellenállásának szélsőértéke van a γ_1 vezetőképesség függvényében, noha az lenne a kézenfekvő, hogy R annál kisebb, minél nagyobb γ_1. Erre előző számításaink nem adnak felvilágosítást, mert R_1 és α maga is függvénye γ_1-nek.

Vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$x^2 = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}, \qquad (5.1)$$

$$a = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}}\,\frac{d}{\delta_2}, \quad b = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}, \quad \alpha = bx \qquad (5.2)$$

Ha egyik közeg sem ferromágneses, akkor $b = 1$ és $a = d/\delta_2$, ahol δ_2 a behatolási mélység az alsó közegben. A váltakozóáramú ellenállás kifejezése (3.5) alapján

$$R = \frac{R}{R_1} R_1 = \frac{l\omega\mu_1 d}{2h} \frac{1}{ax} \frac{(b^2x^2+1)\operatorname{sh} 2ax + 2bx \operatorname{ch} 2ax + (b^2x^2-1)\sin 2ax}{(b^2x^2+1)\operatorname{ch} 2ax + 2bx \operatorname{sh} 2ax - (b^2x^2-1)\cos 2ax}. \tag{5.3}$$

Ha $\gamma_1 \to \infty$, vagyis $x \to \infty$, akkor szemmelláthatóan $R \to 0$. Ha viszont $\gamma_1 \to 0$, tehát $x \to 0$, akkor x szerinti sorbafejtéssel:

$$R = R_2 \left[1 + \left(\frac{2}{3}\frac{a}{b} + 1\right) 2a^2x^2 - 2\left(\frac{4}{3}\frac{a^2}{b^2} + \frac{8}{3}\frac{a}{b} + 1\right) a^2b^2x^4\right]. \tag{5.4}$$

Ha a felső réteg szigetelő ($x = 0$), akkor természetesen $R = R_2$ adódik. (5.4)-ből látható, hogy az R váltakozóáramú ellenállás eleinte x^2-tel, tehát γ_1-gyel arányosan növekszik. Mivel $\gamma_1 \to \infty$ esetén $R \to 0$, következik, hogy legalább egy maximum van. Az (5.4) közelítő összefüggésből a szélsőérték helyére

$$b^2x^2 = \frac{\frac{2}{3}\frac{a}{b} + 1}{2\left(\frac{4}{3}\frac{a^2}{b^2} + \frac{8}{3}\frac{a}{b} + 1\right)} = \frac{1}{2\left(2\frac{a}{b} + 1\right)} \tag{5.5}$$

adódik.

Végeredményben tehát nem a γ_1/γ_2 hányadosra hanem a $\mu_2\gamma_1/\mu_1\gamma_2$ hányadosra kapunk egyszerű összefüggést $a/b = \mu_1 d/\mu_2\delta_2$ függvényében:

$$\frac{\mu_2}{\mu_1}\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{1}{2}\frac{1}{2\frac{\mu_1}{\mu_2}\frac{d}{\delta_2} + 1} \tag{5.6}$$

Ezt (5.4)-be helyettesítve, a maximális ellenállás nagysága

$$\frac{R}{R_2} = 1 + \frac{1}{2}\frac{a^2}{b^2}\frac{\frac{2}{3}\frac{a}{b} + 1}{2\frac{a}{b} + 1} \tag{5.7}$$

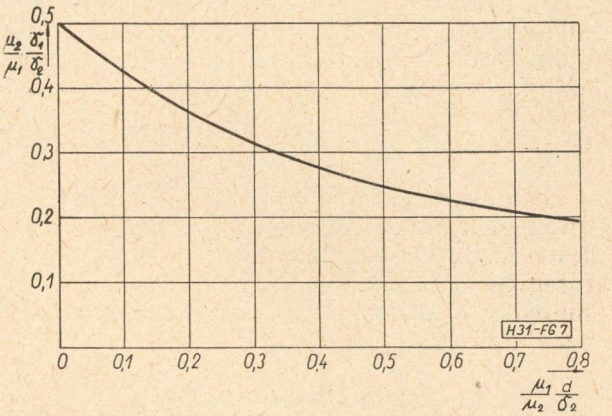
Ha egyik réteg sem ferromágneses, akkor $b^2 = \mu_2/\mu_1 = 1$ és ilyenkor a szélsőérték helye és nagysága az $a = d/\delta_2$ paraméter függvénye:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{1}{2}\frac{1}{2a+1} = \frac{1}{2}\frac{1}{2\frac{d}{\delta_2} + 1} \tag{5.8}$$

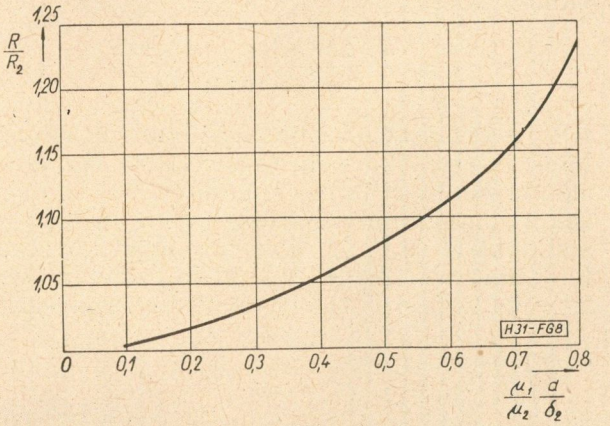
$$\frac{R}{R_2} = 1 + \frac{a^2}{2}\frac{\frac{2}{3}a + 1}{2a+1} = 1 + \frac{1}{2}\frac{d^2}{\delta_2^2}\frac{\frac{2}{3}\frac{d}{\delta_2} + 1}{2\frac{d}{\delta_2} + 1} \tag{5.9}$$

Amíg $a < 1$, addig $ax < 1$ és így a sorbafejtések jogosak. A 7. ábrán feltüntettük a maximumot biztosító γ_1/γ_2 hányadost $a = d/\delta_2$ függvényében. (Általános esetben az ordináta $\mu_2\gamma_1/\mu_1\gamma_2$ és az abszcissza $\mu_1 d/\mu_2\delta_2$.) A 8. ábrán viszont a maximális ellenállás értéke látható ugyancsak d/δ_2 (ill. $\mu_1 d/\mu_2\gamma_2$) függvényében.

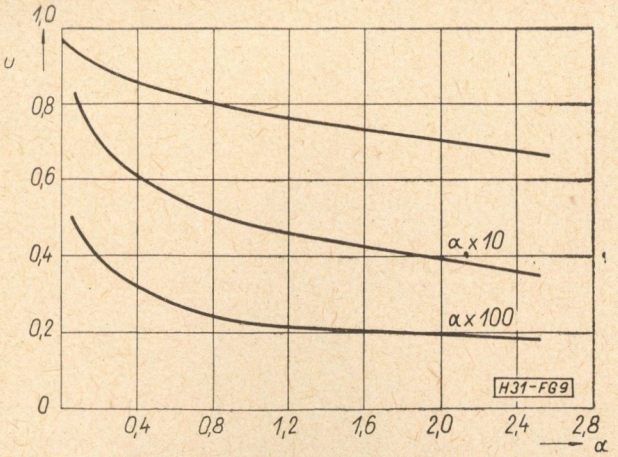
Eredményünk a következőképpen interpretálható. Ha egy homogén féltérre egy meghatározott vastagságú rosszabb vezetőképességű réteget helyezünk ($\gamma_1 < \gamma_2$ vagy általánosabban $\gamma_1/\mu_1 < \gamma_2/\mu_2$), akkor a teljes veszteség, tehát az R váltakozóáramú ellenállás természetesen megnő ($R/R_2 > 1$). Ha γ_1/γ_2 nagyon kicsi, akkor ez a hatás nem jelentős, mert a felső rétegben folyó összáram nagyon kicsi. Ahogy γ_1/γ_2 növekszik, a „felső réteg ellenállása" egyre csökken, viszont a benne folyó áram egyre növekszik. A két hatás közül eleinte az utóbbi,



7. ábra. A maximális ellenálláshoz tartozó γ_1 vezetőképesség a rétegvastagság függvényében



8. ábra. Maximális ellenállás a rétegvastagság függvényében



9. ábra. A reaktancia $u = d/\delta_1$ szélsőérték-helyei az α paraméter függvényében

később az előbbi a túlnyomó, úgyhogy a veszteségnek és így R-nek maximuma van.

Ilyen maximum létezésére [6] is rámutat, de csak egy rétegezett hengeres vezetőre vonatkozó konkrét számpélda keretében. Az ott közölt ábrából az igen lapos maximum helye alig határozható meg.

A részletesebb számítást (pl. $a > 1$ esetére) nem végeztük el, mert ennek a szélsőértéknek nincsen gyakorlati jelentősége. Létezése azonban rámutat arra, hogy a rétegezett vezeték ellenállása nem függ olyan egyértelműen a paraméterektől, amint az a primitív szemlélet alapján várható lenne.

6. *A reaktancia szélsőértékei*

Gyakorlati szempontból a reaktancia szélsőértékeinek nincs különösebb jelentőségük, a teljesség kedvéért azonban vizsgáljuk meg, milyen rétegvastagságnál van a reaktanciának maximuma, ill. minimuma. A szélsőérték helyére az alábbi összefüggés adódik :

$$(\alpha^2 + 1) \operatorname{ch} 2u \cos 2u + \\ + 2\alpha \operatorname{sh} 2u \cos 2u - (\alpha^2 - 1) = 0.$$

Az egyenlet α-ban másodfokú, így arra megoldható :

$$\alpha = \frac{\operatorname{sh} 2u \cos 2u + \sin 2u}{1 - \operatorname{ch} 2u \cos 2u} \qquad (6.1)$$

Ennek alapján a 9. ábrán feltüntettük a különböző α értékekhez tartozó u-kat. Ha $\alpha > 1$, akkor ezen az u helyen minimum van, ha $\alpha < 1$, akkor maximum. A következő gyökhely — amint arról (6.1) vázlatos ábrájából következtethetünk — $2u = 3\pi/2$ környezetében van. $2u = 3\pi/2 + \varepsilon/\varepsilon \ll 1)$ felvételével ε szerinti sorbafejtéssel a következő szélsőérték helyére közelítőleg

$$u = 2{,}365 \qquad (6.2)$$

adódik. Ez igen jó közelítéssel független α értékétől. A szélsőértéket jelentő rétegvastagság u ismeretében a

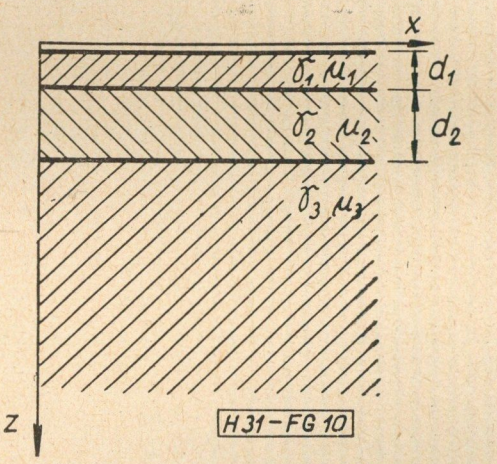
$$d = u\delta_1 \qquad (6{:}3)$$

összefüggésből számítható.

Az 5.§-ban végzett számítás mintájára meghatározhatnók ωL szélsőértékeit a vezetőképesség vagy a permeabilitás függvényében is.

7. *Kettős rétegezésű féltér*

Az 5.§-ban láttuk, hogy alkalmas rétegvastagság esetén olyan minimális ellenállás érhető el, amely kisebb, mintha az egész féltér a jobb vezetőképességű anyaggal lenne kitöltve. Ennek továbbfejlesztéseként vizsgáljuk most azt az esetet, amikor egy γ_3, μ_3 anyagjellemzőkkel bíró végtelen féltér fölött két különböző anyagú és vastagságú réteg helyezkedik el (10. ábra). Ha $\gamma_3 \to 0$, akkor eljutunk a kétrétegű lemez esetéhez.



10. ábra. Kettős rétegezésű féltér elrendezése

Előre várhatjuk, hogy a harmadik réteg a viszonyokat nem fogja lényegesen befolyásolni. A kérdés azonban nemcsak a veszteségek csökkentése szempontjából érdekes. A rézalapra ugyanis technológiai okokból nem lehet közvetlenül rávinni az ezüstréteget, hanem egy (általában palládiumból készült) közbülső rétegre is szükség van [2]. Az ezüstözött rézfelület tehát ténylegesen kétbevonatú elrendezés. Hasonlóképpen fogható fel egy esetleges korrózióvédő fémbevonat. Egy másik problémakör, ahol a kettős rétegezés szerepet játszhat, az előírt visszaverődési tényező megvalósítása [7].

Az általános módszerrel az impadenciára az alábbi kifejezés adódik :

$$\frac{R + \mathrm{j}\, L\omega}{R_1} = \\ = (1 + \mathrm{j}) \frac{\zeta\beta \operatorname{ch}(1 + \mathrm{j})(u - v) - \zeta \operatorname{sh}(1 + \mathrm{j})(u - v) + \beta \operatorname{ch}(1 + \mathrm{j})(u + v) + \operatorname{sh}(1 + \mathrm{j})(u + v)}{\zeta\beta \operatorname{sh}(1 + \mathrm{j})(u + v) - \zeta \operatorname{ch}(1 + \mathrm{j})(u - v) + \beta \operatorname{sh}(1 + \mathrm{j})(u + v) + \operatorname{ch}(1 + \mathrm{j})(u + v)}$$

A rövidítések jelentése az eddigiekhez hasonlóan

$$\alpha = \frac{\gamma_1 \delta_1}{\gamma_2 \delta_2} = \sqrt{\frac{\mu_2 \gamma_1}{\mu_1 \gamma_2}}, \quad \beta = \frac{\gamma_2 \delta_2}{\gamma_3 \delta_3} = \sqrt{\frac{\mu_3 \gamma_2}{\mu_2 \gamma_3}} \tag{7.2}$$

$$R_1 = \frac{l}{\gamma_1 \delta_1 h}, \tag{7.3}$$

$$\zeta = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \tag{7.4}$$

Az addiciós képletek felhasználásával a nevező valóssá tétele és hosszas rendezés után az ellenállásra és a reaktanciára az alábbi kifejezés adódik.

$$\frac{R}{R_1} = \frac{\varphi_1(u, v)}{\psi(u, v)}, \quad \frac{\omega L}{R_1} = \frac{\varphi_2(u, v)}{\psi(u, v)} \tag{7.5}$$

$$\begin{aligned}
\varphi_1(u, v) &\equiv \zeta^2[a \operatorname{sh} 2(u - v) - c \operatorname{ch} 2(u - v) + b \sin 2(u - v)] + \\
&+ 2\zeta[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v] \sin 2u + 2\zeta b \operatorname{sh} 2u \cos 2v + \\
&+ a \operatorname{sh} 2(u + v) + c \operatorname{ch} 2(u + v) + b \sin 2(u + v), \\
\varphi_2(u, v) &\equiv \zeta^2[a \operatorname{sh} 2(u - v) - c \operatorname{ch} 2(u - v) - b \sin 2(u - v)] - \\
&- 2\zeta[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v] \sin 2u + 2\zeta b \operatorname{sh} 2u \cos 2v + \\
&+ a \operatorname{sh} 2(u + v) + c \operatorname{ch} 2(u + v) - b \sin 2(u + v), \\
\psi(u, v) &\equiv \zeta^2[a \operatorname{ch} 2(u - v) - c \operatorname{sh} 2(u - v) - b \cos 2(u - v)] - \\
&- 2\zeta[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v] \cos 2u + 2\zeta b \operatorname{ch} 2u \cos 2v + \\
&+ a \operatorname{ch} 2(u + v) + c \operatorname{sh} 2(u + v) - b \cos 2(u + v).
\end{aligned} \tag{7.6}$$

Bevezettük az alábbi rövidítéseket:

$$a \equiv \beta^2 + 1, \quad b \equiv \beta^2 - 1, \quad c \equiv 2\beta \tag{7.7}$$

Mivel $R/R_1 \approx 1$, hacsak u nem nagyon kicsi, célszerűbb az ellenállásviszonyt az alábbi alakban felírni:

$$\frac{R}{R_1} = 1 + \frac{\varphi_3(u, v)}{\psi(u, v)} \tag{7.8}$$

ahol ψ a (7.6)-ban magadott függvény és

$$\begin{aligned}
\varphi_3(u, v) &\equiv 2\zeta[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v] [\sin 2u + \cos 2u] + \\
&+ b[\sin 2(u + v) + \cos 2(u + v)] + \zeta^2 b[\sin 2(u - v) + \cos 2(u - v)] - \\
&- 2\zeta b \, e^{-2u} \cos 2v - (a - c) \, e^{-2(u+v)} - \zeta^2 (a + c) \, e^{-2(u-v)}.
\end{aligned} \tag{7.9}$$

Ha $v = 0$, akkor visszajutunk a (3.5), ill. a (3.6) kifejezésekhez, csak $\alpha\beta$ szerepel az ottani α helyett. Ha viszont $u = 0$, akkor ismét a (3.5), ill. (3.6) kifejezésekhez jutunk, de α, u, ill. R_1 szerepét rendre β, v ill. R_2 veszi át.

Lemez esetén $\gamma_3 \to 0$, $\beta \to \infty$ és így

$$\begin{aligned}
\varphi_1(u, v) &= \zeta^2[\operatorname{sh} 2(u - v) + \sin 2(u - v) + 2\zeta[\operatorname{ch} 2v \sin 2u + \operatorname{sh} 2u \cos 2v] + \\
&+ \operatorname{sh} 2(u + v) + \sin 2(u + v), \\
\varphi_2(u, v) &= \zeta^2[\operatorname{sh} 2(u - v) - \sin 2(u - v)] - 2\zeta[\operatorname{ch} 2v \sin 2u - \operatorname{sh} 2u \cos 2v] + \\
&+ \operatorname{sh} 2(u + v) - \sin 2(u + v), \\
\varphi_3(u, v) &= 2\zeta \operatorname{ch} 2v[\sin 2u + \cos 2u] + \sin 2(u + v) + \cos 2(u + v) + \\
&+ \zeta^2[\sin 2(u - v) + \cos 2(u - v)] - 2\zeta \cos 2v \, e^{-2u} - \\
&- e^{-2(u+v)} - \zeta^2 e^{-2(u-v)}, \\
\psi(u, v) &= \zeta^2[\operatorname{ch} 2(u - v) - \cos 2(u - v)] - 2\zeta[\operatorname{ch} 2v \cos 2u - \operatorname{ch} 2u \cos 2v] + \\
&+ \operatorname{ch} 2(u + v) - \cos 2(u + v).
\end{aligned} \tag{7.10}$$

Ha $u = 0$, ill. $v = 0$, itt is visszajutunk az egyszerű lemez ellenállásához, ill. reaktanciájához.

8. Kétrétegű vezető ellenállásának szélsőértékei

A kétrétegű vezető ellenállásának szélsőértékei a

$$\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{R}{R_1}\right) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{R}{R_1}\right) = 0 \tag{8.1}$$

feltételi egyenletekből határozhatók meg. A szélsőérték létezésének és jellegének meghatározásához még a második deriváltakat is ki kellene számítani. A függvény bonyolult volta miatt ettől eltekintünk, mert előző számításunk és behelyettesítés alapján ez a kérdés eldönthető.

A (8.1) összefüggések explicit meghatározása (7.5) és (7.6) alapján elemi, de hosszadalmas számítást igényel. Végeredményben a szélső értékek u és v helyeire az alábbi két egyenlet adódik:

$$\begin{aligned}
&\zeta^4 b[a \operatorname{sh} 2(u-v) - c \operatorname{ch} 2(u-v)] \sin 2(u-v) + \\
&+ 2\zeta^3[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v][a \operatorname{sh} 2(u-v) - c \operatorname{ch} 2(u-v)] \sin 2u + \\
&+ 2\zeta^3 b^2 \operatorname{sh} 2u \sin 2(u-v) \cos 2v + \\
&+ 6\zeta^2 b\,[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v] \operatorname{sh} 2u \sin 2u \cos 2v - \\
&- 2\zeta^2 b\,[a \operatorname{sh} 2v + c \operatorname{ch} 2v] \operatorname{ch} 2u \cos 2u \sin 2v + \\
&+ 2\zeta[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v][a \operatorname{sh} 2(u+v) + c \operatorname{ch} 2(u+v)] \sin 2u + \\
&+ 2\zeta b^2 \operatorname{sh} 2u \sin 2(u+v) \cos 2v + \\
&+ b[a \operatorname{sh} 2(u+v) + c \operatorname{ch} 2(u+v)] \sin 2(u+v) = 0, \\
&\zeta^4[a \operatorname{sh} 2(u-v) + c \operatorname{ch} 2(u-v)] \sin 2(u-v) + \\
&+ 2\zeta^3 b\,[\operatorname{sh} 2u \sin 2u - \operatorname{ch} 2v \sin 2v] + 2\zeta^2[a \operatorname{ch} 2v + c \operatorname{sh} 2v] \operatorname{sh} 2u \cos 2u \sin 2v + \\
&+ 2\zeta^2[a \operatorname{sh} 2v + c \operatorname{ch} 2v] \operatorname{ch} 2u \sin 2u \cos 2v + 2\zeta\,[a \operatorname{sh} 2v + c \operatorname{ch} 2v] \sin 2v - \\
&- 2\zeta b \operatorname{sh} 2u \sin 2u - [a \operatorname{sh} 2(u+v) - c \operatorname{ch} 2(u+v)] \sin 2(u+v) = 0.
\end{aligned} \tag{8.2}$$

A (8.2) transzcendens egyenletrendszer megoldása általánosságban teljesen kilátástalan feladatot jelentene. Szerencsére felismerhetjük, hogy minden tag tartalmazza az alábbi szorzótényezők valamelyikét:

$$\sin 2u, \quad \sin 2v, \quad \sin 2(u+v), \quad \sin (u-v).$$

Ebből megállapíthatjuk, hogy

$$u = m\frac{\pi}{2}, \quad v = n\frac{\pi}{2} \tag{8.3}$$

feltétlenül egy megoldáspárt adnak m és n bármilyen egészszámú értéke esetén. A 4.§ eredményei szerint feltehetjük, hogy $\alpha > 1$ esetén az $m = 1$ választás tehát

$$u_0 = \frac{\pi}{2}, \quad d_{10} = \frac{\pi}{2}\delta_1 \tag{8.4}$$

esetén az ellenállásnak minimuma van. Vizsgáljuk most rendre a $v = 0$, $v = \frac{\pi}{2}$, $v = \pi$ és $v = \infty$ esetén az ellenállás kifejezését. Mint előbb említettük, $v = 0$ esetén a (3.5) kifejezés adódik $\alpha \to \alpha\beta$ helyettesítéssel. Ha még $u = \pi/2$, akkor a (4.6) közelítő összefüggésből

$$\begin{aligned}
\frac{R}{R_1} &= 1 - 2\frac{\alpha\beta - 1}{\alpha\beta + 1} e^{-\pi} + \\
&+ 2\left(\frac{\alpha\beta - 1}{\alpha\beta + 1}\right)^2 e^{-2\pi}, \quad v = 0
\end{aligned} \tag{8.5}$$

Ha $u = \pi/2$ és $v = \pi/2$, akkor

$$\frac{R}{R_1} = \frac{(\beta^2+1) \operatorname{sh} 2\pi + 2\beta \operatorname{ch} 2\pi - 2\zeta(\beta^2 - 1) \operatorname{sh} \pi - 2\zeta^2 \beta}{(\beta^2+1) \operatorname{ch} 2\pi + 2\beta \operatorname{sh} 2\pi + 4\zeta(\operatorname{ch} \pi + \beta \operatorname{sh} \pi) + 2\zeta^2 - \beta^2 + 1}. \tag{8.6}$$

Sorbafejtve $e^{-\pi}$ hatványai szerint

$$\frac{R}{R_1} = 1 - 2\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} e^{-\pi} + \frac{2}{1+\beta}\left[\left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2 - 1 + \beta\right] e^{-2\pi}, \quad u = v = \frac{\pi}{2}. \tag{8.7}$$

Ha $u = \pi/2$ és $v = \pi$, akkor hasonló közelítéssel

$$\frac{R}{R_1} = 1 - 2\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} e^{-\pi} + 2\left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2 e^{-2\pi}, \quad u = \frac{\pi}{2}, \quad v = \pi. \tag{8.8}$$

Végül ha $v \to \infty$ és $u = \pi/2$, akkor (4.6) szerint

$$\frac{R}{R_1} = 1 - 2\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} e^{-\pi} + 2\left(\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}\right)^2 e^{-2\pi}, \quad u = \frac{\pi}{2}, \quad v = \infty. \tag{8.9}$$

(8.8) és (8.9) összevetéséből az látszik, hogy ha $v \geqq \pi$, akkor a legalsó réteg gyakorlatilag semmi szerepet nem játszik. Másrészt (8.5) és (8.9) összevetéséből az következik, hogy ha $\alpha\beta > \alpha$, vagyis $\beta > 1$ (a középső réteg jobb vezető, mint a legalsó), akkor a közbülső réteg csak növeli az ellenállást, mert $e^{-\pi}$ együtthatója $v = 0$ esetén nagyobb negatív szám, mint $v \to \infty$ esetén. Ha $\beta < 1$, akkor a helyzet fordított. Ha $e^{-2\pi}$ együtthatóit vizsgáljuk, akkor (8.7) és (8.8) összevetéséből megállapítható, hogy

$$\beta < \frac{(\alpha + 1)^2}{4\alpha} > 1 \tag{8.10}$$

esetén a $v = \pi/2$ helyen minimum van, ellenkező esetben pedig maximum. Mindenesetre ezek a hatások rendkívül kicsik, hiszen $e^{-2\pi} = 1{,}87 \cdot 10^{-3}$.

Ha $\gamma_3 \to 0$, $\beta \to \infty$, akkor a kétrétegű lemez esetéhez jutunk. Az $u = \pi/2$ esetre szorítkozva az alábbi összefüggések adódnak:

$$\frac{R}{R_1} = 1 - 2e^{-\pi} + 2e^{-2\pi}, \quad u = \frac{\pi}{2}, \quad v = 0 \tag{8.11}$$

$$\frac{R}{R_1} = 1 - 2\zeta e^{-\pi} + 2e^{-2\pi}, \quad u = \frac{\pi}{2}, \quad v = \frac{\pi}{2} \tag{8.12}$$

$$\frac{R}{R_1} = 1 - 2\zeta e^{-\pi} + 2\zeta^2 e^{-2\pi}, \quad u = \frac{\pi}{2}, \quad v = \pi \tag{8.13}$$

Mivel $\zeta < 1$, ezért az ellenállás $v = 0$ ($d_2 = 0$) esetén a legkisebb és $v = \pi/2$ esetén maximuma van. Ha $\zeta < e^{-\pi}$, vagyis $\alpha < 1{,}090$, akkor $v = \pi/2$ esetén R/R_1 nagyobb is lehet 1-nél, tehát „elvész" az $u = \pi/2$ által biztosított minimum. A 4. fejezetben megtárgyaltak után ez nem meglepő, hiszen ott láttuk, hogy még homogén lemezanyag esetén sem célszerű az optimálisnál nagyobb lemezvastagságot választani.

Az árameloszlás ez esetben is különleges $u = \pi/2$ és $v = \pi/2$ esetén: I_3 éppen ellenfázisban van I-vel, $I_2 + I_3$ pedig 90°-kal késik I-hez képest.

Hangsúlyozni kell, hogy az $u = m\pi/2$, $v = n\pi/2$ megoldáspár korántsem jelenti azt, hogy pl. rögzített v esetén R/R_1-nek u függvényében az $u = m\pi/2$ helyen (és csakis ott) lennének szélsőértékei. A (8.2) első egyenletének u-ra történő megoldása ismét reménytelenül bonyolult feladat. A legérdekesebb azonban az $u < 1$ eset vizsgálata. Ha $u \to 0$, akkor

$$\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{R}{R_1}\right) = -K(\beta^2 - 1)\sin 2v, \tag{8.14}$$

ahol K egy (v-től függő) pozitív szám. Ha $v \neq n\pi/2$, akkor ez nullától különböző. Tudjuk, hogy $\alpha > 1$ esetén az $u = \pi/2$ helyen (vagy legalábbis annak környezetében) R/R_1-nek minimuma van. Ha viszont $\beta < 1$ és $2v < \pi$, akkor (8.14) szerint R/R_1 eleinte emelkedik u függvényében, tehát a maximum az $u = 0$ helyről eltolódik. Ha feltesszük, hogy $u < 1$, akkor u szerinti sorbafejtéssel (8.2) első egyenletéből az első szélsőérték helyére az alábbi összefüggés adódik:

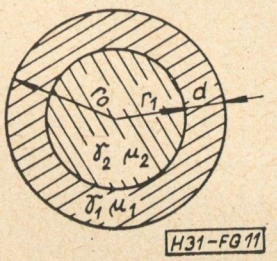
$$u = \frac{(\beta^2 + 1)\operatorname{sh} 2v + 2\beta \operatorname{ch} 2v}{2f(v)}(1 - \zeta^2)\sin 2v, \tag{8.15}$$

$$\begin{aligned} f(v) = &-(1 + \zeta^2)[(\beta^2 + 1)\operatorname{sh} 2v + 2\beta \operatorname{ch} 2v]\cos 2v - \\ &-(1 + \zeta^2)[(\beta^2 + 1)\operatorname{ch} 2v + 2\beta \operatorname{sh} 2v]\sin 2v - 2\zeta|\beta^2 - 1|\sin 2v \cos 2v - \\ &-\frac{2\zeta}{(1 - \zeta^2)(\beta^2 - 1)}[(\beta^2 + 1)\operatorname{sh} 2v + 2\beta \operatorname{ch} 2v][(\beta^2 + 1)\operatorname{ch} 2v + 2\beta \operatorname{sh} 2v - \zeta^2]. \end{aligned} \tag{8.16}$$

Hasonlóképpen számítható a szélsőérték helyének eltolódása az $u = m\pi/2$ helyek környezetében, ennek azonban már nincsen különösebb jelentősége. Az első szélsőérték azért érdekes, mert azt mutatja, hogy ha a 3. jelű alapanyagon egy annál rosszabbul vezető réteg van, akkor túlságosan kis felületi bevonat esetén az ellenállás nem csökken, hanem növekszik. Ennek a rétegnek tehát a (8.15) által meghatározott u értéknél feltétlenül nagyobbnak kell lennie. Ezt az ellenállásnövekedést ugyanúgy az árameloszlás egyenlőtlensége okozza, mint a minimális ellenállást.

9. Rétegezett hengeres vezető impedanciája

A gyakorlatban általában nem sík, hanem hengeres elrendezéssel találkozunk. A rétegezett hengeres vezető (11. ábra) impedanciája



11. ábra. Rétegezett tömör hengeres vezető

$$\frac{R+j\omega L}{R_1} = (j-1)\frac{\alpha J_{021}(J_{010}H^{(1)}_{111} - J_{111}H^{(1)}_{010}) + J_{121}(J_{011}H^{(1)}_{010} - J_{010}H^{(1)}_{011})}{\alpha J_{021}(J_{110}H^{(1)}_{111} - J_{111}H^{(1)}_{110}) + J_{121}(J_{011}H^{(1)}_{110} - J_{110}H^{(1)}_{011})}. \qquad (9.1)$$

$J_n(x)$ ill. $H^{(1)}_n(x)$ az n-edrendű Bessel-függvény, ill. elsőfajú Hankel-függvény, továbbá

$$J_{010} \equiv J_0\left(\frac{j-1}{\delta_1}r_0\right), \quad J_{011} \equiv J_0\left(\frac{j-1}{\delta_1}r_1\right) \text{ stb.}$$

Ugyanezzel a módszerrel meghatározható az üreges hengeres vezető impedanciája is (12. ábra). Ilyen pl. egy koaxiális kábel rétegezett visszavezetése vagy egy csőtápvonal bevonatos fala. Amíg az előző esetben a $0<r<r_1$ tartományban a Hankel-függvény együtthatóját nullának kell választani, mert az $r\to 0$ esetén végtelenhez tart, addig jelen esetben az $r>r_0$ tartományban a Bessel-függvény együtthatóját kell nullának választani, mert az $r\to\infty$ esetén válik végtelenné. Szigorúan véve ez a megoldás csak akkor helyes, ha az r_2 külső sugár végtelen. Ha azonban $(r_2 - r_1)\gg\delta_2$, akkor r_2 véges volta az eredményeket nem befolyásolja. Az impedancia kifejezésében végeredményben a $J_{021}\to H^{(1)}_{021}$, $J_{121}\to H^{(1)}_{121}$ helyettesítéseket kell elvégezni és így a 12. ábrán látható esetre

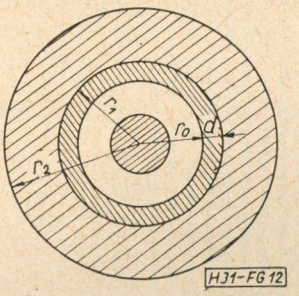
$$\frac{R+j\omega L}{R_1} = -(j-1)\frac{\alpha H^{(1)}_{021}(J_{010}H^{(1)}_{111} - J_{111}H^{(1)}_{010}) + H^{(1)}_{121}(J_{011}H^{(1)}_{010} - J_{010}H^{(1)}_{011})}{\alpha H^{(1)}_{021}(J_{110}H^{(1)}_{111} - J_{111}H^{(1)}_{110}) + H^{(1)}_{121}(J_{011}H^{(1)}_{110} - J_{110}H^{(1)}_{011})}. \qquad (9.2)$$

Habár a (9.1)-ben és a (9.2)-ben szereplő függvények tabellázva vannak, az összefüggés túlságosan sok számolást követel ahhoz, hogy gyakorlatilag használható legyen (a J és H függvények ugyanis maguk is komplexek). A feladat abban áll, hogy az összefüggést közelítőleg számításokra alkalmasabb alakra hozzuk. Elsősorban a nagyfrekvenciás esetet tartjuk szem előtt, amikor általában $r_1/\delta_1\gg 1$.

A legkézenfekvőbb azt állítani, hogy ha a behatolási mélység kicsi a sugárhoz képest, akkor a görbületnek nincs jelentős befolyása. Ebből az következik, hogy jó közelítést jelent a rétegezett féltérre a 3. fejezetben leírt összefüggések (3.5—3.10) alkalmazása. A h szélesség helyére a vezeték külső (ill.belső) kerülete írandó, tehát $h = 2r_0\pi$ és így

$$R_1 = \frac{l}{\gamma_1 2r_0\pi\delta_1} \qquad (9.3)$$

Ugyanakkor az is kézenfekvő, hogy a véges görbület azért jelent valamelyes korrekciót, amely annál kisebb, minél kisebb a δ_1/r_0 viszony. Ilyen közelítő összefüggések ismeretesek; az [5] kézikönyv lényegileg a [6] dolgozatban leírt eredményeket ismerteti. Ezek az összefüggések azonban még mindig túlságosan bonyolultak, mert a komplex impedancia szétválasztását valós és képzetes részre esetenként kell elvégezni. Ezek alapján a szélsőérték viselkedése sem vizsgálható.



12. ábra. Rétegezett üreges hengeres vezető belső visszavezetéssel

A következőkben csak az ellenállásra vonatkozó korrekciót határozzuk meg, mert ilyen feltételek mellett a belső reaktancia amúgy is kicsi és így nincs lényeges szerepe.

10. Rétegezett hengeres vezető nagyfrekvenciás ellenállása

Vizsgáljuk a rétegezett hengeres vezető ellenállását abban az esetben, ha a vezeték sugarai sokkal nagyobbak a behatolási mélységeknél. Ekkor

$$\frac{r_0}{\delta_1}\gg 1, \quad \frac{r_1}{\delta_1}\gg 1, \quad \frac{r_1}{\delta_2}\gg 1.$$

Ilyen feltételek mellett a hengerfüggvények a nagy argumentumokra vonatkozó Hankel-féle aszimptotikus kifejezésekkel közelíthetők meg. Ezek lényegileg

$$K\frac{e^{\pm r/\delta}}{\sqrt{r/\delta}}\sum_{k=0}^{m}\frac{a_k}{(r/\delta)^k}$$

alakúak. Elhanyagolva a $(\delta/r)^2$ és az ennél kisebb nagyságrendű tagokat, az ellenállásviszony két részre bontható. Az első tag megfelel a d rétegvastagságú és $h = 2r_0\pi$ szélességű rétegezett féltér ellenállásának, ezt R^*-gal jelöljük. A második tag jelenti a görbület által okozott korrekciót. A hosszas számítások mellőzésével a végeredmény közlésére szorítkozunk.

Első közelítésben mind tömör, mind üreges vezető esetén $R/R_1 = R^*/R_1$, ahol (3.5) szerint

$$\frac{R^*}{R_1}=\frac{(\alpha^2+1)\operatorname{sh}2u+2\alpha\operatorname{ch}2u+(\alpha^2-1)\sin 2u}{(\alpha^2+1)\operatorname{ch}2u+2\alpha\operatorname{sh}2u-(\alpha^2-1)\cos 2u} \tag{10.1}$$

Az összefüggés közelítő alakjait a 3. fejezetben már megadtuk. A görbületet megadó korrekciók δ/r nagyságrendűek. A 11. és 12. ábra jelöléseivel a korrekciós tag csak előjelben tér el a tömör és az üreges elrendezésnél:

$$\frac{R}{R_1}=\frac{R^*}{R_1}\pm\frac{\delta_1}{2r_0}\pm$$

$$\pm\left(3\frac{\alpha^2-1}{2}\frac{\delta_1}{r_0}-\frac{3\alpha^2+1}{2}\frac{\delta_1}{r_1}+2\alpha\frac{\delta_2}{r_1}\right)\psi_0(u) \tag{10.2}$$

ahol

$$\psi_0(u)=$$

$$=\frac{(\alpha^2+1)\operatorname{ch}2u\cos 2u+2\alpha\operatorname{sh}2u\cos 2u-\alpha^2+1}{N(u)} \tag{10.3}$$

$$N(u)=(\alpha^4+6\alpha^2+1)\operatorname{ch}4u+$$

$$+4\alpha(\alpha^2+1)\operatorname{sh}4u-4(\alpha^2-1)\left[(\alpha^2+1)\operatorname{ch}2u+\right.$$

$$\left.+2\alpha\operatorname{sh}2u\right]\cos 2u+(\alpha^2-1)^2(2+\cos 4u).$$

(10.2)-ben a pozitív előjel a tömör, a negatív előjel az üreges vezetőre vonatkozik. (10.3)-ból látható, hogy $u>1$ esetén $\psi_0(u)\ll 1$ és így

$$\frac{R}{R_1}=\frac{R^*}{R_1}\pm\frac{\delta_1}{2r_0},\qquad u=\frac{d}{\delta_1}>1 \tag{10.4}$$

Ha viszont $u = 0$, akkor $\psi_0(u) = 0{,}25$. Mivel ilyenkor $r_1 \approx r_0$ vehető, tehát

$$\frac{R}{R_1}=\frac{R^*}{R_1}\pm\frac{\delta_2}{2r_0},\qquad u\ll 1 \tag{10.5}$$

Végeredményben azt kaptuk, hogy a tömör vezető ellenállása valamivel nagyobb, az üreges vezetőé pedig valamivel kisebb, mint az ekvivalens síkbeli elrendezésé. Ez teljesen érthető, mert az első esetben a vezeték kerülete mindenütt kisebb, a második esetben pedig mindenütt nagyobb, mint a kontúron ($r = r_0$).

11. Körgyűrű keresztmetszetű vezeték impedanciája

Körgyűrű keresztmetszetű (csőalakú) vezeték esetén a 2. réteg szigetelő, tehát $\gamma_2 = 0$ és így $\alpha\to\infty$ és $1/\delta_2\to 0$. Ekkor $J_{021}\to 0$, $J_{121}\to 0$, $H^{(1)}_{021}\to\infty$ és $H^{(1)}_{121}\to-\infty$. A kívülről gerjesztett cső impadenciájára (9.1)-ből

$$\frac{R+j\omega L}{R_1}=(j-1)\frac{J_{010}H^{(1)}_{111}-J_{111}H^{(1)}_{010}}{J_{110}H^{(1)}_{111}-J_{111}H^{(1)}_{110}} \tag{11.1}$$

adódik. Ha a belülről gerjesztett cső impedanciáját akarjuk meghatározni, akkor figyelembe kell vennünk az alábbi határértéket:

$$\frac{1}{\alpha}\frac{H^{(1)}_{121}}{H^{(1)}_{021}}\sim x\frac{-\frac{2}{\pi x}}{\ln\frac{1}{x}}\to 0,\quad\text{ha}\quad x\to\infty,$$

ahol $x\sim\sqrt{\gamma_2}$. Ebből következik, hogy belülről gerjesztett csőalakú vezetőre (9.2)-ből

$$\frac{R+j\omega L}{R_1}=-(j-1)\frac{J_{010}H^{(1)}_{111}-J_{111}H^{(1)}_{010}}{J_{110}H^{(1)}_{111}-J_{111}H^{(1)}_{110}} \tag{11.2}$$

Amint látható, mindkét esetben elegendő az $\alpha\to\infty$ határátmenetet formálisan elvégezni. Ezek szerint a csőalakú vezető ellenállására felírhatók az alábbi összefüggések:

$$\frac{R}{R_1}=\frac{R^*}{R_1}\pm\frac{\delta_1}{2r_0}\pm 3\frac{\delta_1}{2r_0}\left(1-\frac{r_0}{r_1}\right)\psi_1(u), \tag{11.3}$$

$$\frac{R^*}{R_1}=\frac{\operatorname{sh}2u+\sin 2u}{\operatorname{ch}2u-\cos 2u} \tag{11.4}$$

$$\psi_1(u)=\frac{\operatorname{ch}2u\cos 2u-1}{\operatorname{ch}4u-4\operatorname{ch}2u\cos 2u+\cos 4u+2} \tag{11.5}$$

A felső előjel a kívülről, az alsó a belülről gerjesztett csőre vonatkozik. Ha $u>1$, akkor $\psi_1(u)\ll 1$. Ha viszont $u\to 0$, akkor határértékszámítással kimutatható, hogy $\psi_1(u) = -1/12$. Mivel ekkor $r_0/r\approx 1$, mindkét esetben az

$$\frac{R}{R_1}=\frac{R^*}{R_1}\pm\frac{\delta_1}{2r_0} \tag{11.6}$$

összefüggéssel számolhatunk. Valamivel pontosabb az $u<1$ esetben érvényes

$$\frac{R}{R_1}=\frac{R^*}{R_1}\pm\frac{\delta_1}{2r_0}(1+2u),\qquad u<1 \tag{11.7}$$

összefüggés.

12. Rétegezett hengeres vezető nagyfrekvenciás ellenállásnak szélsőértékei

A 10. és 11. fejezetben követett számítás eredménye szerint a rétegezett, ill. a körgyűrű keresztmetszetű hengeres vezeték nagyfrekvenciás ellenállása egy korrekciós tagtól eltekintve megegyezik a rétegezett hengeres vezeték, ill. a lemez ellenállásával. Maga a korrekciós tag is két részből áll. A $\delta_1/2r_0$ tag a rétegvastagságtól független. Mivel a második, a $\psi_0(u)$-val, ill. $\psi_1(u)$-val arányos tag általában még ennél is kisebb, ezért elég jó közelítéssel azt mondhatjuk, hogy a lemezvastagság függvényében az ellenállásnak a

$$d = k\frac{\pi}{2}\delta_1 \qquad (12.1)$$

helyeken van szélsőértéke, éppen úgy, mint a rétegezett féltér, ill. a lemez esetében. Ha $\alpha>1$, akkor az első szélsőérték most is minimum és $\alpha<1$ esetén pedig maximum. A minimális ellenállás (4.6), ill. (4.7) alapján számítható, figyelembe véve a 10. és 11. fejezetben meghatározott korrekciókat. $d_0 = \delta_1\pi/2$ vastagságú bevonat esetén

$$\frac{R_0}{R_1} = 1 - 8{,}64\cdot 10^{-2}\zeta + 3{,}7\cdot 10^{-3}\zeta^2 \pm \frac{\delta_1}{2r_0} \qquad (12.2)$$

míg $d_0 = \delta_1\pi/2$ vastagságú cső esetén

$$\frac{R_0}{R_1} = 0{,}9168 \pm \frac{\delta_1}{2r_0} \qquad (12.3)$$

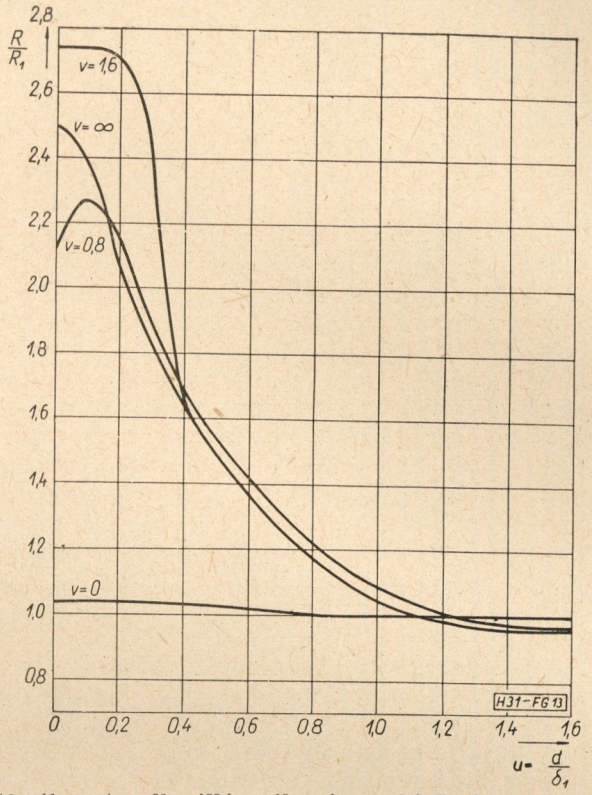
A felső előjel kívülről, az alsó pedig belülről történő gerjesztés esetén érvényes.

Mivel a 10. és 11. fejezet eredményei szerint a nagyfrekvenciákon általában teljesülő $\delta/r_0 \ll 1$ esetben a görbület okozta korrekció jelentéktelen, a kettős bevonatú hengeres vezeték számítását nem végeztük el, mivel első közelítésben ugyanaz az ellenállás adódik, mint a kétrétegű sík elrendezésben. Második közelítésben alkalmazhatók a 10. ill. 11. fejezetben levezetett korrekciók, mert — hacsak $u = d_1/\delta_1$ és $v = d_2/\delta_2$ nem túlságosan kicsi — a harmadik réteg anyagának befolyása az amúgy is kicsiny korrekciós tagban gyakorlatilag biztosan elhanyagolható.

13. Az ezüst-palládium-réz rendszer vizsgálata

Számításaink számszerű illusztrálására vizsgáljuk az ezüstözött rézfelület esetén fellépő viszonyokat. Mint említettük, technológiai okokból egy közbülső palládium-rétegre is szükség van. Az anyagjellemzők értékei [2]:

1. ezüst	$\gamma_1 = 62{,}75$	Smm²/m
2. palládium	$\gamma_2 = 9{,}07$	Smm²/m
3. vörösréz	$\gamma_3 = 58$	Smm²/m



13. ábra. Az ellenállás változása a felső réteg vastagságának függvényében. A második réteg vastagsága az egyes görbékre állandó

Mivel egyik közeg sem ferromágneses, így mindháromra

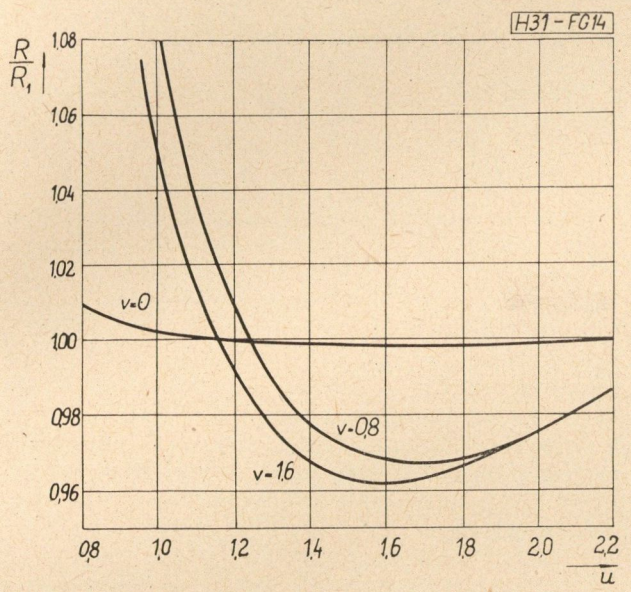
$$\mu = \mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\frac{\text{Vs}}{\text{Am}}.$$

Ezek szerint

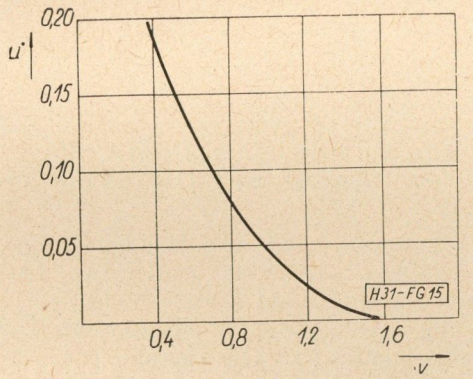
$$\alpha = 2{,}62\,;\ \beta = 0{,}396\,;\ \alpha\beta = 1{,}041\,;\ \zeta = 0{,}447.$$

A 13. ábrán feltüntettük R/R_1 változását u függvényében, ha $v =$ állandó. Állandó frekvencia esetén az $u = d_1/\delta_1$ változó az ezüst, a $v = d_2/\delta_2$ paraméter pedig a palládium rétegvastagságával arányos. A $v = 0$ eset azt jelenti, hogy az ezüst és a réz közvetlenül érintkeznek. Ha viszont $v = \infty$, akkor a palládiumréteg végtelen vastag. Ez a két görbe (3.5)-ből számítható; $v = 0$ esetén $\alpha\to\alpha\beta$, míg $v = \infty$ esetén $\alpha\to\beta$ helyettesítéssel. A másik két görbe ($v = 0{,}8$ és $v = 1{,}6$) pedig (7.8) alapján lett számítva.

Az $u = \pi/2$ hely környezetét kinagyítva a 14. ábra mutatja. Valóban az látható, hogy $v = \pi/2$ esetén az ellenállásminimumnak minimuma van (a számítás egyszerűsítése kedvéért nem a $v = \pi/2 = 1{,}57$, hanem a $v = 1{,}6$ értékhez tartozó görbét határoztuk meg, de itt a változások olyan lassúak, hogy gyakorlatilag nincs eltérés). A $v = \infty$ értékhez tartozó görbe $u = 0{,}4$ fölött gyakorlatilag egybeesik a $v = \pi/2 \approx 1{,}6$ paraméterértékű görbével (elméletileg azonban (8.7) szerint a minimális ellenállás $v = \pi/2$ esetén valamivel kisebb, mint $v = \infty$ esetén).



14. ábra. Az ellenállás változása a minimum környezetében a felső réteg vastagságának függvényében. A második réteg vastagsága az egyes görbékre állandó



15. ábra. Az ellenállás első maximumának $u = d_1/\delta_1$ helye a $v = d_2/\delta_2$ paraméter függvényében

A 13. ábrán megfigyelhető a (8.14) összefüggés kapcsán megbeszélt hatás, ti. az, hogy ha $0<v<\pi/2$, akkor vékony ezüst bevonat esetén az ellenállás eleinte növekszik. Az első maximum (8.15) alapján számított helyére a 15. ábrán látható görbe adódik. $v = 0{,}8$ esetén $u = 0{,}07$, jó egyezésben a 13. ábrából is leolvasható értékkel. A legjelentősebb ez a hatás természetesen $v = \pi/2$ esetén. Ha ugyanis $u = 0$, akkor az egyrétegűvé vált elrendezés ellenállásnak $v = \pi/2$ esetén maximuma van, mert a felső réteg (palladium) rosszabb vezető, mint az alsó (vörösréz).

A 12.§ megállapításai szerint ezek a jellegzetességek lényegileg körkeresztmetszetű vezető esetében is megtalálhatók, ha a vezeték sugara jóval nagyobb a behatolási mélységeknél. A behatolási mélységek a frekvencia függvényében az 1. ábrából olvashatók le.

14. Összefoglalás

A rétegezett féltér ismert összefüggéseiből kiindulva meghatároztuk a váltakozóáramú ellenállás és a reaktancia szélsőértékeit a rétegvastagság függvényében. Megállapítható, hogy ha a felső réteg anyaga jobb vezető, akkor $d = \delta_1\pi/2$ rétegvastagság (vagy lemezvastagság) esetén az ellenállásnak minimuma van, amely kisebb, mintha az egész féltér ebből a jobb vezetőképességű anyagból állna, habár az eltérés nem jelentős.

Meghatároztuk a kettős rétegezéssel ellátott féltér, ill. a kétrétegű lemez ellenállásának és reaktanciájának kifejezését. Ha a felső réteg a legjobb vezető és a középső a legrosszabb, akkor az ellenállásnak $d_1 = \delta_1\pi/2$ és $d_2 = \delta_2\pi/2$ esetén minimuma van. Ilyen feltételek mellett egészen kis bevonatok alkalmazása az ellenállást nem csökkenti, hanem növeli.

Végül közelítő összefüggést határoztunk meg a körkeresztmetszetű rétegezett hengeres vezetőre, ill. a körgyűrű keresztmetszetű hengeres vezetőre. Első közelítésben ugyanazok az összefüggések adódtak, mint az ekvivalens síkbeli elrendezésre. Második közelítésben korrekciós tagok adódtak, amelyek a gerjesztés módjától (az áramvisszavezetés helyzetétől) függenek. Mivel a korrekciós tagok a rétegvastagságtól (falvastagságtól) függetleneknek tekinthetők, ezért második közelítésben is a szélsőértékek szempontjából a hengeres vezetőkre ugyanazok a megállapítások érvényesek, mint a rétegezett féltérre. A további korrekciók elhanyagolása akkor jogos, ha a behatolási mélység sokkal kisebb a vezető sugaránál.

IRODALOM

1a. *Simonyi Károly :* Elméleti villamosságtan Tankönyvkiadó, Budapest, 1958.

1b. *K. Simonyi :* Theoretische Elektrotechnik Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1956.

2. *Istvánffy Edvin :* Mikrohullámok technikája és rádiólokátorok Tankönyvkiadó, Budapest, 1955.

3. *S. Ramo—J. R. Whinnery :* Fields and Waves in Modern Radio John Wiley & Sons, Inc. New York, 1945.

4. *Fodor György :* Kvázistacionárius terek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1954.

5. Handbuch für Hochfreqzenz—und Elektrotechniker III. Verl. für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin, 1957.

6. *H. Kruse — O. Zinke :* Stromverdrängung in geschichteten zylindrischen Leitern Hochfrequenztechnik und Elektroakustik *44.* 6. 185. old. 1034.

7. *P. Beckmann :* The reflection of Electromagnetic Wawes and Synthesis of Media Acta Technica, Praga, 1956.

8. *Jahnke—Emde :* Tafeln höherer Funktionen B. G. Teubner Verlagsg., Leipzig, 1952.

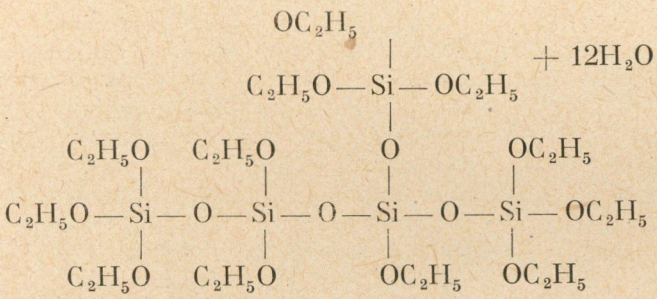
Etilszilikát néhány alkalmazása a vákuumtechnikában

KARDOS FERENC
kandidátus

A 40% sziliciumdioxidot tartalmazó „Etilszilikát 40"-et a vákuumtechnikában több célra alkalmazhatjuk. A hidrolitos és thermikus bomlás révén felszabaduló sziliciumoxidot getterezési célra, szilikáttá alakítva pedig fénypor gyártási célra használjuk fel. A sziliciumdioxidot átalakítás nélkül, mint kötőanyagot használjuk, belülfestett lámpák festékanyagának és fénycsövek oxidkatódjának rögzítésére. Hasonló célból alkalmazzuk a vákuumtéren kívül vezetőcsík fémanyagának jó tapadást biztosító felvitelére.

Általános rész

A kovasav és polikovasav észterek régen ismeretesek [1]. A régi leírások tartalmazzák a különböző észterek fizikai és kémiai tulajdonságait és laboratóriumi előállítási módszereiket. Majdnem egy évszázadig tartott, míg a tulajdonságokra vonatkozó tudományos felismeréseket a gyakorlatban alkalmazni kezdték. A kovasavészterek közös tulajdonsága a hidrolizálhatóság, értve ezen azt, hogy ily módon vegyületeiből szilíciumhidroxid nyerhető ki. A folyamat a következőképpen képzelhető el [2]:



A keletkező polikovasav melegítéssel részben vagy egészben anhidrosavvá illetve szilíciumdioxiddá alakítható át. Ez az a tulajdonság, melyet az etilszilikátok gyakorlati alkalmazása közben felhasználhatunk.

Meg kell jegyezni, hogy egyéb alkilgyököket tartalmazó szilikátok közül a SiO_2-t legnagyobb százalékban tartalmazó metilszilikátot, mérgező hatású metilalkohol keletkezése miatt általában nem használják, továbbá, hogy műgyantagyártáshoz elterjedten használatos pl. az arilszilikát. Az iparban általában a kb. 40% SiO_2-t tartalmazó „Etilszilikát 40"-t alkalmazzák.

Mielőtt rátérnénk a vákuumtechnikai felhasználási területekre, az érdekesség kedvéért felsorolunk néhány egyéb, a vákuumtechnikától igen távoleső felhasználási területet.

Optikai eszközök fényreflexiójának csökkentése lehetséges az üvegfelületen elbontott etilszilikáttal [3]. Termőtalaj stabilizációja érhető el úgy, hogy a talajt előbb etilszilikáttal, majd vízzel locsolják [4]. A kerámiai ipar elterjedten használja kötőanyagként [5]. A kaucsuk iparban „fehér-korom"-nak nevezve pl. átlátszó kaucsuktárgyak készítésére használják [6]. Az etilszilikátot a festékiparban mint lágyítót és egyben mint tapadást, időállóságot növelő anyagot lehet felhasználni [7]. Alkalmas továbbá textil impregnálásra [8]. A preciziós öntéstechnikában való felhasználásáról igen sok cikk, leírás és szabadalom jelent meg [9]. Bevált, mint korrozióvédőszer [10] és mint tűzmentesítő anyag is [11]. Kvarcüveg elektromos felületi ellenállása növelhető [12] és fémfelületek korrozióvédő bevonata készíthető [13] akár kataforezis, akár etilszilikát gőzök 850 C°-on történő termikus elbontása segítségével.

Ez a sokoldalú felhasználási lehetőség erősen megnövelte a keresletet iránta. Az 1946—48. években az előállítási költség és az anyag ára olyan nagy volt, hogy pl. az öntéstechnikában nem volt gazdaságos felhasználni [14], de a következő években már egymás után dolgozzák ki az olcsóbb, jobb kitermelést biztosító módszereket [15, 16, 17].

Speciális rész

A vákuumtechnikában való felhasználási lehetőségek még korántsem bontakoztak ki teljesen. Ennek egyik okát abban kereshetjük, hogy a vákuumtechnikában lejátszódó folyamatok általában hosszú időtartamúak és így az igen nagy óvatosságot és körültekintést igénylő kísérletek eredményei lassan jutnak el a kiértékelésig (pl. fénycsőélettartam), továbbá, hogy ezeket a folyamatokat egyidejűleg olyan sok körülmény szabja meg, hogy az etilszilikát okozta effektus csak többször és nagy darabszámmal végzett kisérletek statisztikai eredményeiből világlik ki. Egy másik ok lehet az, hogy az eddig említett folyamatokhoz víz jelenléte szükséges.

A vákuumtechnikai iparban víz, vagy víz segítségével lejátszódó fizikai-kémiai folyamat csak akkor használható fel a technológiában, ha a vákuumtérbe víz még nyomokban sem kerül. Az „Etilszilikát 40" elbontását tehát úgy kell végezni, hogy a hidrolizishez szükséges

víz, valamint a keletkezett kovasavban megkötött víz a vákuumtér lezárása előtt onnan eltávozzék.

Az említett nehézségek ellenére már eddig is számos eredmény született meg. Az alábbiakban áttekintést szeretnénk adni mind a külföldi, mind a legújabb hazai eredményekről. Célszerű ezt megtenni azért, hogy kimutassuk: egy új anyag bekapcsolása a tenchológiába, hogyan vezet a gyártmányok minőségének fejlődéséhez; de érdemes azért is közölni az eredményeket, mert ilymódon a még ki nem dolgozott lehetőségek felvetésére irány jelölhető ki a technológia további módosítására.

Az általunk használt „Etilszilikát 40" (röviden „Esz 40") a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

Külső tulajdonságok:
sárgaszínű, átlátszó, kellemes éterszagú
Fajsúly 20 C°-on = 1,058
SiO_2 = 40,6%
Aciditás = 0,02% HCl
Fe^{3+} = 0,01%
Desztillálható rész 100 C°-ig cca 3%
Organikus oldószerekkel minden irányban keveredik.
Vízben nem oldódik.
Cca 200 C°-ra hevítve, gőze meggyújtható és SiO_2 kiválással elég.

a) Etilszilikát getter

A szilíciumnak az a tulajdonsága, hogy a wolframizzószál kilépési munkáját bizonyos körülmények között megnöveli, ismert. A wolframizzószál kilépési munkájának megnövelése az izzólámpagyártásban kívánatos. Gáztöltésű lámpák izzószálának elektronemissziója következtében ugyanis a töltőgáz ionizálódhat, ami ívképződést idéz elő az izzószál két különböző feszültségű része között. A keletkezett elektromos ív pedig a lámpát „leégeti". A kilépési munka megnövelésével csökken ezen folyamatok bekövetkezésének valószínűsége. Elérhetjük az elektronemisszió csökkentését SiO_2-nek a szokásos (pl. vörös foszfor) getterhez való adagolásával [18].

Egyenletesebben és kényelmesebben adagolhatjuk az SiO_2-t úgy, hogy az alkoholos foszforszuszpenzióba Esz40-t keverünk. Az alkohol elpárolgása után az etilszilikát a foszforral együtt a spirálon marad és a beforrasztás hőmérsékletén elbomlik. A visszamaradó szilíciumdioxid igen finom eloszlásban keveredik el a vörös foszfor részecskékkel. A lámpa első begyújtásakor a kovasav a foszfor elpárolgása miatt részben lehull a spirálról, részben elpárolog és részben redukálódhat. A redukciókor keletkezett fém-szilícium csökkenti az elektronemissziót. A kovasav elpárolgó része a spirálról a bura falára csapódik le és az esetleges ottlevő vízgőz nyomokat megköti. Tapasztalat szerint a vízgőz többé nem szabadul fel és így a Langmuir-körfolyamat létrejöttét nem segíti elő.

A foszfor mellé adagolható Esz40 mennyiségének határt szab az, hogy ha az ESz40 levegő kizárásával termikusan bomlik, úgy szénkiválás történhetik. A spirálon nem kellő vékony rétegben elhelyezkedő kovasav film tartalmazhat ESz40 zárványokat, melyek nem égnek, illetve távoznak el tökéletesen. Az első begyújtáskor kiváló szén ilyenkor nagyfokú spiráltörékenységet okozhat.

b) Fénypor alapanyag

A Willemit-fénypor összetételére nézve zinkszilikát mangánnal aktíválva. A fénypor elektronra és ultraibolya sugárzásra egyaránt gerjed, emiatt használata elterjedt. A katódsugárcső és varázsszem ernyőjén éppúgy alkalmazható, mint a zölden világító (reklám) fénycsövek bevonataként. Szennyeződések, különösen nehéz fémek károsan befolyásolják a fényteljesítményt úgy, hogy előállításánál különös gondot kell fordítani az alapanyagok tisztítására. Az egyik alapanyag az SiO_2, melyet ESz40 elbontásával állíthatunk elő [19]. Ez az elvi eljárás gyakorlatban úgy valósítható meg, hogy a zinkszilikát előállításához szükséges mennyiségű zinkoxidot ESz40-ben megőrlünk, megszárítjuk, aktíváljuk (pl. mangánkarbonáttal) és izzítjuk.

Az a) és b) pontban említett felhasználási területeken az Esz40-ből kiváló SiO_2-t, mint kiindulási anyagot további fizikokémiai folyamatokon keresztül más anyagok (Si ill. $ZnSiO_4$) előállítására használtuk fel. Az ezután következendő eljárások esetében a keletkező SiO_2 változatlan formájában marad meg.

Kötőanyag a vákuumtérben

A vákuumtechnikában mindig gondot okoz poralakú anyagoknak a rögzítése a vákuumtéren belül. A legtöbb esetben a poralakú anyagokat adhézió tartja a fém- vagy üvegfelületen, vagy pedig olymódon rögzítődnek, hogy keramizálódva illeszkednek az alapfém alakjához. Az első esetre legjobb példa a fénypor tapadása a fénycső belső felületén, a másodikra pedig a fénycső katódmasszája.

a) A fénypor jó tapadását biztosítani kívánó eljárások egyik csoportja azon alapszik, hogy az üvegfelületet átmeneti réteggel pl. foszforsavval [20] vonják be és erre történik a fénypor felvitele szuszpenzió segítségével. Egy másik csoport organikus szilikohalogenid + hidrolizissel [21] próbálkozik. Legjobban beváltak azonban azok a módszerek, melyek magába a fényporbevonó masszába keverik a kötőanyagot [pl. 22, 23, 24]. A massza cellulózészter filmképzőből, egy oldószerből és a fényporból áll. Ehhez adnak egy a film rugalmasságát növelő lágyítót és az Esz40-t. Fe-t tartalmazó etilszilikátnál, fényteljesítmény szempontjából káros solarizációs réteg keletkezhetik a fényporszemcsén, ugyanis az ilyen réteg absorbeálja a gerjesztő hullámhosszt, de nem emittál. Ezért ilyen célra csak vasmenetes készítmény használható fel.

A bevonat megszáradása után lágy-filmmel kötött, jól tapadó bevonatot kapunk. A film kiégetésekor, mely 400—450 C° hőmérsékleten oxigén vagy levegő befúvás mellett történik, az organikus részek mint pl. a lágyító, elpárolognak, a cellulóze-észter elég, az Esz40 pedig az égéstermék vízgőzzel hydrolitosan és egyidejűleg a kiégetés hőfokán termikusan elbomlik, kiválik belőle az SiO_2. A massza össztérfogatára számított néhány százalék Esz40 hozzáadása olyan kötést biztosít, hogy az üvegfelületről az egyébként könnyen lefújható fénypor tompa tárggyal való kaparással is nehezen távolítható el, azonban már néhány tized-százalék is biztosítja a fényporlehullás nélküli további munkafolyamatot.

b) Az opálüveggel készült izzólámpát diffuzfénye dekorációs, műszaki és egyéb káprázásmentes világítást kívánó célra teszi alkalmassá. Az opálüveggel történő automatagyártás fogyatékosságait kiküszöbölendő, opálüveg helyett, a bura belső felületére lecsapott SiO_2-füsttel hasonló hatást érhetünk el [25]. Még tökéletesebben pótolja az opálbúrát a belső felületre felvitt titándioxid pigmentréteg [26]. A bevonás kollodiumoldatos szuszpenzióval történik olymódon, hogy a megszáradt festékrétegből az organikus anyagokat, éppen úgy, mint a fénycsőbevonásnál, kiégetjük. A titándioxid tapadása az üvegfelületen gyenge. Előfordulhat, hogy az égő lámpa megrázkódásakor a TiO_2 lehullik, de még szivattyúzás előtt is, már beforrasztáskor porlehullás észlelhető. A gyenge tapadásból következik az is, hogy a lámpa beforrasztásakor a meglágyuló üveg alakváltozásait követni nem tudó TiO_2-réteg elválik az üvegtől, nem olvad be az üvegbe. Így közbenső réteg képződik a bura és az állvány üveganyaga között, a két üveg nem forr össze, a beforrasztás „lyukas" lesz. Ez a hiba előfordul a silika-füstös lámpánál is. Mindkét esetben elkerülhető olymódon, hogy a beforrasztás helyén a réteget kitöröljük. Ilyenkor a lámpa nyakán a fej szélével párhuzamos, néhány mm vastag világos csík látható, mely erősen rontja a lámpa opál szerű dekoratív hatását. A titándioxidos ún. „Incol" lámpánál elkerülhető a kitörlés művelete Esz40 adagolással. Cca 1%-nyi mennyiségű Esz40 hozzátéte a festékmasszához, tette lehetővé azt, hogy az Incol-lámpa tökéletesen opálszerű benyomást kelt és gyártás közben mentes az opállámpa hátrányaitól. Előnye pl. az, hogy a felületet hidrophobbá teszi és mindaddig, míg nincs kiégetve, a nedvszívást hátráltatja.

Hasonló elvek szerint alkalmazható az Esz40 a belülfestett színes lámpa gyártásánál, ahol az említetteken kívül a kovasav rétegnek szerepe van a színtadó pigmentek spirálra jutásának megakadályozásában is. Pigmentek hozzákeverése nélkül is alkalmazhatók az organikus szilíciumvegyületek — így az Esz40 is — bevonatok készítésére. Így pl. üvegfelületen kiváló szilíciumdioxid megadott körülmények között nem filmszerűen vagy pikkelyszerűen válik ki, hanem olyan eloszlásban, mint a felületre lecsapódó SiO_2 füst és így képes az áteső fényt szétszórni. Így az eljárás üvegfelület homályosítására alkalmas. Az elbontást nem is szükséges az üvegfelületen lefolytatni, hanem a finom eloszlású kovasavat tartalmazó festéket előre is el lehet készíteni [27].

c) A gyakorlatban számolnunk kell azzal, hogy a fénycsőkatód oxidanyaga a begyújtási hőmozgás révén nagy mechanikai igénybevételnek van kitéve, és így az oxidréteg lehullása folytán bekövetkező elpusztulás veszélye kerül előtérbe. Elképzelhető tehát egy olyan masszaösszetétel, melyben SiO_2 van olyan mennyiségben, mely keramizálódást, tapadást elősegítő hatása miatt a fénycső élettartamát növeli.

Gyengén negatív elemek oxidjainak a fénycső katódmasszájába való keverése, illetve az alkáli földfémkarbonátokkal együttörlése vagy lecsapása ismert. Így 5% zirkonoxid-tartalmú és 1% sziliciumdioxid-tartalmú fénycső-katódmasszát használhatunk [28]. Hasonló célból javasolták alumíniumoxid, germániumoxid, titándioxid hozzátételét is [29].

Kísérleteink Esz40 hozzátétellel a következő eredményt adták :

Darab fénycső	Esz40% = SiO_2%		Kezd.L/W	Kapcsolások száma :
7	20	8	68.7	28.310
9	5	2	67.6	43.080
7	0	0	66.9	34.160

A vizsgálatok, melyeket forszírozott égetéssel végeztünk, előnyt mutatnak a 2% SiO_2-t tartalmazó katódbevonat javára mind élettartamban, mind kezdeti fényerőben.

d) Egyes lámpatípusoknál getterezőanyagként zirkon fémport használunk. A zirkon pornak a lámpa valamely meleg alkatrészén pl. az elektródán való tapadásának elősegítésére számításba jöhet az Esz40 adagolása, melyet az alkoholos zirkon-szuszpenzióba keverünk. A vizsgálatoknak minden esetben ki kell terjedniök arra is, hogy a zirkon-por felületén elhelyezkedő kovasav-film nem rontja-e a getterező hatását.

Kötőanyag a vákuumtéren kívül [30]

Alkatrészek, különösen porok rögzítése vákuumtéren kívül nem kevésbé fontos, de lényegesen kevésbé kényes probléma, mint a vákuumtéren belül. Az Esz40 felhasználási területei közül a vákuumtechnikában egy olyan eljárást mutatunk be, mely a vákuumtéren kívüli porrögzítésre vonatkozik.

Higanygőz-lámpák begyújtását elősegíti egy, a lámpa búráján alkalmazott vezetőcsík. A vezetőcsík fémpor-pigmentet tartalmazó filmképző anyagból áll. A filmképző anyagok organikusak (gyanta, cellulózenitrát stb.) lévén,

többszöri erős felmelegedés után elégnek és a fémpor lehull. Hőre keményedő műgyantát használva, a szuszpenzióhoz Esz40-t keverhetünk, mely a gyanta keményítésekor hálószerűen beszáradva, erősíti a tapadást. Felmelegedéskor pedig, mely a gyanta elégéséhez vezet, az etilszilikátból kiváló szilíciumdioxid helyettesíti a filmképző anyagot. Villanófénylámpák (photoflash) vezetőcsíkját így készítve tapasztaltuk, hogy a fémpor lepergése csak két-háromszor annyi expozíció után következik be. (Hasonló eredményt ad silicongyanta alkalmazása is pl. magasnyomású higanygőzlámpa jelzőcsíkjánál.)

A felsorolt esetek csak egy kis részét képezik az etilszilikát felhasználási lehetőségeinek. Rendszeres kísérletezéssel a már kipróbált területen elért eredmények tökéletesíthetők lesznek és új területek kutatása válik lehetővé. Az ízzítatlan fénypor nedvességmentesítése *hidrophil* oldószerek, pl. aceton segítségével történhetik olymódon, hogy a cca 1—1,5% nedvességet tartalmazó porkeveréket acetonnal benedvesítjük, majd szárítjuk 120 C°-on. Az acetonba kevert 1—2% Esz40 a kiszáradt porkeverék nedvszívásátgátolja. A szokásos módon való ízzítás után a fénypor laza, könnyen őrölhető, finomkristályos szerkezetű lesz, kevésbé keramizálódva, mint az aceton és Esz40 kezelés nélküli. Ez a kísérlet azonkívül, hogy az üzemszerű, nagytömegű fényporgyártásra kifejleszthető, betekintést ad a fénypor termoszintézisének mechanizmusába, illetve nedvesség szerepébe.

IRODALOM

1. *Ebelmann :* Ann. *57* 334 (1846)
2. *Cogan-Setterstrom :* Ind. and Eng. Chem. *39* 1364—8 (1947)
3. *Moulton :* U. S. szabad. 2 634 215 (1952)
4. U. S. szabad. 2 575 170 (1950)
5. *Scott — Emblem :* Refractories J. *27* 286—9 (1951)
6. *Beotscher :* Kautschuk u. Gummi *3* 357—60
7. *Loormans — Lehrberghe :* Chim. Peintures *12* 184—90 (1949)
8. *Zerner — Gradsztam :* U. S. szabad. 2 477 779 (1949)
9. *Emblem — Meddowcroft — Stockwell :* Metallurgia *41* 157—9 (1950)
10. *Freitag :* Sprechsaal *84* 303 (1951)
11. *Shaw :* Brit. szabad. 574 548 (1946)
12. Guyer Prec. IRE 32/1944. 743—750
13. *Goald :* Bull. Lab. Record *28* 292 (1950)
14. Chem. Abstr. 8839 h. (1950)
15. *Okarara :* J. Chim. Soc. Japan *56* 785—7 (1953)
16. *Pirani — Agamemnon :* Olasz szabad. (1952) 467.303
17. *Gresham :* U. S. szabad. 2 630 446 (1952)
18. *Winter :* Magyar szabad. 131 262 (1943)
19. *Fonda :* U. S. szabad. 2 252 500 (1941)
20. Német szabad. 811 117, 426 240 és 629.130
21. Német szabad. 862 802
22. *Visseaux :* Francia szabad. 930 381 (1947)
23. *Hale :* U. S. szabad. (1943) 2 314 699
24. *Marsden :* U. S. szabad. 2329632 (1943)
25. *Pipkin :* Angol szabad. 690829
26. *Kardos —Juhász :* Magyar szabad. 142007 (1951)
27. *Stoidl — Semler :* Osztrák szabad. 170991 (1951) és *Kardos :* Magyar szabad. 144919 (1956)
28. *Lowry :* Illum. Engin. 288—94 (1951. jún.)
29. *Winter — Gazda :* Magyar szabad. 142311 (1951)
30. *Kardos :* Magyar szabad. 144113 (1954)

Készült az Egyesült Izzólámpa és Villamossági R. T. Üzemlaboratóriumában. (1956—58)

HÍRADÁSTECHNIKAI ANYAGOK GYÁRA

VÁC, ZRÍNYI UTCA 17.

HÍRADÁSTECHNIKAI FÉLGYÁRTMÁNYOK:

Lágy ferrit gyártmányok — Televízió eltérítő gyűrűk és sortranszformátorok — Különböző fazékmagok, hangoló magok és hangoló rudak — Nyomtatott áramkör — Gyantás és különleges töltetű, valamint töltet nélküli forrasztó huzalok

EGYÉB GYÁRTMÁNYOK:

Horgany és alumínium hengerelt termék — Alumínium tetőfedő hullámlemez — Alumínium szétszedhető autógarage, mely csónakház, raktár, vikkendház stb. céljára is alkalmas — Alumínium árusító pavillonok

Mikrohullámú összeköttetések televíziós alapsávi mérési módszerei és műszerei

CSEPREGI — HORVÁTH KÁZMÉR

A nemzetközi televízió műsorcserék számának növekedése, a mikrohullámú sokcsatornás távbeszélő összeköttetések nagyarányú fejlődése felveti a mikrohullámú láncok mérési módszereinek fejlesztési kérdéseit is.

A cikk a hosszútávú mikrohullámú láncok televíziós alapsávjának mérési módszereivel és mérőberendezéseivel foglalkozik. Ezeknek a mérőműszereknek szigorúbb követelményeket kell teljesíteniök, mint akár televízióstudiók műszereinek, ezért meglehetősen bonyolultak. A közlemény ismerteti a mérőjelek számos fajtáját, a velük végrehajtható méréseket, vázlatosan tárgyalja a műszerek kapcsolási elveit és végül foglalkozik a vizsgálósor eljárással.

A műszergyártásnak mindig egy lépéssel előbbre kell járnia, mint azon berendezések gyártásának, amelyek mérésére a műszerek szolgálnak. Jelen esetben a hosszútávú mikrohullámú összeköttetés már kiépítés alatt van, a műszerfejlesztésnek pedig lassan piacra kell hozni a lánc méréseire szolgáló műszereket. Ez a közlemény tájékoztatni óhajtja az olvasót az összeköttetések mérési módszereiről, az ehhez szükséges berendezésekről, amelyek a különböző mérőjeleket előállítják, valamint azokról a műszerekről, amelyekkel a mérőjelek kiértékelése megtörténhet. Közben az olvasó képet nyerhet a Posta Kísérleti Intézetben folyó fejlesztési munkáról is, mert a felsorolásban szereplő műszerek részben ki vannak fejlesztve, részben pedig fejlesztés alatt állnak. A hosszútávú összeköttetés nappal távbeszélő összeköttetéseket visz, este pedig televíziót. A televízió sáv (alapsáv) 0—8 MHz-ig tart. Az alapsávú mérőberendezések és műszerek meglehetősen magas műszaki színten állnak. Ismeretes, hogy már a televízió is néha nehezen teljesíthető igényeket támaszt és új műszertechnikát igénylő helyzetbe hozza a tervezőket: gondoljunk pl. a fázismérésre, vagy a geometriai linearitás mérésére.

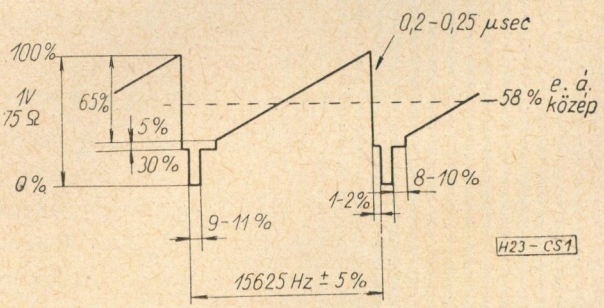
A hosszútávú mikrohullámú összeköttetések országokat kötnek össze, és a specifikáció általában a hipotetikus 2500 km-es alaptávra vonatkozik. Ahhoz, hogy a közvetítő lánc a kép minőségét ne rontsa, nyílvánvalóan szigorúbb specifikáviós színten kell állnia, mint a studióberendezéseknek, a magasabb színten levő lánc mérőműszereinek pedig nyílván jobbaknak kell lenniök, mint annak, amit mérünk velük.

Egy összeköttetés mérésénél a következő főjellemzőket szükséges mérni:

1. az átviteli karakterisztika linearitása, vagyis az $U_{ki} = f(U_{be})$ függvény,
2. az átviteli karakterisztika frekvenciafüggősége, vagyis az $U_{ki} = f(\omega)$ függvény,
3. az átviteli karakterisztika fázisforgatása, vagyis az $\varphi_{ki} = f(U_{be})$ és $\varphi_{ki} = f(\omega)$ függvény,
4. az egységugrás átviteli karakterisztika alakjára vonatkozó mérések,
5. az összeköttetés zajosságára vonatkozó mérések.

1. Az átviteli karakterisztikának lineárisnak kell lennie, vagyis teljesítenie kell az $U_{ki} = k U_{be}$ összefüggést. Ennek mérésére a hangfrekvenciás technikában szokásos torzításmérő eljárások nem alkalmasak, mert az összeköttetések mindig tartalmaznak több-kevesebb alapszínthelyreállító fokozatot (clampert), amelyek lehetetlenné teszik a hangfrekvenciás jelek közvetlen átvitelét. Az alapszínthelyreállítók biztosítják a képjel egyenáramú komponenseinek, vagyis az átlagos világosságnak átvitelét. Ezek sematizált elképzelésben egyszerűen kapcsolóval helyettesíthetők, amelyek a szinkron, illetve a kioltó intervallum alatt a képjelet valamely állandó szintre húzzák le. Ha a berendezésen szinusz jelet viszünk át, akkor az alapszínthelyreállítók a jelet többször megszakítják és ezzel lehetetlenné teszik ezek átvitelét. Ezek a fokozatok ténylegesen is használatosak a hálózati és mikrofónia eredetű zavaroknak kiszűrésére a jelből.

Az előbbi nehézség kiküszöbölésére a linearitás méréseknél a szinusz jel helyett a videójelbe kevert ún. háromszögjelet használjuk. (1 ábra). Ez olyan összetett videójel, ahol a képjel egyenletesen emelkedő, háromszög alakú feszültség; az összeköttetés torzításainak kiértékelése pedig oszcillószkópon történik. A nem tökéletes összeköttetésen a háromszögjel egyenes felfutása eltorzul. Ez a módszer erősen szubjektív, hiszen a jel kiértékelése csak szemmel lehetséges és így sok egyéni hatást tartalmazhat.

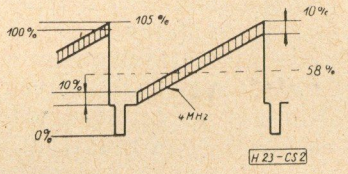


1. ábra. Háromszögjel

A műszeres mérés lehetővé tételére a háromszög jelre rámodulálunk valamilyen szinuszrezgést, általában 4 MHz-et, ezt pedig a távoli végen szűrő segítségével választjuk le a képjelről. A leválasztott jelet most már oszcillószkópon is kiértékelhetjük. Jelen esetben a szinuszjelet a háromszögjel segítségével a kivezérlési tar-

tományon végig tóljuk, vagyis a jelet a kivezérlési tartományon végig vobbuláljuk (amplitudóvobbuláció).

Ez a mérőjel magában még nem tartalmazza az összes kivezérlési lehetőséget, mert a tisztán csak fehér sorokból álló, illetve a tisztán csak feketékből álló képjel egyenáramú átlagértéke másutt van, mint a háromszögjelé és máshová tolódik a kivezérlési tartományon belül. Ez annyit jelent, hogy hiába jó az összeköttetés, csak a háromszögjelek segítségével mérve, nagy kivezérlés, ill. kis kivezérlés esetén fehérvágás, ill. szinkron jel nyúlás, vagy összenyomás állhat fenn.



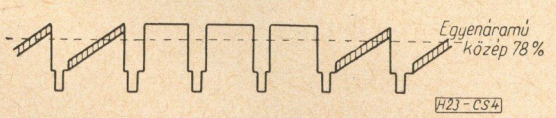
2. ábra. Háromszögjel mérő szinusszal

Ezeknek a viszonyoknak a tisztázására szolgálnak az un. fekete és fehér háromszögjelek (3. és 4. ábra). A fehér háromszögjel áll három háromszögjel sorból, ezt követően három teljesen kivezérelt fehér sorból, és ezek ismétlődnek; a fekete háromszögjel ugyanez, csak a fehér sorok helyett fekete sorok következnek. Ezzel a mérőjel csoporttal az összes kivezérlési esethez tartozó torzításokat megmérhetjük.

Tekintettel arra, hogy valamely képfelvevő rendszerben a megvilágítás-videójel összefüggés (logaritmusa) a kép kemény, ill. lágy voltát, a gammáját, adja meg, ezért ezeket a torzításokat gamma torzításoknak is szokták nevezni.

2. Az átviteli karakterisztika frekvenciafüggősége aránylag könnyen mérhető, a bemenetre — természetesen képjelbe kevert — diszkrét frekvenciákat adunk, a kimeneten ezek amplitudóját mérjük. A mérési módszer egyszerű és jól használható, de bizonyos hiányosságokat rejt magában. A CCIR ajánlásai 0,5MHz-től 5 MHz-ig terjedő sáv mérését irják elő, 0,5 MHz-es lépésekben. Ha a méréseket így végezzük, akkor egyes kisebb egyenlőtlenségeket nem tudunk kimutatni az átviteli görbén, pedig ezek a kisebb egyenlőtlenségek nagymértékben befolyásolhatják a impulzusátvitelt. Pontos kiértékelés céljára vobbuláció az ajánlottabb módszer. A vobbuláló jel alatt olyan jel értendő, amelyik a képváltófrekvenciával szinkron 50 Hz-enkint változtatja a frekvenciáját 0,5—6 MHz között. Ezzel módszerrel az átviteli karakterisztikát az összeköttetés végére illesztett oszcillószkópon láthatjuk, az ernyőn az egyes frekvenciák helyét markerek jelzik. Szubjektíve, az ernyőn látott kép alapján történő kiértékelés itt nem rejt magában veszélyt, mert az átviteli karakterisztikának csak ±5%-on belül kell lineárisnak lennie.

3. ábra. „Fekete ”háromszög



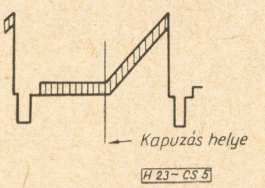
4. ábra. „Fehér” háromszög

3. A fázisforgatás maga általában nem mérhető, hiszen ekkor a bemeneten beadott és kimeneten megjelenő jel közötti fázisforgatás szögét kellene megmérni, de az összeköttetés kezdő és végpontja általában nem érhető el egyszerre, és a fázisforgatás abszolút értéke nem mérhető emiatt, viszont ez nem is fontos, mert ennek csak a lineáristól való eltérése okoz képhibát. Az ingadozást a csoportsebesség fogalma, a $\tau = \frac{\partial \varphi}{\partial \omega}$ hányados fejezi ki, ha ez zérus, akkor az összeköttetés „jó”. A megengedett eltéréseket a CCIR szabályozza.

A csoportsebesség ingadozás is kétféle megvilágításban érdekes: egyrészt a bemenő feszültség, másrészt pedig a frekvencia függvényében.

A csoportsebesség ingadozása következtében létrejövő torzulások fizikai magyarázata a következő: vigyünk át az összeköttetésen valamely négyszögrezgést. Ismeretes, hogy a négyszögrezgés igen sok szinusz összetevőre bontható; a négyszögrezgés fel- és lefutó élét magasabb frekvenciájú, a jel többi részét — többek közt — a jel szélességének megfelelő szinusz rezgés alkotja. Ha ezek az összetevő rezgések a csoportsebesség ingadozás következtében nem egyidőben jelennek meg a kimeneten, akkor előállhat az az eset is, hogy az éleket jelentő magasabb frekvenciák pl. hamarabb jelennek meg, mint maga az alapfrekvencia, tehát a négyszögrezgés erősen eltorzul. Itt a megkötések eléggé szigorúak, a teljes összeköttetésre is csak néhány fok eltérés van engedélyezve.

A fázisforgatást a kivezérlés függvényében az 5. ábrán látható mérőjellel lehet mérni. A mérés a következőképpen hajtható végre:



5. ábra. Csoportsebesség, vizsgáló jel

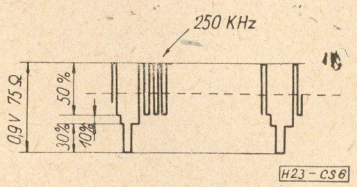
a jel egyenes szakaszán levő 4 MHz-es szinuszszal szinkronizálunk egy oszcillátort. A képjel emelkedő szakaszára ráültetett magasfrekvenciát leválasztjuk és a szinkronizált oszcillátor jellel — fázisdiszkriminátor segítségével — a két jelet összehasonlítjuk. Ha a fűrészjelet egy katódsugárcső egyik, a fázisdiszkriminátor feszültségét a másik lemezpárjára vezetjük, akkor az ernyőn maga a csoportsebesség bemenőfeszültség összefüggés rajzolódik fel; természetesen az egyes jelcsoportokat kapuzással választjuk szét.

Ennél sokkal fontosabb a csoportsebesség-frekvencia karakterisztika helyes alakja. Ennek mérésére a résfrekvenciák módszerét szokás alkalmazni. A beadott 0,5—6 MHz közötti frekvenciákat egy modulátor segítségével 50 kHz-zel moduláljuk. A távoli végen demoduláljuk a jelcsoportot és az 50 kHz-es résfrekvenciát limitálás után fázisdetektorra vezetjük, de ezenkívül mégmagát az 50 kHz-et is átvisszük a láncon. A különböző frekvenciákra rámodulált résfrekvencia az átviteli lánc sajátosságai szerint siet, vagy késik, tehát az alapfrekvenciás 50 kHz-zel összevetve a diszkriminátoron a csoportsebesség-frekvencia összefüggést indikálhatjuk. Ha a bemenetre vobbulált jelet adunk, akkor a csoportsebesség-frekvencia összefüggést ábrázolhatjuk is. A katódsugárcső egyik lemezpárjára a vobbulálási frekvenciával azonos fűrészjelet, a másik lemezpárra pedig a fázisdetektor feszültségét téve, az ernyőn felrajzolódik a kívánt összefüggés.

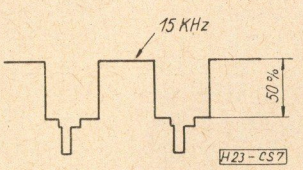
4. A mérések igen fontos területe a *berezgési viszonyok vizsgálata*. Erre a célra négyszögjeleket használnak, amelyekkel kapcsolatban az előírások igen szigorúak. A berezgés a képen a függőleges élek sokszorosodásában jelentkezik. Használatos elsősorban a 250 kHz-es négyszögrezgés a nagyfrekvenciás tartomány élmeredekség és túllövés viszonyainak vizsgálatára, a sorfrekvenciás, a közepes frekvenciás tartomány vizsgálatára, végül pedig az 50 Hz-es négyszögrezgés a kisfrekvenciás tartomány vizsgálatára. A jelek amplitudója kisebb, mint a maximális videójel amplitudó, hogy ezáltal a nonlineáris torzításokat el tudjuk kerülni. (40 illetve 90%). (6—7—8. ábra). A 250 kHz-es négyszögrezgés a sorfrekvenciával szinkron: a jel összetétele az előbbiek miatt nem egészen szabványos: 30% szinkron, 10% kioltó és 50% videó, összesen 90%. Az emelkedés, illetve lecsengési idő 80 ns ± 10 ns. Meg kell említeni, hogy ez a német eredetű előírás a CCIR előírásokkal nem egészen egyezik, mivel Varsóban a $T = {}^1/_2 f$ előírást hozták (f a felső határfrekvencia). Ennek használatakor a 100 ns jön ki: az OIR előírásai pillanatnyilag nem ismeretesek. A 15 kHz-es négyszögjel ugyanilyen specifikációval bír. Mindkét jel tetőferdesége 0, illetve semmilyen eszközzel nem mutatható ki. A túllövés megengedett értéke ismeretlen, valószínüleg zérus. Az 50 Hz-es négyszögrezgés megengedhető hálózattól független frekvenciával is, de ez nem kötelező. Tetőferdeség 2%-ot nem léphet túl. Ezek a specifikációk általában meglehetősen nehezen teljesíthetők, megvalósításuk bonyolult kapcsolástechnikát kíván.

5. Az összeköttetés zajosságára vonatkozó adatok is igen fontosak az összeköttetés jóságára nézve. Természetesen ennek a zajnak előállítására semmilyen berendezésre nincs szükség, hiszen a zajt maga a lánc állítja elő. A lánc megengedhető hosszúságát a kimenő jel/zaj viszony szabja meg: ez 40 dB-nél rosszabb nem lehet.

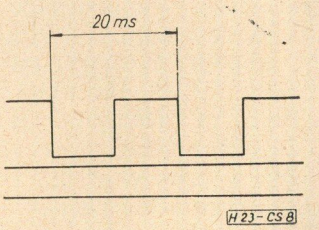
A különböző vizsgálójelek előállítására vonatkozólag a szakirodalom igen kevés adatot ad, tehát a fejlesztési munkát végzők nagyrészt saját tapasztalatukra vannak utalva. Az alább-



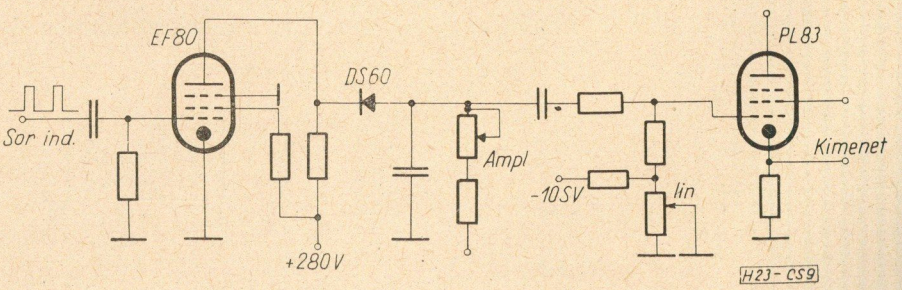
6. ábra. 250 kHz-es négyszög



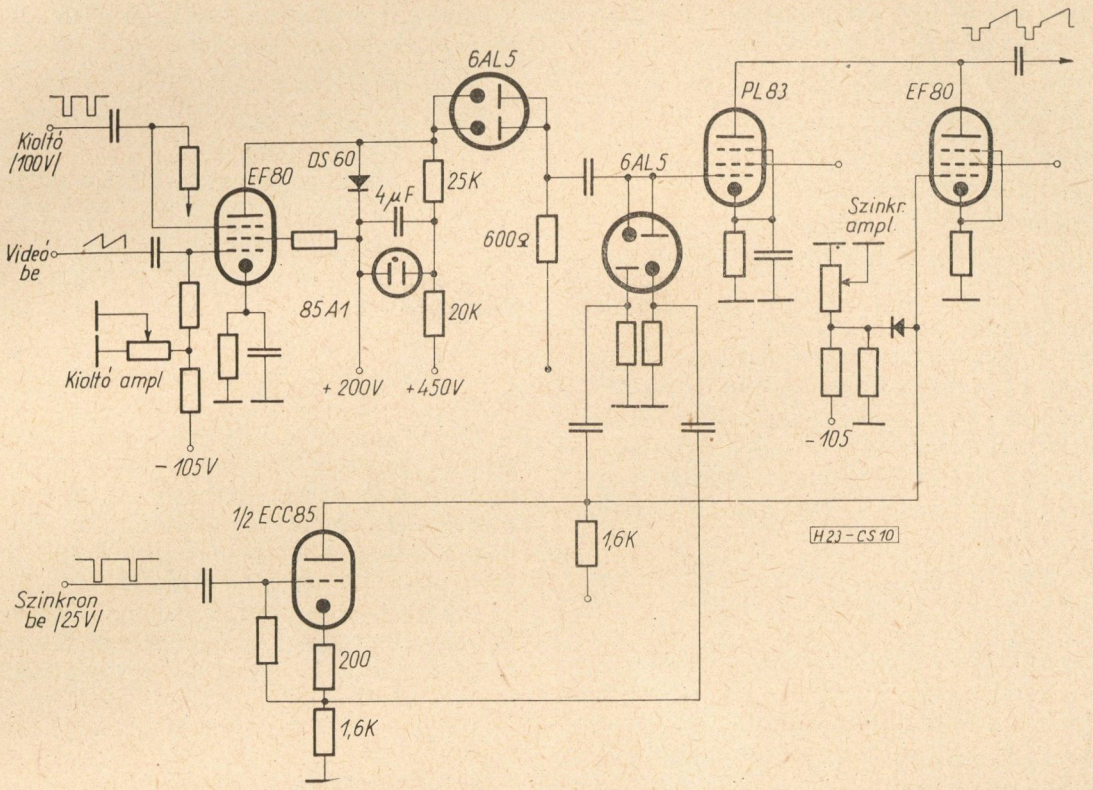
7. ábra. 15 kHz-es négyszög



8. ábra. 50 Hz-es négyszög



9. ábra. Fűrészjelet előállító kapcsolás



10. ábra. Keverő egység

biakban néhány kidolgozott kapcsolási részletet mutatunk be.

A fűrészjel előállítására vagy a Miller integrátoros-csizmahúzóval kibővített rendszert használják, vagy az egyszerű töltő-kisütőcsöves rendszert. A csizmahúzó kapcsolás elnevezés angol eredetű; ennél az erősítő cső kettős vezérlést kap; rácsban és katódban. A fűrészjel elgörbülése esetén a katódfeszültséget lehúzzuk és így lineáris jelet kapunk. A 9. ábrán egy egyszerűbb rendszert láthatunk. Az EF80 cső, a rácsára érkező nagy-amplitudójú pozitív jelek miatt, jelszünetben le van zárva. Ekkor az anódkörben levő kondenzátor a pozitív feszültségre töltődik és a cső anódjában levő dióda le van zárva. Amikor az impulzus a csövet kinyitja, akkor a dióda vezet és a kondenzátor a 2k Ohm-os ellenálláson át igen gyorsan kisül. A diódás kisütés a nagy élmeredekség és gyors visszafutás érdekében van.

A következő fokozat jelformálást és erősítést végez. Ezzel az aránylag egyszerű kapcsolással jobb mint $\pm 2\%$ linearitású jelet lehet előállítani, a visszafutási élmeredekség jobb, mint 0,2 μs, ha a bemenőjel élmeredeksége 0,1μs.

Az ehhez kevert szinuszjel nagyságra és a frekvenciapontosságra vonatkozó adatok nagyon enyhék, de ennél szigorúbbak a torzításra vonatkozóak. Ez érthető is, hiszen a torzításméréshez gyakorlatilag torzítatlan jel szükséges. Jó megoldás az RC oszcillátor és utána lehangolt erősítő fokozat alkalmazása, a kis torzítású jelek előállítása érdekében.

A fehér háromszög, illetve fekete háromszög jel előállítása egyszerű kapuzási probléma csupán.

A különböző négyszögrezgések előállítása igen nehéz feladat, hiszen a specifikáció igen szigorú. A 250 kHz-es nagyélmeredekségű jel előállítására vagy Schmidt multivibrátort, vagy pedig valamilyen húzó diódás multivibrátort szokás használni, ezzel, a 30 nsec élmeredekség is elérhető. Az alacsonyabb frekvenciás jelek előállítása aránylag egyszerű.

A vezérjelek előállítására nem szükséges a televíziós technikában szokásos pontos és teljes vezérjelgenerátor. A vezéroszcillátor frekvenciája $\pm 5\%$-ra tartandó; a hálózathoz nem kötött. Nem szükséges a képváltó jelcsoport előállítása sem, egyszerűségi okokból, jobb elhagyni ezeket a jeleket. Tekintettel arra, hogy az összes mérőjel összetett videójelként kerül összeköttetésre, szükséges egy keverő berendezés kialakítása is. Gyakorlati kivitelére vonatkozólag több út járható: a szokásos televíziós közbenső erősítő minden további nélkül alkalmas, bár a linearitása nem biztos, hogy elegendő. Közlünk egy kapcsolást, amelyik egyszerűbb, mint a közbenső erősítő és nagyobb linearitást lehet vele megvalósítani. (10. ábra).

A kapcsolás a kioltójelet a harmadik rácson keveri: az anódköri vágó pedig egy stabilizáló csővel és egy kristály diódával bővül. Méréseink szerint torzítás így egyáltalán nem lép fel. Kapcsolás további részei szokásos megoldással rendelkeznek.

A brendezés egyes részeinek leírását, illetve a specifikációk megadását ezzel befejeztük.

A jelek fontossági sorrendje a következő:

1. Háromszögjel
2. Fehér, illetve fekete háromszög
3. Négyszögrezgések; különösen a 250 kHz-es
4. Sávszélességmérés diszkrét frekvenciákkal
5. Torzításmérő szinuszjel
6. Vobbuláció
7. Csoportsebesség mérésére szolgáló módszerek.

Természetesen mindezek alapfeltétele az egyszerűsített vezérjelgenerátor és keverőegység.

A mérések elvégzéséhez szükséges *műszerek* meglehetősen sokrétűek. Elsősorban elengedhetetlenül szükséges egy jó oszcilloszkóp. Az oszcilloszkóp specifikációja a következő:

1. Az oszcilloszkóp a berendezéstől függetlenül is üzemeltethető.

2. A sugár élessége olyan, hogy 1% színtingadozás is megállapítható legyen. (100% 50 mm).

3. A jelmagasság legkevesebb 50 mm legyen.

4. Az érzékenység akkora legyen, hogy 0,2 V_{pp} legalább 50 mm kitérést adjon.

5. Az oszcilloszkóp kikapcsolható alapszínthelyreállítóval bírjon.

6. Az Y eltérítés linearitása 50 mm jelamplitudónál olyan legyen, hogy a szinkronimpulzus amplitudója 1%-nál kisebb összenyomást szenvedjen. Egyébként a linearitástól való eltérés nem lehet nagyobb, mint 3%: alapszinthelyreállító használata megengedett.

7. Az X irányú eltérítés linearitása 50 mm, de inkább 75 mm eltérítési amplitudónál jobb mint ± 5%.

8. A műszernek a következő időtengely nyújtásokat kell szolgáltatnia:

a) Sorfrekvencián 0,1 μs legalább 2 mm
b) képfrekvencián 10 sor legalább 50 mm: időmarkerrel
c) 250 kHz eltérítési frekvencián 0,1 μs legalább 10 mm.

9. Az élmeredekség meghatározására minimum 40 ns markerre van szükség. 0,64 μs-os markert szintén ajánlják.

10. Sávszélesség: 10 MHz 3 dB.

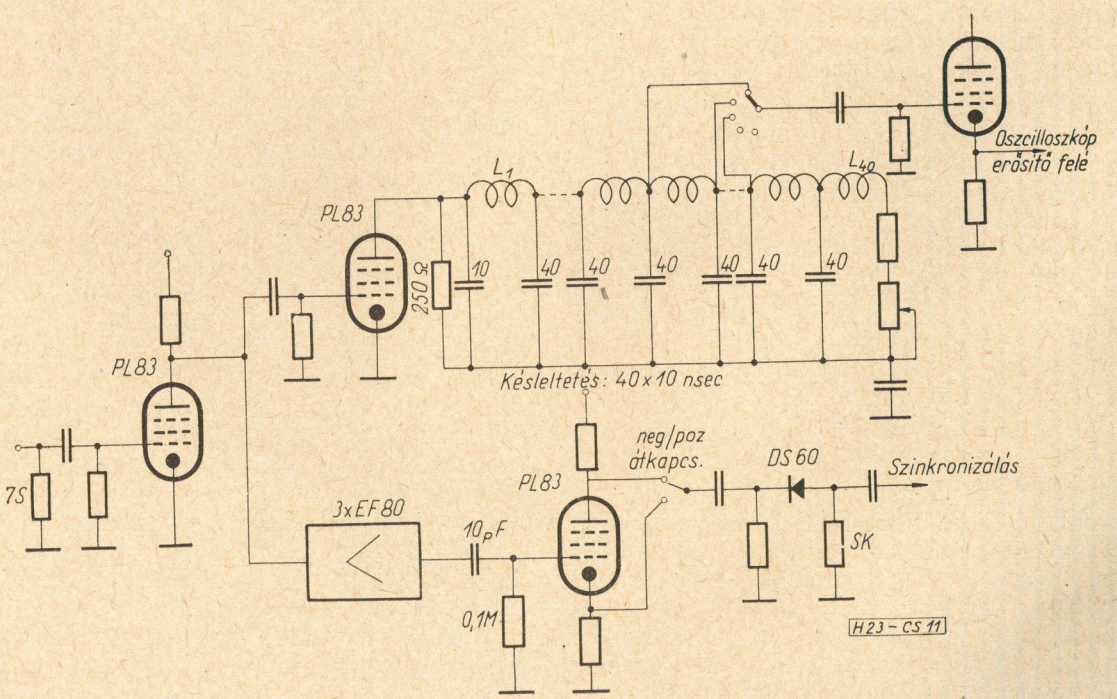
11. 50 Hz-es négyszögrezgésnél tetőesés kisebb, mint 2%.

12. A műszert hitelesítő feszültséggel kell ellátni, amelyik beépített, vagy külön alkalmazott műszerrel mérhető. A műszer 1,5-ös pontosságú. Ezek a feltételek a piacon levő hazai műszerekkel nem teljesíthetők, jól megfelel pl. a Rohde-Schwarz OMF.

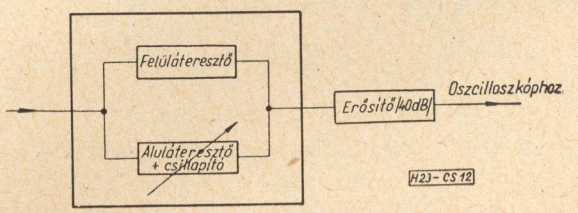
A 4 MHz-es szinuszrezgés leválasztására szűrőt kell készíteni, amelyik nem engedi át az alacsony frekvenciákat, hanem csak a magasakat. Gyakorlati kivételét tekintve a szűrő olyan, hogy a koaxiális kábelbe mint közdarab beilleszthető legyen.

Az élmeredekség mérésére 10 ns-os marker szükséges. Ez frekvenciában 100 MHz-nek felel meg, amivel a katódsugárcső rácsának vezérlése nagyon nehezen oldható csak meg. Helyette a következő megoldást célszerű használni:

A bejövő jelet két úton erősítik, az egyik ág kb. 100 ns késleltetés után az oszcilloszkópba megy, a másik ág pedig a trigger jelet állítja elő. A trigger ágban egy művonal van, amellyel 200 ns késleltetés állítható be 20 lépésben.



11. ábra. Élmeredekség mérő



12. ábra. Zajmérő elvi vázlata

A mérés a következőképpen bonyolítható le: a négyszögrezgés felfutó élét úgy állítjuk be az ernyőn, hogy a 10%-os pont essék a függőleges középvonalra, majd a késleltetést addig változtatjuk a művonal segítségével, hogy a 90%-os szint kerül a függőleges középvonalra. Az eltoláshoz szükséges késleltetés az élmeredekséget adja közvetlenül ns-ban. Ennek megoldására kapcsolási rajzot ismertetünk. (11. ábra).

Sorfrekvenciás és képfrekvenciás négyszögrezgések vizsgálata nem jelent nehézséget.

Zajmérésre több módszer használható. Egyik esetben egy szűrővel a bejövő jelet kétfelé választják: az alacsony összetevő (szinkron és kioltójel) közvetlenül kerül az összeadó csőre, a nagy frekvenciás összetevő változtatható hiteles erősítésű erősítő után keveredik az alacsony komponenssel. (12. ábra). Az oszcilloszkóp ernyőn úgy állítjuk be a színteket, hogy az alacsony és magas szint azonos legyen, vagyis a kioltóvállnál a szinkronjelen és a kioltójelen levő zajtüskék éppen összeérjenek. A méréssel elérhető pontosság ± 1 dB.

Sokkal elegánsabb módszer a zaj mérésére az, amikor közvetlenül mutató műszert használnak. Ekkor a zajfeszültséget termokeresztes műszerre vezetik, majd ugyanazt a kitérést állítják be szinusz formájú jellel, amit a zajmérés szolgáltatott. A zajjel erősítésére természetesen itt is többleterősítés szükséges.

Végezetül hangsúlyozni kell, hogy mind a műszerek, mind pedig a berendezések igen magas műszaki szinten állnak, és mindegyike egy-egy híradástechnikai csúcsteljesítmény kell hogy legyen.

A vizsgálósor eljárás lényegesen egyszerűbbé teszi a hosszútávú összeköttetés vizsgálatát. Ehhez nincs szükség a műsor előtti hosszadalmas mérés-ellenőrzésre, mert a mérések műsor, üzem közben is elvégezhetők. A mérőjeleket a képváltó jelcsoport utáni néhány kioltott sorban visszük át. Ezek a sorok az ernyőn a keret alatt vannak, tehát a mérőjelek nem láthatók az előfizető ernyőjén és így nem zavarnak.

A mérések előtt megfelelően kódolt vezérlő impulzusok is adhatók, amelyek a kiértékelő műszereket illetve a regisztrálókat kapcsolják át. Ezzel az üzem alatti műszaki ellenőrzés jól megoldható és az adás előtti mérőjel, illetve monószkóp sugárzás fölöslegessé válik. Az eljárás új, de gyors elterjedése valószínű.

IRODALOM

1. *Rasch :* Rauschmessungen bei F. s. Übertragungen
FTZ : 1952—10—440
2. *Kirschstein — Müller:* Fs. Richtfunkverbindungen der DBP
FTZ : 1953—6—269
3. *Bödeker :* Pegelmessung in Fs Übertragung
FTZ : 1955—3—143
4. Betriebsprüfverfahren für internationale FS Übertragungslinien
FTZ : 1953—3—141
5. *Bödeker :* Verfahren zur Messung der Verformung des Sägezahn Testsignals
NTZ : 1955—323
6. *Brühl :* Die Erfassung der charakteristischen Grössen einer Fs — FM Richtfunkstrecke
NTZ : 1955—7—636
7. Video Messgestell
Radio Mentor 55—12—742
8. Fernmelde Ing. 56—9, 56—12, 58—9.
9. *Hücking :* Ein Punkt und Gittergeber für Laborzweche Elektronische Rundschau 56—10—270

KÖNYVISMERTETÉSEK

A. M. Jaglom, I. M. Jaglom és A. Ja. Hincsin: Az információelmélet matematikai alapjai
Fordította: Dr. Medgyessy Pál, szerkesztette: Éltető Ödön. Műszaki Kiadó kiadása.

A könyv első része a két Jaglom *Valószínűség és Információ* című munkáját, második része Hincsin entropiáról szóló alapvető dolgozatát tartalmazza. Az első részt a szerkesztő bevezetőül szánta Hincsin dolgozatának megértéséhez, ami egyben alkalmat adott az információelmélet matematikai alapjainak szélesebb körű ismertetésére is. A könyv ezen része valóban viszonylag könnyű olvasmány, melyet ügyes példák tarkítanak. A szerkesztő helyesen tette, hogy Hincsin dolgozatához ilyen módon bevezetőt nyújtott, és számos utalással teszi hozzáférhetőbbé az elmélet tanulmányozását. Hincsin dolgozatát, mellyel az információelmélet szabatos matematikai alapjait rakta le, nem szükséges külön méltatni. Rendkívül örvendetes, hogy egy kis munka magyarul is megjelent. Jó a könyv fordítása is. A kiadó a mű értékének megfelelő gondos munkát végzett, amit fokozott azzal, hogy a művet Doluhanov munkájával egy időben adta ki. *(I. M.)*

M. P. Doluhanov: Bevezetés az információelméletbe
Fordította Szabó György, szakmailag ellenőrizte dr. Medgyessy Pál. Műszaki Könyvkiadó kiadása

A szerző azt a célt tűzte ki, hogy könyvével előkészítse az olvasót a részletes szakirodalom tanulmányozására. Az információelmélettel foglalkozó dolgozatok általában nem könnyen érthetők és kezdők számára a sok új fogalom megértése és elsajátítása komoly elmélyülést kíván. Ilyen szempontból Doluhanov munkája sem könnyű olvasmány, de ez nem a szerző hibája, hanem a tárgy sajátossága. A szerző feltételezi, hogy az olvasó az információelméletben még nem jártas, sőt a valószínűségszámításban is csak elemi ismeretei vannak. Törekszik a viszonylag egyszerű tárgyalásra, és jó példákkal világítja meg az elmélet gyakorlati jelentőségét. Érdeme, hogy az információelmélet minden lényeges fejezetébe nyújt bevezetőt. A mű szerkezeti felépítése, tárgyalási módja jól átgondolt. A fordítás kifogástalan, és a kiadó is igen gondos munkát végzett.

(I. M.)

Effektív értéket mérő csővoltmérő

FARKAS IRÉN és VAJDA ZOLTÁN
Magyar Rádió és Televízió

Effektív érték mérése fizikai definíció alapján (termokeresztes, hődrótos műszerek) és négyzetes jelleggörbéjű kapcsolási elemekkel. A négyzetes jelleggörbe előállítása: félvezető diódák, egyenesekből összeállított közelítő parabola, csőkarakterisztikák négyzetes szakasza. Ellenfázisban táplált közös munkaellenállású kettőstrióda mint négyzetes csővoltmérő. Előnyei, hátrányai. A kapcsolás méretezése: cső választás, munkapont kijelölése, érzékenység meghatározása. Mérési eredmények.

Tetszőleges időbeli lefutású villamos jel feszültségének effektív értéke a feszültség pillanatnyi értékével az alábbi módon függ össze:

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{T}[u(t)]^2 dt} \qquad (1)$$

Adott periodikus jel esetén az integrál kiszámítható, és bármilyen váltófeszültséget mérő műszerhez megadható az a korrekció, mellyel a leolvasott értékből a pontos effektív értéket számítani lehet.

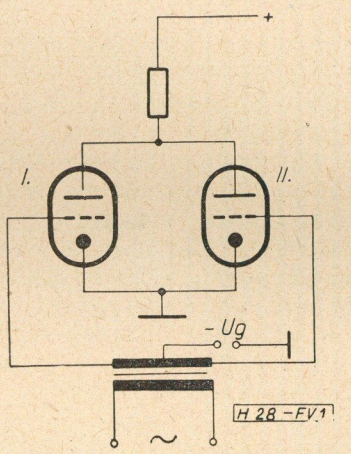
Bizonyos esetekben, pl. zaj mérésnél, a jelalak megadása nem lehetséges, a jel nem periodikus és így a feszültség effektív értékét vagy ismert effektív feszültségű zajjal történő kalibráció után, vagy az effektív érték definíciójának megfelelő karakterisztikájú műszerrel mérhetjük. Csak az utóbbi megoldáshoz folyamodhatunk az esetben, ha egy műszert különböző jelalakok mérésére kívánunk alkalmassá tenni.

Az (1) formula alapján pontos effektív értéket mérhetünk mindazon műszerekkel, melyek a pillanatnyi feszültségérték négyzetének bizonyos T időtartamra vett átlagát mérik.

Négyzetes jelleggörbe előállítása

Nem lineáris kapcsolási elemek karakterisztikájából általában kiválaszthatók olyan tartományok, melyekben a karakterisztika bizonyos közelítésben négyzetes. Így négyzetes detektor előállítására használhatók izzókatódos diódák és triódák, és félvezető diódák. Ezen elemek közvetlen alkalmazása azonban különböző nehézségekbe ütközik. Elsőnek említjük a pontos négyzetes szakasz erősen korlátozott voltát. Izzókatódos diódáknál problémát okoz még az induló áram kompenzáció, félvezető diódáknál a hőmérsékletfüggés, ami miatt általában termosztát alkalmazására van szükség, triódáknál pedig nehézkes a munkapont kielégítő stabilizálása. A felsorolt elemek karakterisztikája természetesen csak félparabola, így vagy hídkapcsolásban, vagy kétoldalas lineáris egyenirányítás után alkalmazhatók. Az utóbbi esetben a lineáris egyenirányító tökéletlensége miatt a karakterisztika egy része eltorzul, ez mérési hibát okoz és a skála egy részén pontonkénti kalibrációt tesz szükségessé.

Parabola karakterisztikát egyenes szakaszokból is összeállíthatunk. Nyilvánvaló, hogy az egyenes szakaszok számának növelésével a négyzetes jelleggörbe tetszőleges pontossággal megközelíthető. A görbe karakterisztika felépítése történhet félvezető diódákból alkotott lánc segítségével [1.] [2.]. Ez a megoldás is kalibrációs és méretezési problémákkal jár az alkalmazott diódák karakterisztikájának görbültsége és szórása, valamint hőmérsékletfüggése miatt.



1. ábra. Négyzetes detektor két triódával

Négyzetes detektor kettős triódával [3]

Az izzókatódos triódák anódáram-rácsfeszültség karakterisztikája csak erősen korlátozott szakaszon négyzetes, a vezérlési tartomány legnagyobb részében egyenes és parabola összegének tekinthető és így ez a jelentős szakasz négyzetes detektorként közvetlenül nem alkalmazható. Ezen szakasz kihasználása is lehetővé válik az 1. ábrán látható kapcsolás segítségével.

Az I. csőre a karakterisztika hatványsora

$$I_{aI} = I_{ao} + \frac{1}{1!}\frac{\partial I_a}{\partial U_g}\Delta U_g + \frac{1}{2!}\frac{\partial^2 I_a}{\partial U g^2}(\Delta U_g)^2 + \frac{1}{3!}\frac{\partial^3 I_a}{\partial U_g^3}(\Delta U_g)^3 + \quad \ldots\ldots \qquad (2)$$

a II. csőre ellenfázisban jut a jel

$$I_{aII} = I_{ao} - \frac{1}{1!}\frac{\partial I_a}{\partial U_g}\Delta U_g + \frac{1}{2!}\frac{\partial^2 I_a}{\partial U_g^2}(\Delta U_g)^2 - \frac{1}{3!}\frac{\partial^3 I_a}{\partial U_g^3}(\Delta U_g)^3 \pm \quad \ldots\ldots \qquad (3)$$

A két cső párhuzamos kapcsolása miatt

$$I_{aI} + I_{aII} = 2\,I_{ao} + \frac{\partial^2 I_a}{\partial U_g^2}(\Delta U_g)^2 + \frac{1}{12}\frac{\partial^4 I_a}{\partial U_g^4}(\Delta U_g)^4 + \ldots\ldots \quad (4)$$

A triódakarakterisztika jelentős részén a negyed és magasabbfokú tagok elhanyagolhatók. Változásokra

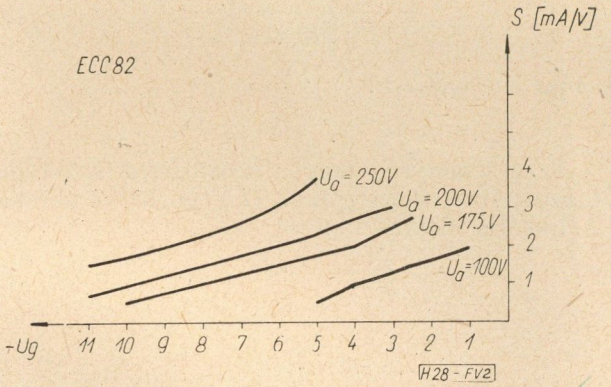
$$\Delta\,(I_{aI} + I_{aII}) = \Delta_{ia} = S_2\,(\Delta U_g)^2 \quad (5)$$

ahol

$$S_2 = \frac{\partial^2 I_a}{\partial U_g^2} \quad (6)$$

a „második meredekség", tehát négyzetes karakterisztikát nyertünk.

A megoldás előnye a kibővített vezérlési tartomány, valamint az a körülmény, hogy teljes parabolát állítottunk elő, a kapcsolás a nyugalmi anódáram — pl. hídban történő — kompenzációja után négyzetes detektorként közvetlenül alkalmazható. Hátrány a fázisfordítás szükségessége és a nagy csőszám. További hátrány, hogy az ellenfázisban vezérelt triódák előfeszültségének beállítására katódellenállás nem használható, mert az azon létrejövő áramvisszacsatolás a négyzetes jelleggörbét eltorzítja.



2. ábra. $S_1\,(U_g)$ karakterisztikák ECC82

Effektív értéket mérő, hídkapcsolású csővoltmérő méretezése

Négyzetes detektorként alkalmazandó csőtípus kiválasztása:

A bemutatott detektorkapcsolás előnyeinek biztosítása érdekében azt a csőtípust kell választani, melynek második meredeksége (S_2) a legnagyobb rácsfeszültség tartományban állandó, azaz melynél tág határok között a meredekség-rácsfeszültség karakterisztika lineáris. Ebben az esetben

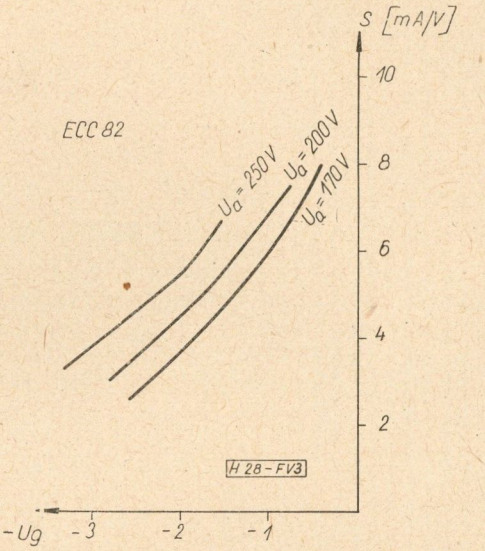
$$S_1\,(U_g) = \mathrm{k}\,U_g \quad (7)$$

$$S_2\,(U_g) = \frac{\partial S_1}{\partial U_g} = \mathrm{k} \quad (8)$$

és

$$S_4 = \frac{\partial^4 I_a}{\partial U_g} = S_6 = \frac{\partial^6 I_a}{\partial U_g^6} = \ldots = 0 \quad (9)$$

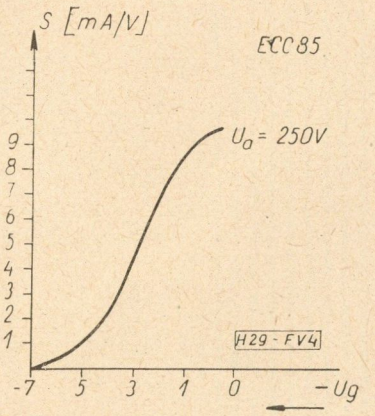
azaz a karakterisztika magasabbfokú tagokat valóban nem tartalmaz.



3. ábra. $S_1\,(U_g)$ karakterisztikák ECC81

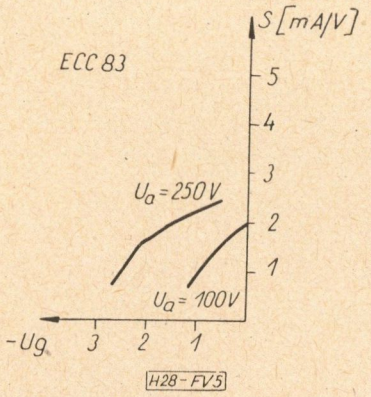
A meredekség-anódáram karakterisztika általában gyárilag adott, ebből a szükséges görbék különböző anódfeszültségek mellett megszerkeszthetők és a legkedvezőbb kiválasztható. A novál csőszériából a bemutatott karakterisztikák alapján (2., 3., 4., 5. ábra) az ECC 82 típus a legalkalmasabb. A munkapontot a karakterisztika egyenes szakaszának közepére állítjuk be, hogy a maximális szimmetrikus vezérlési tartományt nyerjük.

A két csőkarakterisztika pontos egyeztetése legegyszerűbben színuszos jellel és torzításmérővel vagy analizátorral végezhető. Pontosan négyzetes jelleggörbe esetén az anódmunkaellen-



4. ábra. $S_1\,(U_g)$ karakterisztikák ECC85

álláson megfelelő feszültség csak a beadott jel második harmonikusát tartalmazza. Ha erre a frekvenciára torzítást mérünk, a torzítás mini-



5. ábra. $S_1 (U_g)$ karakterisztikák ECC83 csövekre (5)

muma a négyzetes jelleggörbe elérhető legpontosabb megközelítését jelzi. A torzítás minimumának beállítására az egyik trióda előfeszültségét szűk tartományban változtathatóvá kell tenni.

így

$$i_m = \frac{\frac{R_a R_b}{R_a + R_b}}{\frac{R_a R_b}{R_a + R_b} + R_m + \frac{R_a' R_b'}{R_a' + R_b'}} S_2 (\Delta U_g)^2 \quad (18)$$

A kalibrációt szinuszos jellel végezzük, tehát

$$\Delta U_g = A_0 \sin \omega t \quad (19)$$

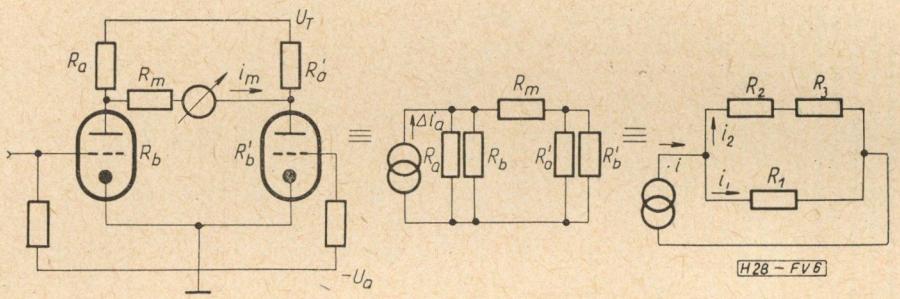
$$(\Delta U_g)^2 = \frac{A_0^2}{2} (1 - \cos 2\omega t). \quad (20)$$

Az indikátor csak az egyenáramú komponenst méri, így

$$(\Delta U_g)^2 = U_{eff}^2. \quad (21)$$

A műszer érzékenysége szinuszos jelre

$$i_m = \frac{\frac{R_a R_b}{R_a + R_b}}{\frac{R_a R_b}{R_a + R_b} + R_m + \frac{R_a' R_b'}{R_a' + R_b'}} S_2 U_{eff}^2 \quad (22)$$



6. ábra. Hídkapcsolású csővoltmérő helyettesítő kapcsolása

A csővoltmérő érzékenysége

A csővoltmérő híd helyettesítő kapcsolásából következik (6. ábra)

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2 + R_3}{R_1} \quad (10)$$

$$i_1 = i - i_2 \quad (11)$$

így

$$i_2 = i_m = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} i \quad (12)$$

$$R_1 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b} \quad (13)$$

mivel

$$R_2 = R_m \quad (14)$$

$$R_3 = \frac{R_a' R_b'}{R_a' + R_b'} \quad (15)$$

és

$$i = \Delta i_a \quad (16)$$

esetünkben azonban (5)

$$\Delta i_a = S_2 (\Delta U_g)^2 \quad (17)$$

Az érzékenység meghatározásához szükséges második meredekség az $S_1 (U_g)$ görbéből adódik. A lineáris szakaszban

$$S_2 = \frac{\Delta S_1}{\Delta U_g}. \quad (23)$$

A fázisfordító

A fázisfordító kapcsolás megválasztása a mérendő frekvenciasávtól függ. A legegyszerűbb anód-katód fázisfordító a hangfrekvenciás sávban kifogástalan szimmetriát biztosít. A négyzetes detektor kimenetén ugyanis a beadott alapfrekvencia nem jelenik meg, — erre az erősítés közel zérus, — csak a cső rács-katód és anód-rács kapacitása jelent terhelést, Miller effektus nem lép fel.

Nagyfrekvenciás méréshez impedanciák szempontjából is szimmetrikus fázisfordítót kell választani, a probléma földeltrácsú vagy keresztcsatolt fázisfordítóval megoldható. A bemutatott négyzetes detektor felső frekvencia határát valószínűleg a detektorcsövek belső kapacitásának asszimetriája miatt fellépő fáziseltérés szabja meg. Ennek következtében az alapfrekvenciás jel kompenzálása, a pontos összeadás bizonyos határfrekvencia fölött lehetetlenné válik.

Mérési eredmények

A megépített műszer teljes kapcsolását a 7. ábrán mutatjuk be. Az előfeszültséget tranzisztorral állítjuk be. A referenciafeszültséget a stabilizált tápfeszültség leosztásával állítjuk elő. A híd aszimmetrikus felépítésű a korlátozott csőszám miatt. A szimmetrikus híddal szemben így veszítünk a stabilitásból, de a szükséges mérési pontosság az így kapott ingadozások mellett is biztosítható volt.

A szabályozó szervekkel a műszer végkitérését (P_1), a fázisfordító szimmetriáját (P_2), az előfeszültséget (P_3), és a négyzetesítést végző csövek karakterisztikájának egyeztetését (P_4) lehet beállítani. A P_5 potenciométerrel a híd kiegyenlítése, a műszer nullázása végezhető.

A mérés, a számításnál felhasznált munkapont beállítása után, a következő eredményeket adta:

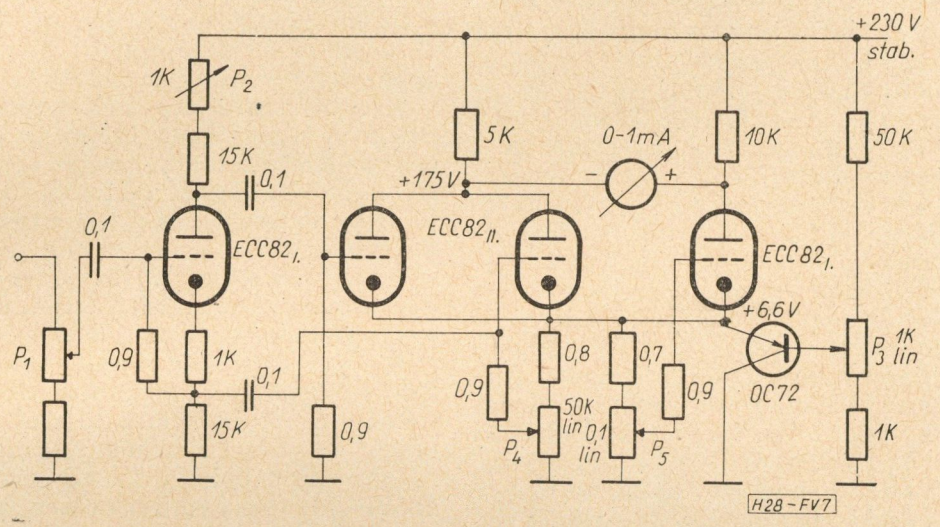
végkitérés 1 mA-es műszerrel: 3,54 V eff.
számított érték: 3,45 V eff.

Eltérés a számított és mért érték között 2%.

A pontonként felvett és az elvi négyzetes jelleggörbe közötti eltérés max 2,5%, ami a kalibrációhoz használt műszerek mérési és leolvasási pontosságán belül van. (Ezért az alkalmazott műszer skálázása számítás alapján végezhető!) A négyzetes jelleggörbétől való eltérés 15 V eff. bemenőfeszültségig 5% alatt marad, így a műszer rövid impulzusok és zajfeszültség mérése esetén végkitérésben is pontos értéket ad.

A kapcsolás csőcserére érzéketlen, a változások a szabályzó-szervekkel kompenzálhatók.

A műszer ingadozása EMG 1832 típusú stabilizált áramforrásról táplálva max 2—3%.



7. ábra A megépített műszer teljes kapcsolása

IRODALOM

1. Transfer Functions of Diode Networks. Tele-Tech 1956. febr.
2. *C. G. Wahrman, M. Sc.:* A true RMS Instrument. Brüel & Kjaer Technical Review 1958. jul.
3. *K. Mühlbach:* Effektív anzeigendes Röhrenvoltmeter. Funk-Technik 1955. 14.
4. Philips Electronic Tube Handbook.
5. *Z. Vajda:* Effektív anzeigendes Röhrenvoltmeter. Funk—Technik, 1959. Nr. 10. p. 348.

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ KÖZLEMÉNYE

A Műszaki Könyvkiadó (Bp. V., Bajcsy Zs. út. 22.) felkéri azokat, akik a *Sors László : Gépelemek méretezése kifáradásra* c. könyvet megvették, közöljék címüket a kiadóval, hogy megküldhesse a 87. ábra helyesbített példányait, a 87a, 87b és 87c ábrát. Ez az ábra 24 nomogram (63—86. ábra) közös mozgórésze lett volna, de mivel az ábrák sajnálatos klisétechnikai hiba következtében különböző méretarányban készültek, nem használható valamennyihez a kellő pontossággal. A helyes eredmény a 11. táblázat és a 82. ábra segítségével a nomogramok nélkül is meghatározható, ezt egyszerűsíti a mozgórészes nomogram-sorozat. Mivel azonban az csak a 63—65. (felső nyíl) és a 77., 78. (alsó nyíl) ábrával ad pontos eredményt, a kiadó kötelességének tartja a hibás mozgóábra díjtalan kicserélését.

Hangszórók tömeggyártása

KARCSAY REZSŐ
Orion Rádiógyár

A cikk áttekintést ad a hangszórók alkatrészeiről, ismerteti azok gyártásának és szerelésének technológiai eljárásait, a szükséges mértékben kitér az egyes alkatrészek fizikai és konstrukciós szerepeire. Részletesen ismerteti a membrán alapanyag őrlési műveletét, ennek során kitér az őrlés mechanizmusának ismertetésére is. Végül röviden ismerteti a hangszórók minőségi vizsgálatait.

A híradástechnika rohamos fejlődése és ezen belül a hangátviteli berendezések elterjedése a mindennapi életben a hangfrekvenciás átviteli lánc utolsó tagjának, a hangszórónak nagysorozatban történő gyártását eredményezte. Az elmúlt évtizedekben ennek megfelelően a nagy híradástechnikai gyárakban különálló műhelyek, sőt nem egyszer teljesen önálló gyárak rendezkedtek be a növekvő mennyiségi igények kielégítésére. Hazánkban főként a rádió- és televíziókészülék-gyártás igényel nagyszámú hangszórót, ennek megfelelően az Orion- és a Vadásztölténygyár rendelkezik önálló hangszóró-műhellyel.

A fent említett igényeket a gyártó cégek ill. üzemrészek darabszámot tekintve zömmel permanens dinamikus hangszórók gyártásával elégítik ki, ezért jelen cikk tárgyát kizárólag az ilyen típusú hangszórók tömeggyártása képezi.

A hangszórókkal szemben támasztott, sok esetben egymásnak ellentmondó követelmények nagy száma a gyártás sokrétűségét, a technológiai eljárások sokféleségét vonja maga után. Ezen eljárások részletes tárgyalását, valamint az azon belül felmerülő problémák boncolását célszerű a gyártás felépítésének szemelőtt tartásával követni.

A hangszóró gyártás lényegében 3 nagy fázisra bontható:

1. Alkatrészgyártás,
2. Alkatrész-egységek szerelése,
3. Végszerelés.

Az alkatrészgyártás az alkatrészek természeténél fogva kétfelé választható, mégpedig a mechanikus alkatrészek (kosár és mágnesköri alkatrészek) valamint a lengőrendszer gyártására.

A mechanikai alkatrészek közül azok, amelyek nem tartoznak a mágneskör alkotó elemei közé, kiinduló nyersanyag tekintetében a szükséges alakot megadó technológia valamint a gazdaságosság követelményeihez igazodnak. Ilyen alkatrész az 1. ábrán látható kosár, melynek anyaga általában A VIII. 23. vaslemez kosárnagyságtól függően 0,5—1,25 mm vastagsággal, valamint a kivezetés csatlakozását biztosító *forrfülesléc*. A kosárgyártás szinte kizárólag hidegsajtolási műveletekkel történik. A gyakrabban használt kör alakú kosarat egy darabból sajtolják, míg az ovális alakú kosarat csak ritkán gyártják egy darabból. Általában 2 vagy 3 részből készül, és az egyes részeket elektromos ponthegesztéssel egyesítik. A több részből készülő ovál-kosár gyártásánál igen fontos követelmény a központosító és a membrán csatlakozási felületeit képező kosárfélrészek függőleges egytengelyűségének biztosítása. Elmulasztása ugyanis menthetetlenül a lengőrendszer elhúzódásához, súlyosabb esetben súrlódáshoz vezet.

Újabban előtérbe kerül a kosárnak műanyagból való fröccsentése is. Előnye az, hogy olcsó és a szerelést megkönnyíti, kivitele tetszetős, de gondos kezelést és szállítást tesz szükségessé.

A mágnesköri alkatrészek anyaga a mágnes kivételével általában ötvözetlen mágnesacél, alacsonyabb légrésindukció esetén szénszegény acél. Ez már önmagában biztosítja az alkatrészek jó alakíthatóságát, és a legfontosabb mágneses követelményt, a magas telítési indukciót, mely a kémiai tisztaságú színvas esetén 21 500 Gauss. Természetesen ez elméleti érték, mely a mindig jelenlevő szennyeződések miatt jelentősen romlik.

A mágnesköri alkatrészek száma és alakja az ismert mágnesköri kiképzések eltérő volta miatt sokféle. A 2. ábrán látható csőkengyeles mágneskör alkatrészei: csőkengyel, mágnes, vasmag és porvédő sapka. A másik ismert típus a 3. ábrán látható gyűrűmágneses kör. Ennél a pólossaruk szerepét a fedő- és alaplap, valamint a vasmag veszi át. A 4. ábrán az ún. fazék-mágneskör látható. Itt a pólussarut a fazék, a lezáró fedőlap és a vasmag képezi. Technológiai szempontból vizsgálva az alkatrészeket, a csőkengyel, az alap- és fedőlap zömmel hidegsajtolási műveletekkel készülnek, csupán az utóbbi két alkatrész esetében az összeerősítésre szolgáló menetes furatok előállítása történik forgácsolással. Mindhárom mágneskörben előforduló vasmag gyártása ott, ahol az alak és az igényelt darabszám ezt lehetővé teszik, porkohászati úton történik. Ezek a vasmagok mágneses tulajdonság és méretpontosság tekintetében egyenrangúak az ötvözetlen mágnesacélból forgácsolással készült darabokkal, amellett természetesen jóval olcsóbbak. Azok a vasmagok, amelyek alakjuk vagy kis darabszámuk miatt nem teszik lehetővé a porkohászati eljárás alkalmazását, egyorsós rúdautomata gépen készülnek. A fent felsorolt alkatrészek közül technológiai valamint metallográfiai jellemzők szempontjából a legkényesebb az ún. fazék, mely mélyhúzással készül. Az 5—6 mm falvastagság, valamint az 55—60 mm mélység és 50—60 mm átmérőjű, jó minőségű mélyhúzó lemez alkalmazását igényli, mely a gyártmányt kissé megdrágítja. Alkalmazását esetenként konstrukciós követelmények teszik szükségszerűvé. Ilyen eset a televízió készülékeké, ahol a hangszóró mágnesköréből eredő szórás a képcső elektron-sugarát károsan kitéríti. Ezt

a káros befolyást csak a fazékmágneskörök alkalmazásával sikerült megnyugtatóan lecsökkenteni.

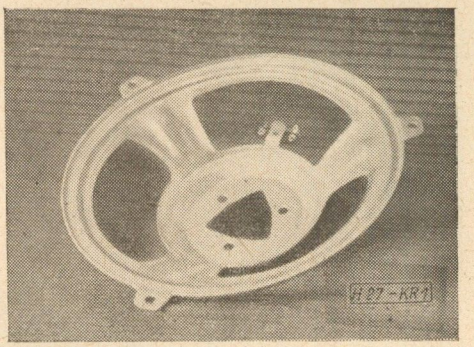
Valamennyi ötvözetlen mágnesacélból készült alkatrész gyártásában fontos művelet a lágyítás, melyet legcélszerűbb a mechanikai megmunkálás befejezése után elvégezni. A lágyítást védő gázas, tehát széndúsulást megakadályozó atmoszférában, vagy a darabokat szénszegény acélforgácsba csomagolva kell elvégezni. Az izzítás 2 óra hosszat 850—900 C°-on történik, majd 200 C°-ig kb. 60 C°-óra hűtési sebességgel kell lehűteni. Ez a művelet a kísérletek és mérések során átlagosan 620 Gauss légrésindukció növekedést idézett elő a hőkezeletlen állapothoz képest egy meghatározott mágneskörnél.

A mágneskörök nem mágneses alkatrésze csőkengyeles körnél a porvédő sapka, fazékkörnél a központosító sapka. Az előbbi préselt bakelit alkatrész, mely a légrés por és forgácsmentességét van hivatva biztosítani a mágnes oldaláról. Ez az alkatrész egyben a távolságtartó gyűrű szerepét is betölti. A fazék- kör központosító sapkája a vasmag középponti helyzetét biztosítja a légrésben. Általában színesfémből készül, de gyártható műanyagból is.

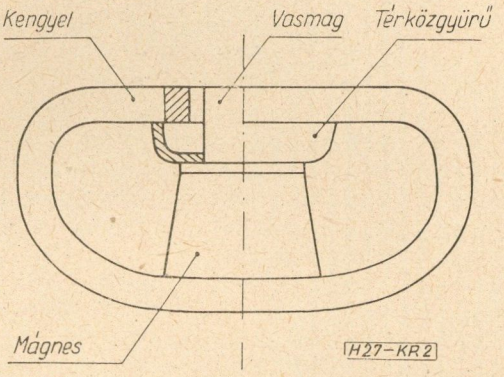
A mágneskör legfontosabb alkatrésze a mágnes. Tekintettel arra, hogy ennek az alkatrésznek fizikai és gyártás-technológiai tárgyalása önmagában véve is bőséges irodalmat teremtett, csak néhány fontos és speciálisan a hangszórókkal kapcsolatos jellemzőjére térünk ki. Geometriai alak tekintetében a csonka-kúp, a kör- ill. ritkábban négyszögletes gyűrű terjedt el leginkább. Súlyuk a nagy sorozatban gyártott típusoknál kb. 90 és 500 g között mozog. Metallográfiai összetétel szempontjából legelterjedtebb az Alnico ill. Ticonal típus. Nevüket kiolvashatóan a többalkotós ötvözetek alkotórészeitől, vagyis Al, Ni, Co, Ti elemektől kapták. Az utóbbi években komoly versenytársként jelentkeztek az ún. báriumferrit mágnesek, amelyekkel a fenti drága és nehezen beszerezhető ötvözők nélkül közel azonos légrésindukciót adó mágneskörök állíthatók elő. Alkalmazásukat a jelentős önköltségcsökkentés teszi indokolttá. A sokféle mágneses jellemző közül az ún. jósági számot emeljük ki, mely a térfogat-egységben levő mágneses energiára jellemző. A hangszórókban alkalmazott mágnesek jósági száma 2,5—7,5 $\times$ 10^6 G. Oe. A mágnesek előállítása öntéssel, ill. a báriumferrit mágneseké porkohászati úton történik. A mágnesek ma már egyre inkább a hazai gyárak termé keiből szerezhetők be és csak egyes speciális típusokat biztosítanak import útján.

A hangszóró összes fémalkatrészeit a mágnes kivételével a felületi korrózió megakadályozására kb. 0,01 mm vastagságú horgany- vagy kadmiumréteggel látják el. A gyűrűmágnesek ezüst színű festékréteget kapnak, a magmágnesek festés nélkül kerülnek beépítésre.

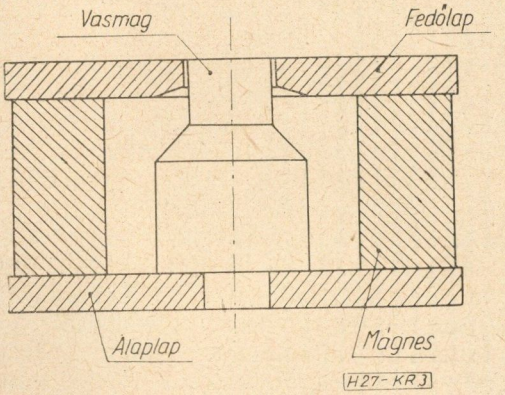
A fémalkatrészek gyártásának rövid áttekintése után áttérünk a lengőrendszer alkatrészeinek valamint azok gyártási eljárásainak ismertetésére. A lengőrendszernek három alkotó-része van: a lengőtekercs a központosító és a membrán.



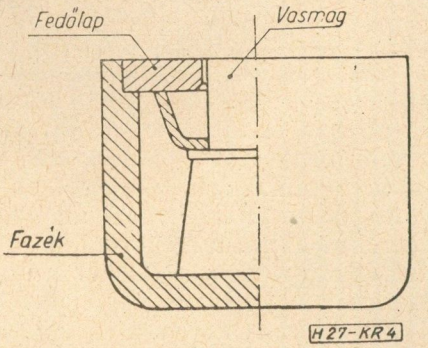
1. ábra



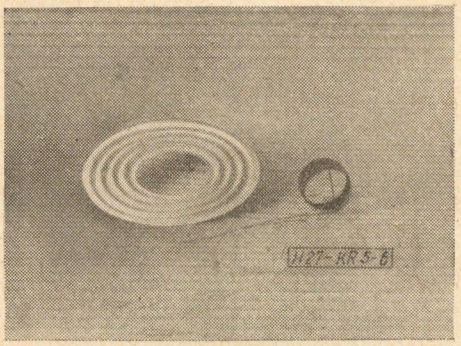
2. ábra



3. ábra



4. ábra



5—6. ábra

Az 5. ábrán látható lengőtekercs gyártása úgy történik, hogy a tekercstestre gépi- vagy kézivezérlésű tekercselő gépen adott átmérőjű, zománcszigetelésű vörösréz huzalból meghatározott számú menetet tekercselnek fel. Tekercselés közben a meneteknek a tekercstesthez, valamint egymáshoz történő rögzítése céljából kézi ecsettel vékony rétegben ragasztót adagolnak. A ragasztó 1—2 órán belül szobahőmérsékleten megszárad és megfelelő kötést biztosít. A tekercstestet két rétegű papírcsőből, vagy vékony kartoncsíkból, esetleg alumíninumcsőből darabolással állítják elő. Ez utóbbi alkalmazása kevésbé terjedt el, mivel a zárt alumínium gyűrű előállítása nehézkes. A tekercstestek vastagsága mindhárom típusnál kb. 0,1 mm.

A lengőtekercs meneteinek szabadon hagyott két végéhez ponthegesztés útján két kivezető kábelt erősítenek, melyeknek szabad végeit a végszerelés során a forrfüles léchez forrasztják. A kivezető kábelek több-eresek, az ereket sodorják vagy — előnyösebben — szövik. A szövött kábelhasználata a membránhoz ill. a forrfüles léchez való csatlakozásoknál fellépő ismételt hajlító igénybevétel szempontjából kedvezőbb, mivel élettartama hosszabb mint a sodrotté.

A tekercsnél alkalmazott zománchuzal rézkeresztmetszetének átmérője 0,1—0,2 mm között változik, az alkalmazott menetek számát az illesztés és a kedvező hatásfok elérése szabja meg.

A gépi vezérlésű tekercselőgépek félautomatikus működésűek. A dolgozónak a gép indítását és a ragasztóanyag felvitelét kell működés közben eszközölnie, a gép az áttétel segítségével megszabott menetszám feltekercselése után önműködően kikapcsol. A tekercstípus változása esetén csupán az áttételt és ezzel végeredményben a menetszámot meghatározó csiga és csigakerék, valamint a szálvezető pályavezérlését végző tárcsa cseréjét kell végrehajtani. Kézivezérlés esetén csupán a menetszámból és a huzalátmérőből számítható menetelési hossz állítható be megfelelő tekercselőfej segítségével. A huzal átmérőjének és vezetőképességének szórásából természetszerűleg következik a tekercs egyenáramú ellenállásának és váltakozó áramú impedanciájának szórása, mely gondos irányítás mellett megfelelő tűréshatárok közé szorítható. A menetszám gondosan betartandó, mivel növelésével a súly növekszik, ez pedig határt szab a magashang-átvitelnek. A menetszám csökkentésével viszont a hatásfok csökken.

Külön figyelmet érdemel a lengőtekercs minőségellenőrzése. Az egyenáramú ellenállást és az impedanciát szúrópróbával, megfelelő műszerek segítségével ellenőrzik. A tekercselésnél előforduló zománcsérülés zárlatot okozhat. Ezért ilyen szempontból darabonként vizsgálják a tekercseket speciális műszerekkel, melyek pl. nagyfrekvenciás indukciós úton jelezhetik a tekercs ép vagy zárlatos voltát.

A lengőrendszer következő alkatrésze a 6. ábrán látható központosító. Konstrukciós szerepe sokféle. Biztosítani kell egyrészt a lengőrendszer felfüggesztését a kosár egyik csatlakozó felületéhez történő ragasztás útján. Ugyanakkor meghatározza a lengőtekercs megfelelő sugárirányú elhelyezkedését a légrésben, végül a membránnal együtt megtestesíti a lengőrendszer rugóállandóját. A hangszóró rezonancia pontjának beállításában a lengőrendszer súlya mellett igen fontos szerepe van, amint azt az alábbi képlet is mutatja.

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

f_0 rezonancia frekvencia
m a lengőrendszer tömege
c a lengőrendszer rugóállandója

A c rugóállandó a membrán rugózószélének és a központosítónak a rugóállandóját foglalja magában. A központosító rugóállandója tömeggyártásban éppúgy szabályozható, mint a membráné. Szabályozási módja a gyártási módszerekből közvetlen adódik.

A központosító kiindulóanyaga speciálisan erre a célra gyártott textilvászon, vagy georgette. Az előbbi átlagos vastagsága 0,4 mm, az utóbbié 0,1—0,2 mm. A textilanyagot denaturált szeszben melegen oldott szintetikus fenolgyantával itatják át, majd a kívánt rezonancia pont szerint a felesleges oldatot kézzel vagy gépi úton eltávolítják. A kézi művelet alatt facsarás ill. dörzsölés értendő. Gépi berendezés esetén a felesleges oldatot megfelelően beállított, fémből vagy gumiból készült leszedő kések távolítják el, majd ugyanazon berendezésen a textil- vagy papírgyártásban használt fűtött kalanderek segítségével a nedves textilanyagot meg is szárítják. Szárítás után a véget megfelelő négyzet alakú darabokra vágják fel. A nyers vászonkockákat elektromos ellenállás-fűtőtestekkel kb. 180 C°-ra fűtött profilos szerszámokba helyezik, 10—15 mp-ig az összezárt szerszámfélrészek között tartva a textildarab a jellegzetes hullámos körszimmetrikus alakot veszi fel, miközben a bakelizálódás is végbe megy. A következő művelet a kontur körülvágása és a középlyuk kivágása, amelyből kieső darab a porvédő kúpot adja meg. Mindkét kivágási

művelet egyszerre történik excenter-présre fölfogott ún. blockszerszámban. Megjegyezzük még, hogy a rugóállandó szabályozása adott alak és méret esetén a gyantaoldat koncentrációjának megváltoztatásával is történhet. Általában ezt, valamint az előzőleg említett oldatmennyiség szabályozást együttesen szokták a tömegyártásban alkalmazni.

Régebbi hangszórókonstrukcióknál előfordul a központosító anyagaként presspán vagy más hasonló lemezanyag, ez esetben az alak is egészen más. Ezeket ma már nemigen alkalmazzák.

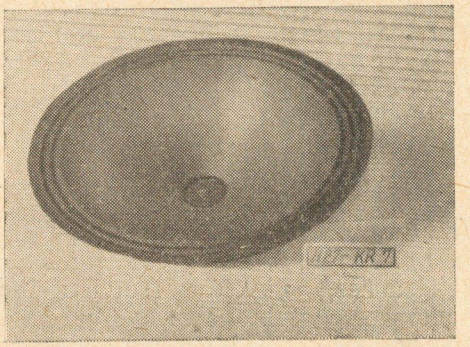
A lengőrendszer utolsó, de talán legfontosabb alkatrésze a 7. ábrán látható membrán. Ez van hivatva a lengőtekercsen átfolyó hangfrekvenciás áram és a légrésben levő mágneses tér hatására létrejövő elmozdulást periódikus nyomásingadozássá átalakítani, amely fülünkbe jutva hangérzetet kelt. A lengőtekercs által a membrán anyagában keltett mechanikai rezgés terjedési sebessége függ a membránanyag rugalmassági együtthatójától, sűrűségétől, alakjától. A membrán anyagának belső súrlódása a membrán felületén kialakuló rezgésképet befolyásolja. Különböző rezgésképekhez, azaz különböző sebességeloszlásokhoz más-más hangnyomásgörbe és irányjelleggörbe tartozik. A hangnyomásgörbébe látható csúcsok és lyukak, valamint az irányjelleggörbe megváltozása növekvő frekvencia esetében a hullámhossz és a membrán kúpalkotó hosszának összemérhetőségéből ill. ebből következően a membrán különböző részei mozgásának eltéréséből adódnak. Ebből az összefüggésből látható, hogy a membrán-átmérő a sugárzási viszonyok meghatározásában jelentős tényező. Hasonlóan fontos jellemző a membrán tömege, mely a hangszóró hatásfoka szempontjából figyelemre méltó. Ha a membrán tömege és sugara között az alábbi összefüggést vesszük alapul

$$m = k \cdot R^{a}$$

m tömeg
R a membrán sugara
k arányossági tényező
$a \sim 3$

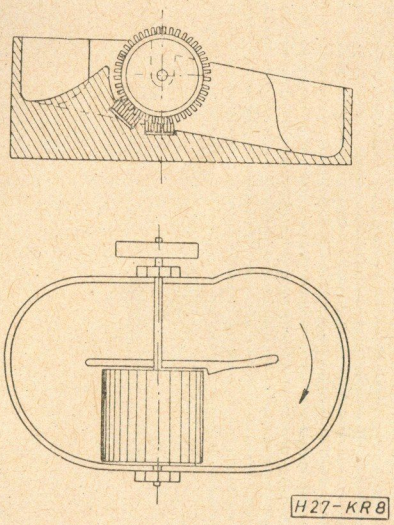
akkor adott mágnestérfogat esetén legjobb hatásfokot az a membrán ad, amelynek tömege a légterheléssel együtt a lengőtekercs tömegének kétszerese. Légterhelés alatt a mozgó membránhoz tapadt és így vele együtt mozgó levegőrészecskék tömegét értjük. A membrán tömegét ezenkívül megszabja az alharmonikus-képződés és keresztmodulációs torzítások kiküszöbölésének követelménye. Tömeggyártásban a membrán átmérőjének állandó értéken tartása nem jelent különösebb problémát, annál nagyobb gondot okoz a súly, ill. tömeg állandóságának biztosítása. Ezt a gyártásközbeni állandó méréssel oldják meg.

A membrán gyártásának egyes fázisai azonosak, vagy legalábbis hasonlóak a papírgyártás megfelelő fázisaihoz. Alapanyagként általában



7. ábra

nátroncellulózét használnak, mely nevét a feltárásnál használt anyagoktól nyerte. A nátroncellulóze kb. 1m² területű és 4—5 mm vastag táblákban szerezhető be. A táblákat vízzel átitatják, majd kézzel kb. féltenyérnyi darabokra szaggatják. A kézi művelet elkerülésére célszerűen alkalmazható — természetesen még a cellulóze száraz állapotában a kalapácsos malom, melynek áteresztő rácskeresztmetszetével a szaggatott darabok mérete szükség szerint beállítható. A széttépett cellulóze darabokat ezután vízzel telt foszlató hollandiba szórják bele és kb. félóráig ázni hagyják. Ez az egymáshoz tapadt szálak fellazulásához szükséges. A 8. sz. ábrán látható foszlató hollandi egy középfallal két csatornára osztott ovális kád. Az egyik csatornában egy pengékkel ellátott henger forog, alatta pedig egy hornyolt késtömb, az ún. fenékmű foglal helyet. A foszlatás azáltal megy végbe, hogy az anyag a henger és a fenékmű pengéi között áthalad. A forgó henger pengéi között levő 40—45 mm széles hézagok, mint merítőrekeszek működnek és az anyagot felemelve a henger mögött levő gáton átdobják. Innen az anyag a másik csatornán keresztül ismét a henger alá kerül. A pép tehát a kádban állandó körforgást végez. A kád köbtartalmát a műhely napi termelésének és kívánt őrlési foknak összevetéséből lehet megállapítani.

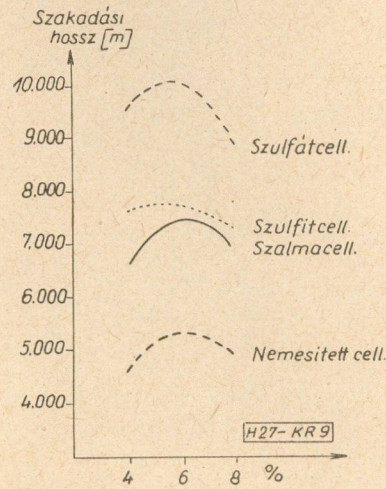


8. ábra

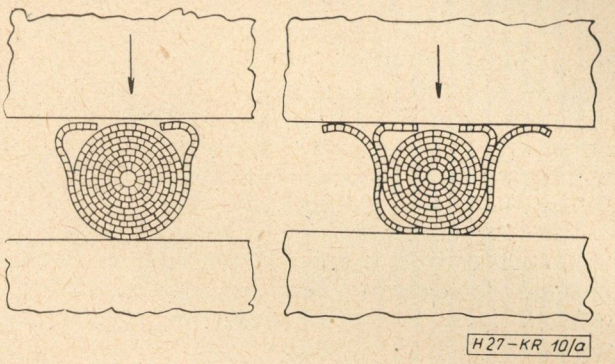
Az őrléshez szükséges idő ugyanis közel arányos az őrlési fokkal. Célszerű a kád köbtartalmát úgy meghatározni, hogy adott őrlési fok mellett maximum 4—5 óra alatt a napi termeléshez szükséges cellulóze mennyiség lefoszlatható legyen. A kád köbtartalmát befolyásolja az alkalmazott szárazanyagtartalom is. Ennek maximuma 6% körül van. A szilárdsági értékek optimuma ugyanis e körüli értéknél mutatkozik a diagramokban, amint ez a 9. ábrán látható is. Az anyagsűrűség növelése esetén a foszlatás gazdaságossága javul, energiaigénye csökken, s elősegíti a jobb fibrillációt. Ezt a fogalmat még később magyarázni fogjuk.

A nyugalmi állapotban történő áztatás után kezdődik a tulajdonképpeni foszlatás. Ezzel a művelettel lehet biztosítani a papír jellemző tulajdonságainak legnagyobb részét. A hollandi foszlató forgó és álló kései között történik az elemi sejtek zúzása, roncsolása, mégpedig úgy, hogy a kések közé került koncentrikus csőszerű rétegekből (lamellákból) felépített elemi sejt a pengék nyomó hatása folytán hosszirányban felhasad és az egyes lamellák egymástól elválnak. A zúzás fokozásával egyrészt a felhasadt lamellák fibrillákká bomolhatnak, másrészt a sorrendben következő lamella felhasadása következik be és így tovább. A folyamat vázlatosan a 10/*a* ábrán látható. Az elemi sejt szerkezetét a 10/*b* ábrán mutatjuk be.

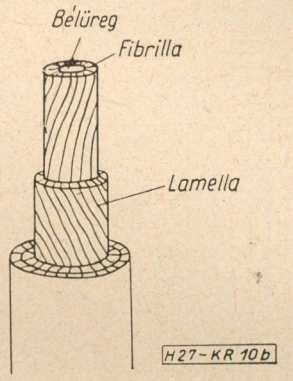
A foszlatott anyag jellege a fentiekből következően kétféle lehet. A többé-kevésbé aprított, de szét nem roncsolt sejtekből álló anyagot „parázs"-nak, míg a szétroncsolt sejtekből álló anyagot „nyálkás"-nak nevezik. Mindkét esetben lehet az anyag hosszú szálú vagy rövidre aprított is, tehát előállítható hosszú és parázs, rövid és parázs, hosszú és nyálkás, végül rövid és nyálkás anyag. Az ismertetett négyféle állapotot az anyag hígítása, sebessége, a pengék anyaga, alakja, mérete és élessége, legfőképpen azonban a henger és a fenékmű pengéi közötti távolság, az ún. hézag, a pengéknek az anyagra kifejtett nyomása, valamint a foszlatás időtartama határozza meg.



9. ábra



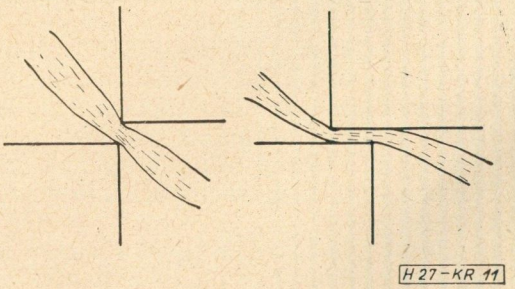
10a ábra



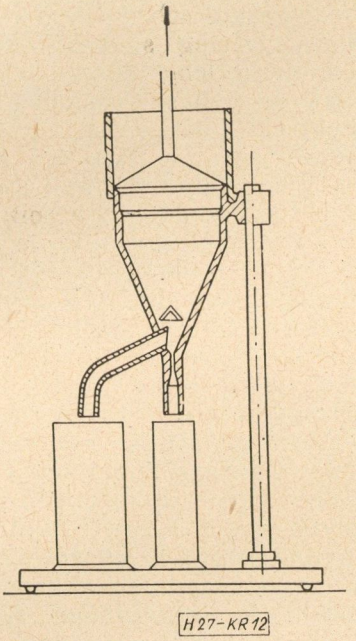
10b ábra

A membrángyártás számára általában a hosszúszálú, nyálkás anyagot célszerű használni. Ennek készítése esetén a pengéket egymáshoz annyira közel állítják, hogy azok bár fel nem aprítódnak, de szétroncsolódnak. A késbeállítás a 11. ábrán látható.

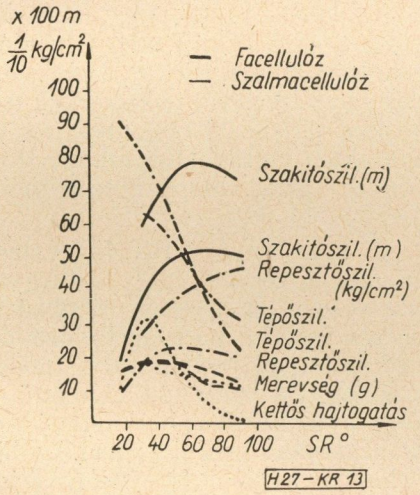
A foszlatás ellenőrzésére, mértékének megállapítására a foszlatási fok (Schopper—Riegler fok, jele SR° szolgál. A mérést a 12. ábrán látható Schopper—Riegler készülékkel végezzük el, amelynek működése a foszlatott pép víztelenedési sebességeltérésén alapszik. A mérés lefolyása MNOSZ 8245 sz. szabvány szerint történik. Az alkalmazott foszlatási fok helyes meghatározása talán a leglényegesebb tényezője a membrángyártásnak. Megválasztását az teszi nehézzé, hogy egyes szilárdsági vagy egyéb jellemzők optimális értékei más-más foszlatási foknál jelentkeznek. Ennek illusztrálására bemutatjuk a 13. ábrán néhány szilárdsági jellemző változását az őrlési fok függvényében. A rostok közötti kapcsolódási erő és a foszlatási



11. ábra



12. ábra



13. ábra

fok összefüggése közel parabolikus, tehát növekvő SR°-kal az erő is nő.

A rostok közötti kapcsolódási erőt az SR° üggvényében az 1. táblázatban mutatjuk be.

A rostok közötti kapcsolódási erők alakulása fehérítetlen szulfátcellulóze őrlésekor

Őrlésfok SR°	Kapcsolódási erő kg/mm²	Őrlésfok	Kapcsolódási erő kg/mm²
10	0,003	50	0,150
15	0,05	60	0,164
20	0,08	70	0,171
30	0,112	80	0,176
40	0,135	90	0,180

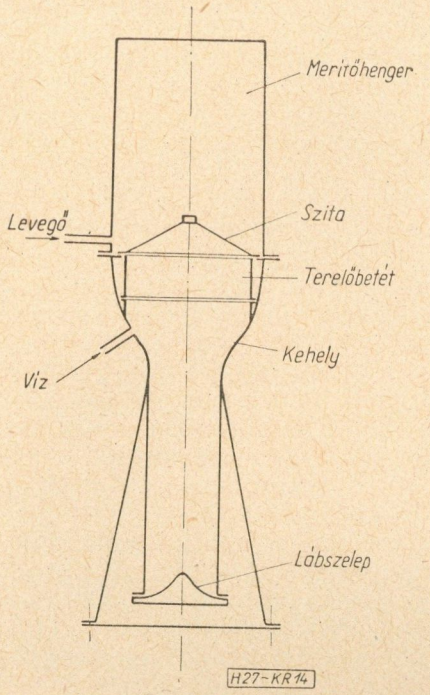
A kettős hajtogatás maximuma 30 SR° körül van, a repesztő szilárdságé 50SR°-nál, a szakító szilárdság maximuma 70 SR°-nál jelentkezik, majd lassan csökken. A tépő szilárdság növekvő SR°-kal meredeken csökken. A légáteresztő képesség és a vízfelvevő képesség a foszlatás előre haladásával csökken. Az előbbi 70 SR°-nál gyakorlatilag nulla.

A fentiek, valamint a magasabb SR° érték eléréséhez szükséges energia-mennyiség és foszlatási idő, továbbá a foszlatott anyagnak a későbbi műveletek során tapasztalható viselkedése figyelembevételével azt mondhatjuk, hogy a kedvező értékek 30—60 SR° között foglalnak helyet. 60 SR° fölé az energiaigény és a foszlatási idő növekedésén túlmenően a későbbi lapképzésnél végbemenő víztelenedés erős lelassúlása miatt sem célszerű menni. Az Orion Rádiógyárban lefolytatott és még folyamatban levő kisérletek eddigi eredményei valószínűvé teszik, hogy az egyes membrántípusokat attól függően, hogy magashangot, mélyhangot, vagy középhangot sugárzó hangszórókba kerülnek beépítésre, különböző őrlésfokú cellulóze pépből kell gyártani.

A membránnal kapcsolatos tárgyalásunk elején utaltunk a membrán anyagnak a sugárzási viszonyokkal kapcsolatos jellemzőire. További részletes vizsgálatokra nem térünk ki, mivel Kecskés Ferencnek a Magyar Híradástechnikában megjelent cikke a membrán anyagának ilyen vonatkozásaira részletesebben kitért.

Visszatérve a technológiai folyamat ismertetésére, a foszlatás befejezése után, de magában a foszlatókádban történik az anyag kikészítése és festése. A kikészítés célja egyrészt a víztaszító képesség, másrészt az akusztikai tulajdonságok javítása. Anyagai különböző emulziók (paraffin-, Al-szappan-, gyantaszappanemulzió). A festés általában fekete anilin festékkel történik, de sem elvi, sem gyakorlati akadálya nincs másszínű festék alkalmazásának. A membrán színét kizárólag célszerűségi és esztétikai szempontok szabják meg. A festéknek az elemi szálakhoz történő rögzítésére előzetesen valamilyen fémsót (pl. timsó) vagy konyhasót használnak. A festék egyenletes elkeveredése érdekében a foszlatót felemelt hengerállás mellett rövid ideig járatják.

A befestett membrán anyag ezután vízzel erősen felhígítva ún. keverőkádakba kerül, melyek már a lapképzést végző merítő hengerek mellett foglalnak helyet. A hígítást a gyártandó membrán súlya határozza meg. A keverőkádak motorikus meghajtású keverőlapátokkal vannak felszerelve, melyek a benne levő vizes szuszpenziót állandó cirkulációban tartják, ily módon akadályozva meg az anyagnak a fenékre ülepedését és az elemi szálak filcelődését. Innen a szuszpenziót közvetlenül a merítő kehelybe adagolják. Egy-egy adag a membrán súlyának megfelelő mennyiségű száraz anyagot tartalmaz. A 14. ábrán látható merítőhenger tulajdonképpen egy függőleges elrendezésű cső, mely csatlakozó fejek segítségével vízzel tölthető



14. ábra

meg egy vízállást-mutató üvegen ellenőrizhető szintig. A víztöltést megelőzően azonban a lapképzéshez szükséges, a membrán profiljának megfelelően kialakított huzalszitát helyeznek el a merítőhengerben. A szita huzalszövetből készül, anyaga vörösréz, sárgaréz vagy foszforbronz. Legfontosabb jellemzője az 1 cm² felületre eső lyukak száma, mely a membrán víztelenítésére és felületi tulajdonságaira van lényeges kihatással.

A lapképzés végeredményben úgy történik, hogy a szita behelyezése után a hengert vízzel töltik meg, majd beleadagolják az előkészített szuszpenziót. Ennek egyenletes elosztását levegő befúvatásával vagy mechanikus keveréssel érik el. Ezután a henger alján levő lábszelepet megnyitják, a víz kisebb-nagyobb sebességgel eltávozik, a benne levő szuszpenzió pedig leülepszik a szitára. Az ülepedés a szita felületén nem egyenletes, mivel a membrán rugózó szélének vékonyabbnak kell lennie e megfelelő rugóállandó elérése érdekében. Ezt terelőbetétek behelyezésével érik el, melyek a rugózószél koncentrikus gyűrűfelülete alatt az átáramló vízet erősen lefékezik, ezáltal sokkal kevesebb anyag rakódik le az érintett felületre. A víztelenedést célszerű vákuumos leszívatással meggyorsítani. Ez a termelékenység növelését eredményezi, mivel egyrészt a víztelenedés idejét csökkenti, másrészt a membrán víztartalmának csökkentésével a szárítás ideje is megrövidül.

A továbbiakban az anyaggal beborított szita kb. 180 C°-ra melegített, a membrán profiljának megfelelően kialakított szárítószerszámba kerül, ahol az előzetes száradása, bizonyos mérvű elővasalása és ezáltal tömörödése megy végbe. Következő műveletként a membrán nyakrészét megfelelő magasságig schellackgyanta oldatba mártják a magashang sugárzás kedvezőbbé tétele, valamint a lengőtekercs felerősítésére szolgáló nyak merevítése érdekében, majd az előbb említett oldat teljes megszáradása után a munkadarab egy vasalási művelet során kapja meg végső profilját. A vasalás ugyancsak fűtött, profilos szerszámban történik.

A membrángyártás utolsó fázisa az előírt átmérőre történő körülvágás, mely általában blockszerszámban történik. A középlyuk és a lengőkivezetések átfűzésére szolgáló négy lyuk kiszúrása blockszerszámban történik az előbbi kivágással egy műveletben.

A membrángyártás ellenőrzése súlyméréssel, átvilágítással és rugóállandó méréssel történik. Az átvilágítás és a rugóállandó-mérés a rugózószél helyességét ellenőrzi, mégpedig az előbbi annak körkörös egyenletességét, az utóbbi pedig a szélvékonyítás megfelelő mértékét.

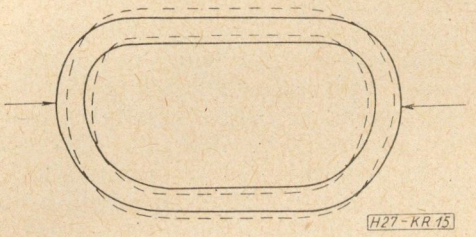
A membrán rugóállandóját, a központosítóval azonos módon, legegyszerűbben súlyterhelés hatására végbemenő süllyedés mérésével lehet ellenőrizni. Úgy a membrán, mint a központosító mérés alatti rögzítése a későbbi ragasztási felületen kell hogy történjék, a terhelő erő pedig azon a körön támadjon, amely a lengőtekercs felerősítésének felel meg. Ily módon az üzemeltetés követelményei jól megközelíthetők. Hátránya ennek a mérési módszernek az, hogy csak sztatikus jellemzőt szolgáltat az üzemeltetés dinamikus voltával szemben, de összehasonlító gyors üzemi mérésre ez a módszer is alkalmas.

Mielőtt a membrángyártás tárgyalását befejeznénk, megjegyezzük, hogy a tárgyalt hollandi foszlató nem az egyetlen célszerűen használható berendezés a nátroncellulóze őrlésére. A korszerű papírgyártásban több modern berendezés ismeretes, mely az elérendő célt, a hidratációt és a fibrillációt, esetleg az elemi szálak földarabolása nélkül is kedvezőbb eredménnyel hajtja végre. Az Orion Rádiógyár távlati fejlesztési programjában szerepel ezen berendezések alkalmazhatóságának vizsgálata a membrángyártás céljaira.

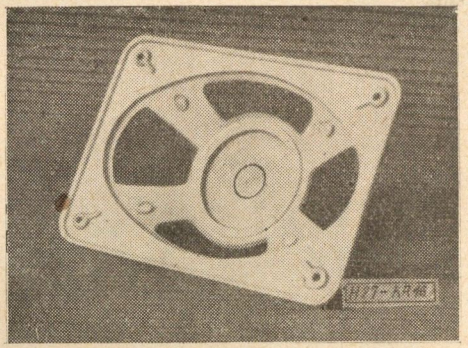
A membrángyártás áttekintése után vizsgálatunk tárgyát a gyártás második főfázisa, az alkatrész egységek szerelése képezi. Itt élesen elválasztandó a mechanikus alkatrészek szerelése a lengőrendszerétől.

A mechanikus alkatrészek szerelése főként a kosár és a mágnesköri alkatrészek összeerősítését foglalja magában. A mágnesköri alkatrészek szerelésének műveleteit részben a mágneskör konstrukciója szabja meg. Első lépésként a mágneskör egyik alkatrészét, gyűrű- és fazékmágneskörnél a fedlapot, kengyeles körnél magát a csőkengyelt erősítik össze a kosárral. Ez a fedőlapon ill. kengyelen levő 3 vagy 4 sajtolt szem szétzömítésével történik excenterprésen.

Gyűrűmágnes esetén a mágneskör többi alkatrészét, az alaplapot és a vasmagot szegecseléssel

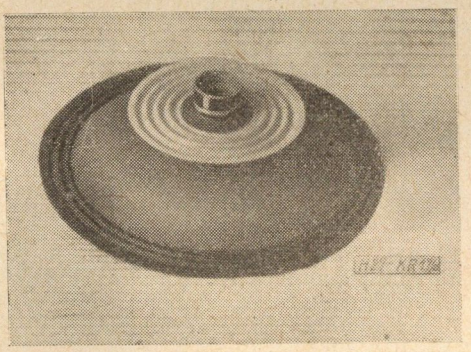


15. ábra

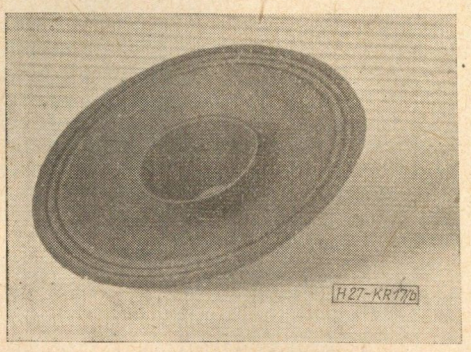


16. ábra

erősítik össze, majd ezt az egységet a mágnes közbehelyezésével a kosárra szegecselt fedlaphoz csavarozzák. Csőkengyelnél a szerelés lényegesen egyszerűbb és gyorsabb. Különösen érvényes ez az Orion által használt igen szellemes mágnesköri konstrukcióra. A mágnesköri szerelési elve a 15. sz. ábrán látható. A csőkengyel két pontjára egy hidropneumatikus készülék segítségével nyomást adunk, melynek hatására



17a ábra



17b ábra

a kengyel a nyomás irányára merőlegesen megtágul, a mágnes, a vasmag és a térközgyűrű kényelmesen behelyezhető, majd a nyomás megszüntetése után a kengyel eredeti alakját veszi fel. Az alkatrészeket tehát a kengyel rugalmassági ereje erősíti össze. Fazékkörnél a fazekat a mágnes, a vasmag és a térközgyűrű behelyezése után csavarral erősítik a kosárhoz.

Új és korszerű technológiát képez a mágneskörnek műanyag-kosárba való fröccsentése, mely a 16. ábrán látható. Itt a kosár anyaga körülveszi és összeerősíti a mágneskörі alkatrészeket. Ez esetben mechanikus összeerősítés felesleges, csupán az alkatrészek megfelelő tájolásáról kell gondoskodni. Ez a konstrukció Orion szabadalom, melyet a közelmúltban fogadott el a Nemzetközi Szabadalmi Hivatal. Valamennyi szerelési technológia esetén a vasmag és a fedőlap ill. csőkengyel közé központosító kalibert helyeznek a vasmag koncentrikus helyzetének biztosítására.

A másik alkatrész egység a 17. ábrán látható lengőrendszer. Az alkatrészek összeerősítése ragasztás segítségével történik. A lengőtekercset a membrán hengeres nyakrészébe, a központosítót pedig a membrán külső, konvex felületére ragasztják. Az egyes alkatrészek egymáshoz viszonyított axiális és radiális helyzetét ragasztósablonok határozzák meg. Ezekkel állítható be a szerelt egység teljes magassága, mely a torzítások elkerülése szempontjából lényeges méret, ugyanis a lengőtekercsnek a légrésben elfoglalt helyzetét határozza meg. A ragasztóanyag kötésének gyorsítására mesterséges szárítást vesznek igénybe. Száradás után a szerelvényeket tároló rudakra fűzik.

A hangszórógyártás utolsó fázisa a végszerelés. Itt történik a kosárra szerelt mágneskör és a lengőrendszer egyesítése, ugyancsak ragasztással. Megelőzően a mágneskör légrését sűrített levegővel megtisztítják az esetleges portól vagy forgács szennyeződéstől. Ezután a kosár azon felületeit, amelyekre a központosító ill. a membrán illeszkedik, ragasztóval vonják be, a lengőtekercset a légrésbe illesztve a membrán és a központosító szélét a ragasztóval bevont felületekre nyomkodják. A lengőtekercs kivezető kábelvégeit a kosárra szerelt forrfüleken átfűzik és leforrasztják. A lengőtekercs megfelelő tájolása végett a légrésbe két központosító lapocskát helyeznek el, melyek a ragasztó teljes száradásáig a légrésben maradnak. A membrán leragasztott peremére körben filccsíkot ragasztanak, hogy a felerősítés a hangfalra kellő rugalmassággal történjék. A ragasztó teljes megszáradása után történik a hangszóró felmágnesezése. A mágnesező berendezés által szolgáltatott térerősség nagyobb, mint az alkalmazott mágnes jósági számához tartozó H_{max} érték. Ez a korszerű mágnesanyagoknál elég közel esik a koercitív erőhöz, melynek értéke Ticonal mágneseknél 600—700 Oersted körül van. Fémkerámiai mágneseknél a koercitív erő 1500—2000 Oersted között van. Ennek meg-

felelően tehát a mágnesezéshez szükséges térerősség kb. 3000—6000 Oersted.

A gerjesztési törvény erősen leegyszerűsített alakjából

$H.l = N.I$; H térerősség
l közepes erővonalhossz
N menetszám
I áramerősség

látható, hogy nagy térerősség előállításához vagy nagy áramerősség, vagy nagy menetszám szükséges. Célszerűség szempontjából a gerjesztő tekercs menetszámát választják megfelelően nagyra.

A mágnesezés után a membrán közepére porvédő kúpot ragasztanak, mely a mechanikus szennyeződést tartja távol a légréstől. Legvégül a hangszórót ragasztócimke formájában típusjelzéssel látják el. Ezzel tulajdonképpen a gyártási műveletsorozat le is zárult.

A legyártott hangszórókat egyedenként vagy szúrópróba jelleggel vizsgálatoknak vetik alá. A vizsgálatok akusztikus, elektromos ill. mechanikus jellegűek. Az akusztikus vizsgálat alatt a rezonancia pont ellenőrzése, zizegésvizsgálat, valamint frekvencia karakterisztika felvétele értendő. Az első kettő egyedenként, az utóbbi szúrópróbával végzendő. Az elektromos vizsgálatok során az impedancia menet felvétele, valamint az egyenáramú ellenállás mérése történik. A mechanikus ellenőrzés során azt vizsgálják, hogy az adott típusnak megfelelő terhelés hatására „verődik-e" a hangszóró vagy sem. Verődés alatt azt a jelenséget értjük, amikor a lengőtekercs vége maximális kitérésnél a vasmagra ráverődik. Másrészt a hangszórókat 10—12 óráig tartó állandó terhelésnek vetik alá 50 Hz-en, ezalatt főként a kivezető kábelek épségét vizsgálják. A hangszórók minőségének igen fontos jellemzője a légrés-indukció. Ennek ellenőrzése ballisztikus galvanométerrel és kifejezetten erre a célra készített tekerccsel történik. A tekercset a légrésbe helyezik és a vasmag tengelyével párhuzamosan adott hosszon elmozdítják. A tekercsen az elmozdulással és a légrésindukcióval arányos áram folyik keresztül, melyet ballisztikus galvanométer jelez. Adott elmozdulás esetén a galvanométer kitérése a légrés indukcióval arányos.

Fentiekben rövid áttekintését adtuk a hangszórók tömeggyártási menetének, a gyártás közben előforduló problémáknak és azok megoldásainak.

Végezetül köszönetet mondok Haskó Ferenc és Kecskés Ferenc kartársaknak akik a szöveg átnézésével és hasznos tanácsaikkal igen értékes segítséget nyújtottak.

IRODALOM

1. *Huszty Dénes:* Korszerű kemény mágneses anyagok, mágneskörök méretezése. Magyar Híradástechnika 1955. 2. sz.
2. *Huszty Dénes:* A közvetlen sugárzó dinamikus hangszóró elmélete és tervezése. Magyar Híradástechnika 1955. 4. 5. sz.
3. *Huszty Dénes:* Hangszórók. Kép- és hangtechnika 1958. 3. 4. 5. sz.
4. *Baráth Zoltán:* A közvetlen sugárzású dinamikus hangszóró hatásfoka. Magyar Híradástechnika. 1952. 10—12. sz.
5. *Ferdinándy:* Papírgyártás.
6. *Vámos György:* Őrlő berendezések. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása.
7. *Kecskés Ferenc:* Új hazai szélessávú hangszórók és fejlesztésükkel kapcsolatos egyes problémák. Magyar Híradástechnika. 1959. 2. szám.
8. *Beranek L. L.:* Acoustics.

EGYESÜLETI HÍREK

1959. szeptember 29-én „Félvezetők és alkalmazásuk" címmel tanfolyam indult egyesületünkben, 120 résztvevővel. A tanfolyam anyaga jegyzet alakban is megjelenik. A jegyzetek iránt már most igen nagy az érdeklődés.

A tanfolyam anyaga

1. Bevezetés a félvezetők fizikai alapismereteibe; 2. Kristálydiódák és felhasználásuk; 3. Tranzisztorok paraméterei, helyettesítő kapcsolások; 4. Tranzisztorok mérése és vizsgálata; 5. Tranzisztorok alapkapcsolásai: 5/a. szinuszos áramkör; 5/b. nem szinuszos áramkör; 6. Tranzisztorok alkalmazásai (a hallgatók érdeklődési területe szerint három párhuzamos csoportban): 6/a. az erősítésnél és a rádió, illetve televízió vételtechnikában; 6/b. az áviteltechnikában (telefon vonalerősítők és központok, vivőfrekvenciás berendezések ; 6/c. egyéb területeken (feszültségátalakítók stabilizátorok, sugárzásindikátorok, műszerek tsb.).

Nemzetközi Üzemszervezési Kongresszus és Kiállítás Budapesten

A Gépipari Tudományos Egyesület, a Kohó- és Gépipari Minisztérium, a Központi Statisztikai Hivatal és a Pénzügyminisztérium 1959. szeptember 27-től október 1-ig nemzetközi részvétellel üzemszervezési kongresszust rendezett.

A Kongresszus kiváló hazai és külföldi szakértők előadásai alapján tárgyalta az üzem- és ügyvitelszervezés időszerű kérdéseit. A Kongresszus alkalmával üzemszervezési és ügyvitelgépesítési kiállítást is rendeztek a városligeti Petőfi csarnokban.

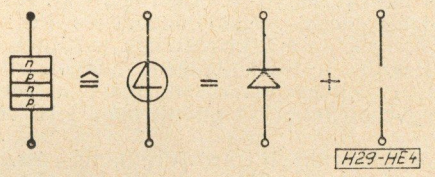
A kiállításon az üzemszervezés általános szervezési kérdéseit ábrázoló gazdag képanyag és grafikus ábrázolássorozat mellett főleg a korszerű ügyvitelgépesítés legkülönfélébb módszereivel találkoztunk. A gépesítési bemutató keretében ismertették a legfejlettebb magyar ügyvitelgépesítési megoldásokat, kisgép-kombinációk, középgépek és lyukkártya berendezések alkalmazásával.

A magyar ipar termékei mellett külföldi kiállítók is igen jelentős gépparkot vonultattak fel. Láttuk az összes NDK-beli irodagépgyárak és a cseh irodagépgyártás termékeit, a jénai Zeiss gyár, a francia Bull, a nyugatnémet National, több svéd és az olasz Riv gyár gépspecialitásait.

SZEMLE

Összeállította: Hargitai Endre

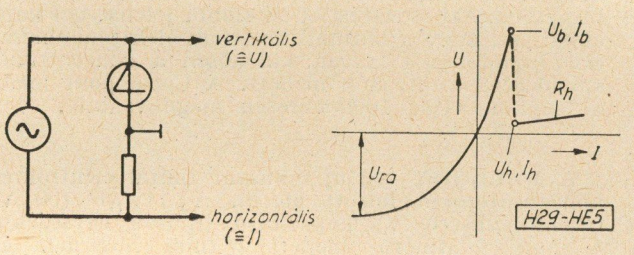
A félvezetőkutatás nagy eredményeit tovább gazdagította a Nobel díjas Shockley, az általa legújabban kifejlesztett négyrétegű diódával. Ez a sziliciumdióda vezérelhető kapcsolóként alkalmazható, mert két stabil állapota van. „Nyitott" helyzetben ellenállása 10—100 MΩ, „zárt" állapotban pedig 3—30Ω ellenállású. Ez a diódatípus elvében eltér a már korábban kifejlesztett „Solid State Thyratron"-tól, mert két állapotát nem külön elektródokról kell vezérelni. Ez a kapcsoló kétpólus az átfolyó áram vagy a rákapcsolt feszültség nagyságának függvényében vált át egyik állapotából a másikba. Az új dióda javasolt szimbólumát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

A négyrétegű dióda jelleggörbéjét 50 Hz mellett a 2. ábrán látható kapcsolással vették fel.

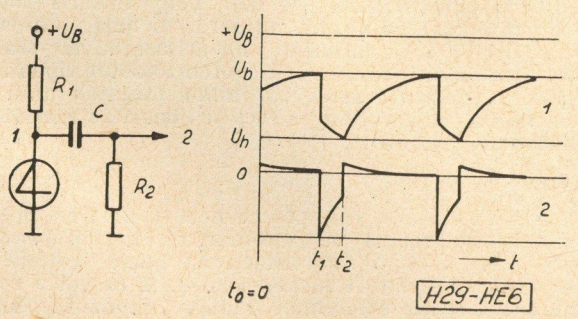
Ha a dióda kapcsain levő feszültség nagyobb, mint U_b, a dióda nagyellenállású állapotából átvált a kisellenállásúba: zár. Feltétel ekkor, hogy legalább I_h áram átfolyjon, mely a zárt állapotot fenntartja. Ha az I_h áramnál kisebb áram folyik, akkor a dióda visszavált nagyellenállású állapotába. A dióda egyenáramú ellenállása nem lineáris.



2. ábra

A diódára az U_b, I_b és U_h, I_h értékei jellemzőek. A Shockley Semiconductor Laboratory által előállított diódáknál $R_h = 1—20\ \Omega$, $U_h = 1 \ldots 2$ V és $U_b = 20 \ldots 50$ V, az $I_b =$ néhány μA. Az 1 Ω-os diódák 50 mA-ig terhelhetőek, de ha hűtésük különleges megoldású, akkor ennek arányában lényegesen jobban terhelhetőek.

A négyrétegű dióda különösen impulzus kapcsolások céljaira alkalmas. Példaként néhány érdekesebb kapcsolást mutatunk be.



3. ábra. Fűrészrezgés generátor

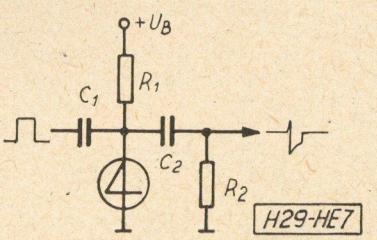
Az U_B telepfeszültségnek nagyobbnak kell lennie, mint az U_b kapcsolófeszültség, az R_1 ellenállás értéke akkora, hogy a dióda kisellenállású állapotában az átfolyó áramot I_h érték alá korlátozza. $t_0 = 0$ időpillanatban a dióda nyitott, a C kondenzátor R_1 és R_2 ellenállásokon át feltöltődik. U_b feszültségnél a dióda zár (t_1) mielőtt még a kondenzátor teljesen feltöltődött volna; az R_2 ellenálláson $U_b — U_h$ feszültség lesz. A kondenzátor ekkor R_2-n és a kisellenállású diódán keresztül kisül, annyira, amíg az áramerősség I_h alá csökken (t_2). Ekkor a dióda átkapcsol és kezdődik elölről a folyamat. A töltés időállandója:

$$\tau_a = C\,(R_1 + R_2)$$

míg a kisütésé:

$$\tau_e = C\,(R_h + R_2)$$

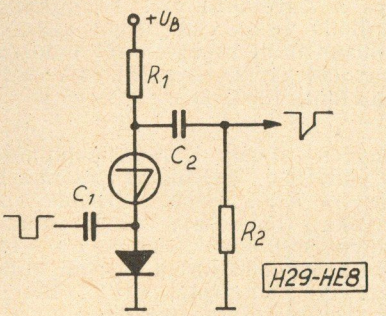
Az R_2-ről levehető feszültség meredekségi tényezője 10... 100 ns nagyságrendű. A négyrétegű diódával több MHz frekvenciájú fűrészrezgés állítható elő.



4. ábra

A 4. ábrán látható kapcsolásnál U_B kisebb kell, hogy legyen, mint U_b, ezzel a dióda mindaddig nagy ellenállású állapotában marad, míg a C_1 kondenzátoron pozitív impulzus nem érkezik, mely az U_b érték fölé növeli a dióda feszültségét. A további működés azonos az előző példáéval. A kapcsolás bemenőimpedanciája viszonylag kicsi.

Az 5. ábrán szemléltetett kapcsolás bemenőimpedanciája nagy. Ez a kapcsolás a négyrétegű diódával egy azonosan polarizált germániumdiódát sorosan alkalmaz. Az impedanciát a nyitott négyrétegű dióda ellenállásának és a vele párhuzamosan kapcsolódó germániumdióda záróirányú ellenállásának eredője határozza meg. E kapcsolásnál is kisebb U_B mint U_b, a vezérlés negatív impulzusokkal végzendő.

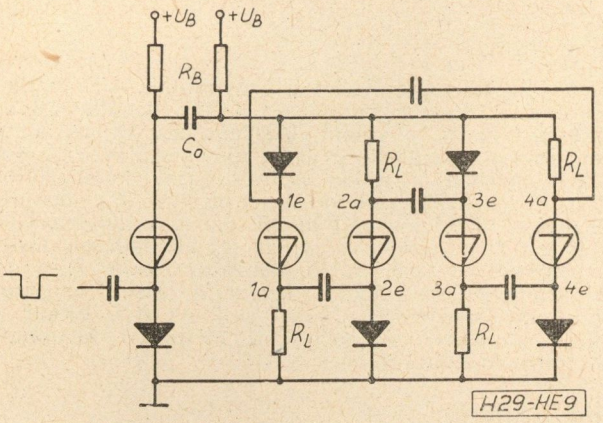


5. ábra

Az 5. ábra kapcsolásának továbbfejlesztéseként gyűrűs számolóegység alakítható ki, melyet a 6. ábra szemléltet.

Az egység bemeneti része azonos az 5. ábrán láthatóéval, melyet négyfokozatú gyűrűs számolókapcsolás követ (a fokozatok száma tetszés szerint növelhető).

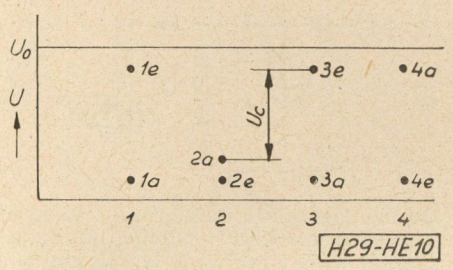
Ha a bemenőkör diódáját negatív impulzus a kisellenállású állapotba hozza, az U_0 indulási feszültség a gyűrűs részben annyira lecsökken, hogy a négy



6. ábra

dióda árama az I_h érték alá csökken és így mind átkapcsolódnak a nagyellenállású állapotba.

A négy dióda közül például a 2-es számút kisellenállású állapotban levőnek feltételezve, a kapcsolás különböző pontjain levő feszültségek a 7. ábrán szemléltetett módon alakulnak.



7. ábra. Vezérelt fűrészrezgésgenerátor

A nyitott állapotban levő diódákon igen kis áram folyik, mely az R_L ellenálláson feszültségesést létesít. Ha a bemenőkört impulzus éri és annak diódáját kisellenállásúra állítja át, az U_0 feszültség majdnem 0 értékre csökken, miáltal a 2-es dióda átvált nagyellenállású állapotba. A C_0 kondenzátor ekkor feltöltődik és a *2a* és *3c* pontok közötti U_C feszültséggel együtt túllépi a 3-as diódánál az U_0 feszültséget, mely ennek hatására átkapcsol. Belátható, hogy minden egyes bemeneti impulzus hatására a négy dióda közül balról jobbra haladva egyik kinyílik és a következő zár. Jelen kapcsolásban a negyedik dióda vissza van hurkolva az elsőre s így négy impulzus után ismét elölről indul a folyamat. Ez a kapcsolás gyors, egyszerű és olcsó.
(El. Rundschau, 1959. II.)

*

Közismerten kiváló híradástechnikai szigetelőanyag a polietilén, de alkalmazásának határt szab viszonylag kis hőállósága. Újabban a polietilén gyártmányokat radioaktív sugárzásnak teszik ki s ezzel lágyulási hőfokuk eléri a 130—140 C°-ot is. Ez a kezelés azonban drága és nem mindig valósítható meg. A politetrafluoretilén már lényegesen magasabb lágyulási hőmérsékletű anyag, de körülbelül négyszer drágább a polietilénnél. Mivel a híradástechnika számára szükséges kisveszteségű és emellett olcsó termoplasztikus műanyagok megkívánt üzemi hőmérséklete 150 C°, eziránybon indult meg a kutatás. Az olaszországi MONTECATINI vegyigyár körülbelül másfél éve új hőre lágyuló szigetelő műanyagot dolgozott ki. Ez az új anyag a polipropilén, mely nem igényel új gyártási berendezéseket sem. A polipropilén hőállósága (üzemi hőmérséklete) 150 C°, egyéb jellemzői a polietilénétől nem térnek el lényegesen. Előállítási ára valamivel nagyobb, mint a polietiléné, mert a kiinduló anyag a propilén is drágább, mint az etilén. (Electronics, 1958. XII.)

*

A bombayi és újdelhii repülőterek részére a TELEFUNKEN cég precíziós radarberendezéseket szállít.

*

1958. év végén az USA-ban 450 000 színes televízió készülék volt üzemben. Ezzel szemben a fekete-fehér készülékek száma 48 millió. A színes készülékek valószínűleg azért nem terjedtek el jobban, mert rendszeresen csak egyetlen színes adó sugároz heti 10 órában. (El. Rundschau, 1959. II.)

*

A norvég postaigazgatás a MARCONI cégnél rendelte meg deciméteres hírközlő hálózatát. Az országos hálózat négy részletben épült ki. A legutóbbi megrendelés négy végállomásból és két ismétlőből áll, melyek az északi részeken kerülnek üzembe. Északon eddig a telefonhálózat nagyon ritka volt; egyrészt a hegyes vidék, másrészt a zord klíma miatt légvezetékeket kiépíteni nem lett volna célszerű.

A most kiépülő ultrarövidhullámú összeköttetések hossza 320 km, Hammerfest, Honnigsvag, Berlevag és Vardö végállomásokkal. Az alkalmazásra kerülő végberendezések MARCONI HM 100-as, az ismétlőállomások HM 150 típusúak és 48 csatorna átvitelére alkalmasak.

*

A BUREAU OF STANDARDS a báriumtitanátok érdekes tulajdonságaira jött rá. Például elektromos számoló gépekben alkalmazott $BaTiO_3$ memóriaelemek szabalytalanul elveszítik információtároló képességüket. A kutatások azt mutatták, hogy a „feledékenység"az elektródaelrendezés módjával van összefüggésben. Azt fedezték fel az előbbi jelenséggel kapcsolatban, hogy a báriumtitanátnak elektrolumineszcens tulajdonsága is van; különösen a koncentrikus elrendezésű elektródok mellett. A Curie pont felett a fénykibocsátás 1000-szeresen megnövekszik.

*

A MALLORY cég új miniatür tantál elektrolites kondenzátorokat hozott piacra. A 11 μF (90 V) és 140 μF (6 V) kapacitású típusok egységesen 4 mm átmérő mellett 6 mm hosszúak és —55 ... + 85 C° között üzemképesek, 2000 Hz-ig, 20 g maximális gyorsuláshatárig.

*

A Bell konszern 1959-ben meglevő gyárainak korszerűsítésére kereken kétmilliárd dollárt invesztált be.

*

A NEW-ENGLAND INSTRUMENT CO. olyan potenciométert hozott ki, melynek ellenálláspályája tömör vezető műanyagból készül. A műanyagpálya homogénitása gyártáskor könnyen változtatható s így tetszés szerinti jelleggörbék alakíthatók ki. A gyártás pontosságára jellemző, hogy lineáris potenciométereket 11,5 mm átmérő mellett (miniatür kivitel) 0,04% garantált linearitáshibával szállít. A vizsgálatok során ez a potenciométer típus igen jónak bizonyult, mert 35 millió forgatás után az ellenállás, a zörejtényező és a linearitás észrevehetően nem változott.

*

A SYLVANIA cég piacra hozott 6DY7 típusjelzéssel egy kettős végpentódát. E kettős pentóda 2×6 W kimenő teljesítményű, közös katódú és segédrácsú; feszített ráccsal készül. A csövet a rohamosan terjedő sztereofon rádióvevőkhöz és lemezjátszó erősítőkhöz tervezték.

Nagy hő- és mechanikai igénybevételeknek kitett, igen kisméretű készülékekben a félvezető alkatrészek egyelőre nem alkalmazhatók. Ezért ilyen helyekre különleges kivitelű elektroncsöveket építenek be.

Ilyen pl. a General Electric gyártmányú 7077 típusjelzésű trióda. amely nagy erősítés mellett kis zajtényezőjével, továbbá mikrominiatűr méreteivel és hőállóságával tűnik ki.

A cső elektromos jellemzői a következők:

meredekség	10	mA/V
erősítési tényező	90	
rács-anód kapacitás	1	pF
ekvivalens zajellenállás	285	Ω
ekvivalens zajvezetőképesség (425 MHz-nél)	3120	/μS
optimális terhelő ellenállás	300	Ω
földelt rács bemeneti ellenállás	200	Ω
földelt rács erősítés nyereség	16,5	dB
beiktatási kapacitás (közbenső fokozatban)	4	pF
anód terhelő ellenállás (Δf = 50 MHz)	800	Ω

A kerámia konstrukciójú csövet az 8. ábra szemlélteti.

A csövet nyomtatott áramkörbe közvetlenül be lehet forrasztani, ami két előnnyel jár: a bekötési szórt kapacitások minimálisak és a szerelőlemezzel mereven összeépített cső mechanikai igénybevételekkel szemben kevésbé érzékeny.

A General Electric 7077-es mikrominiatűr síktriódájához hasonló felépítéssel kisebb áramköri egységeket is készítenek. Ezek az úgynevezett mikromodulok* fűtés nélküli elektroncsöveket tartalmaznak. Az egységek nagy előnye, hogy külön hűtésükről nem kell gondoskodni, sőt a készülék belső hőtermelése összhatásfokukat növeli; az egységet ugyanis éppen hevíteni kell.

A mikromodulok kerámiagyűrűkből és titán alkatrészekből vannak összeépítve, amelyek összeforrasztása vákuumban 1000 C° hőmérsékleten történik.

A mikromodul átmérőjét a cső anódárama és az üzemi hőmérséklet határozza meg. A kidolgozott típus 580 C° hőmérsékleten 2 mA anódárammal működik és ehhez mérten a katódlemez felülete kereken 0,2 cm².

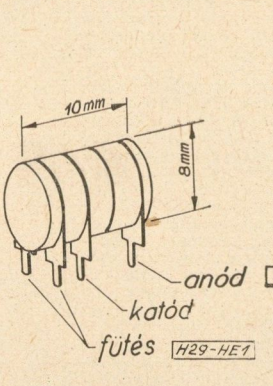
Az úgynevezett kemence triódák** jelleggörbéi eltérnek a közönséges elektroncsövekétől. Az anódfeszültség-anódáram karakterisztika 0 volt előfeszültség mellett nem nagyon meredek, sőt kialakítható a cső oly módon is, hogy 0 volt előfeszültség mellett már le is zárhat (Ia = 0). Ezért a bemenőkör közvetlenül a rácsra és katódra csatlakozik, anélkül, hogy a csőnek előfeszültséget kellene biztosítani (telepből vagy katódellenállással).

Az ellenállást a kerámiai szigetelő gyűrű belső felületére fémgőzölik. A rétegvastagságtól függően 1 Ω és 0,5 MΩ között bármely érték beállítható. Ez az ellenállástípus 700 C° hőmérsékletig használható.

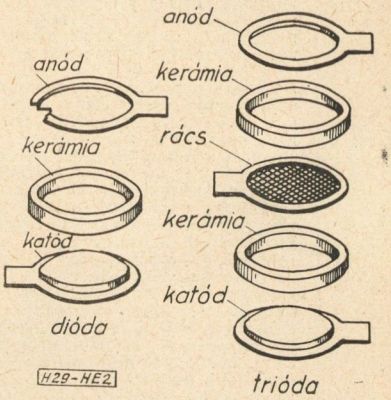
A kondenzátorokat a szigetelt fémrészek természetes kapacitásai képezik, de szükség szerint szintetikus csillámlapok behelyezésével (melyek dielektromos állandója hétszer nagyobb a vákuuménál) a kapacitás növelhető. Ezek a csillámkondenzátorok 1000 C°-ig használhatók és ilyen magas hőmérséklet mellett is értéktartóak.

Tekercseket általában csak több száz MHz frekvenciasávra készítik 500C° hőállósággal. Ezeket is a titán alkatrészek megfelelő alakú kiképzésével nyerik. Vasmagos tekercseket csakis különleges ferritekből lehet készíteni, melyek Curie hőmérséklete a tekercs üzemi hőmérséklete fölött van. A tekercsek azonban még fejlesztés alatt állanak.

A 9. ábra a síkdióda és a síktrióda részeit és összeépítését szemlélteti.

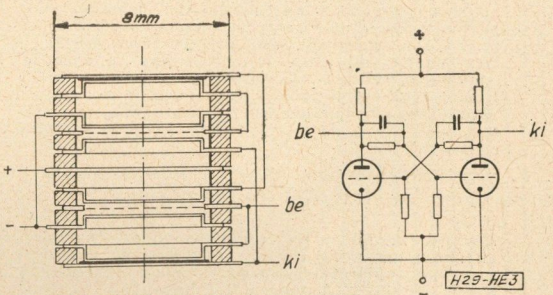


8. ábra



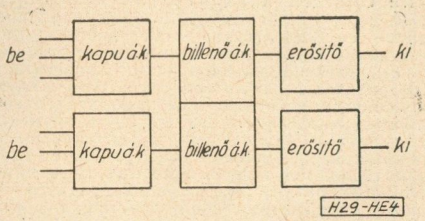
9. ábra

A 10. ábra az ismertetett elemekből mikromodul rendszerben felépített billegő áramkört (négyszög generátort) szemléltet.



10. ábra

A megoldás valamint a kis méretek meglepőek. Ehhez hasonlóan komplex áramkörök, sőt nagyobb funkcionális egységek is összeépíthetők. Például, egy hat építőelemes áramköri egységet a 11. ábra szemléltet. Ezek közül kettő 6 bemenőkört és ezeknek megfelelő kapuáramkört tartalmaz, két 10. ábra szerinti billenő áramkört és két katóderősítőt.



11. ábra

A felsorolt részekből álló logikai áramköri egység összesen 44 alkatelemből áll, melyekből 10 dióda, 14 trióda, 14 ellenállás és 6 kondenzátor. A logikai áramköri egység átmérője 8 mm, magassága 65 mm. A kivezetések átkötéseit ügyesen elrendezve 12 × 12 mm keresztmetszetben elfér az egész egység. Tehát 44 alkatelem elhelyezhető 9,4 cm³-ben, vagyis ilyen feltételek mellett a fajlagos alkatelemsűrűség 4680 darab/dm³.

Fentiekből látható, hogy a méretcsökkentés nem kizárólag a tranzisztorok útján érhető el, mert az elektroncsövek fejlődése is tartogat lehetőségeket. Jelen esetben a feladatot tranzisztorokkal nem is lehetett volna megoldani.

*TIMM- Thermionic Integrated Mikro- modules

*A fűtőszál nélküli, kerámiagyűrűkből összeépített elektroncsöveket angolul oven tube-nak nevezik, mert működésük csak úgy biztosítható, ha az egész csövet 300 — 600 C° hőmérsékletű térbe helyezik.

Обобщение на русском языке

Д. Фодор: Реактивное сопротивление слоистых проводников.

Общеизвестно, что переменный ток распределяется неравномерно по поперечному сечению проводника. Вследствие этого потери в проводнике, т. е. реактивное сопротивление провода увеличиваются. Сопротивление может быть уменьшено путём применения поверхностного слоя повышенной проводимости.

В статье показывается, что при подходящем выборе толщины слоя сопротивление имеет минимум, который меньше значения, полученного в случае изготовления всего проводника из материала повышенной проводимости. Предельные значения внутреннего реактивного сопротивления также могут быть вычислены. Вычисление относится к плоскостному расположению, но коэффициенты коррекции по проводникам имеющим поперечное сечение круговой формы также определены, причём применяются формулы, удобные для вычислений. Автором рассматривалась зависимость активного и реактивного сопротивлений от толщины и состава слоёв для проводников, изготовленных с двойным покрытием. Реактивное сопротивление не может быть сокращено применением двойного слоя, наоборот, при очень тонком поверхностном покрытии реактивное сопротивление больше сопротивления плотного проводника.

Ф. Кардош: О некоторых применениях этилового силиката в вакуумной технике.

Этиловый силикат марки 40 может быть применён в вакуумной технике для разных целей. Двуокись кремния (SiO_2) выделяющаяся в результате гидролитического и термического распада, используется для геттерирования или, производимые из неё силикаты — для производства люминесцентного порошка. Без изменения используется двуокись кремния в качестве фиксирующего материала при крашении лампочек изготовляемых со внутренней окраской, а также для крепления оксидных катодов в люминесцентных трубках. Используется с подобной целью для обеспечения прилипания металлических проводниковых полосов, нанесённых на изолятор вне вакуумного пространства.

К. Г. Чепреги: Методы измерений и аппаратура для телевизионного (основного) диапазона микроволновых связей.

Увеличение числа международного обмена телевизионными программами и широкое применение многоканальной микроволновой телефонной связи требует дальнейшего развития методов измерений по микроволновым цепям.

Настоящая статья освещает вопросы методов измерения и измерительных приборов для телевизионного (основного) диапазона длинных микроволновых цепей. Эти измерительные приборы должны соответствовать более жёстким требованиям, чем приборы телевизионных станций, в результате чего аппаратура имеет сравнительно сложную конструкцию. В статье также излагаются многочисленные виды измерительных сигналов и измерения, проводимые ими, даются принципиальные электрические схемы приборов и описывается метод контрольных рядов.

И. Фаркаш, З. Вайда: Ламповый вольтметр для измерения средней квадратичной величины.

Измерение средней квадратичной величины на основе ее физического определения (приборы с термокрестом, тепловые приборы) и контурными узлами, имеющими квадратичную характеристику. Квадратичные характеристики получаются от диодов-полупроводников, от приблизительной параболы, состоящейся из отрезков прямых, от квадратичных диапазонов характеристик электронных ламп. Двойной триод с общим рабочим сопротивлением, получающим питание в противоположных фазах, в качестве квадратичного лампового вольтметра. Преимущества, недостатки. Расчет контура — выбор типа электронной лампы, места рабочей точки, определение чувствительности. Результаты измерений.

Р. Карчаи: Массовое производство громкоговорителей.

В статье дается обзор по деталям громкоговорителей, излагаются технологические процессы их производства и сборки, физическая и конструкционная роль отдельных деталей. Подробно разъясняется процесс помола сырья для производства мембрана, в том числе и механизм этого процесса. В конце статьи коротко описываются методы измерения для определения качества громкоговорителей.

Zusammenfassungen in deutscher Sprache

Gy. Fodor : Weschelstromimpedanz von Schichtleitern.

Es ist allbekannt, dass sich der Wechselstrom im Querschnitt der Leitung verteilt. Demzufolge wächst der in der Leitung auftretende Verlust, das heisst der Wechselstromwiderstand der Leitung an. Der Widerstand kann durch Anwendung einer Oberflächenschicht besserer Leitfähigkeit vermindert werden. Der Artikel weist darauf hin, dass im Falle entsprechender Schichtdicke der Widerstand ein Minimum erreicht, welches geringer ist als wenn die ganze Leitung aus einem Material besserer Leitungsfähigkeit bestände. Auch die Extremwerte des inneren Wechselstromwiderstandes können bestimmt werden. Die Berechnung bezieht sich auf eine ebene Anordnung, die Korrektionsfaktoren wurden aber auch bezüglich einer Leitung von rundem Querschnitt bestimmt und in einer vom Gesichtspunkt der Berechnungstechnik gut zu handhabenden Form aufgeschrieben. Der Verfasser prüfte die Abhängigkeit des Widerstandes und der Reaktanz der Leitungen mit Doppelüberzug von der Dicke und dem Material der Schichten. Der Wechselstromwiderstand kann durch eine doppelte Schicht nicht vermindert werden, im Falle von zu dünnem oberflächlichem Belag vergrössert er sich sogar im Vergleich zum Widerstand der massiven Leitung.

F. Kardos : Manche Verwendungen des Aethylsilikats in der Vakuumtechnik.

Aethylsilikat 40 kann in der Vakuumtechnik für mehrere Zwecke verwendet werden. Das durch den hydrolytischen und thermischen Zerfall frei gewordene SiO_2 kann zu Getterzwecken benutzt werden, wird es aber zu Silikat umgewandelt, so wird es zwecks Leuchtstoffpulverfabrikation verwendet. Das SiO_2 ohne Umwandlung wird als Bindemittel zum Fixieren der Farbstoffe der innen gefärbten Lampen und zum Fixieren der Oxydkathode der Lichtröhrenlampen gebraucht. Zu gleichem Zwecke wird es zum ein entsprechendes Haften sichernden Aufbringen des Metalles von leitenden Streifen ausserhalb des Vakuumraumes verwendet.

K. H. Csepregi : Methoden und Einrichtungen zum Messen von TV-Bändern der Mikrowellen-Verbindungen.

Das Wachstum der Zahl des internationalen Televisionsprogrammaustausches und die grosse Entwicklung der Mikrowellen-Mehrfachkanal-Fernsprechverbindung wirft die Entwickelungsfragen der Messmethode der Richtstrahlverbindung auf. Der Artikel beschäftigt sich mit der Messmethode und den Messinstrumenten des TV-Bandes der Richtstrahlverbindungen auf grosse Entfernungen. Diese Messinstrumente sind ziemlich kompliziert, denn sie müssen strengere Forderungen erfüllen wie z. B. die Messgeräte der Fernsehstudios. Der Artikel beschreibt die zahlreichen Sorten der „test signals" und die mit ihnen durchführbare Messungen. Der Autor behandelt ausführlich die Systeme der Instrumente und endlich beschäftigt er sich auch mit dem Prüfzeilenverfahren.

I. Farkas—Z. Vajda: Den Effektivwert anzeigendes Röhrenvoltmeter.

Die Messung des Effektivwertes auf Grund physikalischer Definition (Thermokreuzmessgeräte, Hitzdrahtinstrumente) und mit quadratische Kennlinie besitzende Schaltelementen. Die Darstellung der quadratischen Kennlinie: Halbleiterdioden, aus Geraden zusammengestellte Näherungsparabeln, quadratische Sektionen der Kennlinien. Gegenphasig gespeiste Doppeltriode mit gemeinsamem Arbeitswiderstand als quadratisches Voltmeter, dessen Vorteile und Nachteile. Dimensionierung der Schaltung; Auswahl der Röhre, die Angabe des Arbeitspunktes. Bestimmung der Empfindlichkeit. Messergebnisse.

R. Karcsay: Die Massenproduktion der Lautsprecher.

Der Artikel gibt eine Übersicht über die Bestandteile der Lausprecher, macht die technologische Vorgangsweise derer Fabrikation und Zusammenbau bekannt, und beschreibt in einer notwendigen Masse die physikalische und konstruktive Rolle der einzelnen Bestandteile. Der Autor befasst sich ausführlich mit dem Mahlverfahren des Ausgangsstoffes der Membrane und diesbezüglich schildert er auch den Mechanismus des Mahlens. Schliesslich schildert er kurz die Prüfung der Lautsprecher.

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA
Felelős szerkesztő : Balogh Pál — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, Budapest, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. — Telefon : 113-450
Felelős kiadó : Solt Sándor — Megjelent 1200 példányban
59,9366 Egyetemi Nyomda, Budapest, Dohány utca 12.
Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (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 — Csekkszámlaszám : egyéni 61,254, közületi 61,066 vagy átutalás az MNB 47. sz. folyószámlájára)

Summaries in english

Gy. Fodor : Alternating Current Impedance of Sheeted Conductors.

It is a well known fact, that the alternating current is unevenly distributed in the cross-section of the conductors, where upon the loss appearing in the conductor i. e. the impedance increases. The resistance can be reduced by the use of a surface sheet of a better conductivity. The article presents, that in case of an adequate thickness of the layer the resistance has a minimum which is smaller than that in the case if the whole conductor would consist of a material of better conductivity. The extreme values of the alternating current internal reactance may also be determined. The calculation refers to a plane arrangement, but the correction factors refering to conductors having a circular cross-section are also determined, correction factors noted in a form to be simply handled. The author examined the dependence of the reactance and resistivity of double sheeted conductors upon the thickness and the material of the layer. The impedance can not be reduced by a double layer, moreover by using excesively thin surface sheeting the impedance increases in comparison with the resistivity of solid conductors.

F. Kardos : Certain Applications of Siliconester in the Vacuumtechnique.

"Ethylsilcate 40„ containing more than 40 % of SiO_2 may be used for various purposes in the vacuumtechnical industry. SiO_2 formed by hydrolyse or thermodissociation from etilsilicate is applicable as getter. Converted to metal silicate it may be used in the manufacturing of phosphor. SiO_2 film formed from "Es 40„ without transformation may be used as a binder to fixe the dyestuff of the insidecoated lamp and the oxide-cathod layer of the luminescent tube. It is applied outside the vacuumspace as a binder between the glass and the metalpowderpart of a conduction-stripe the latter being painted on a glass surface.

K. H. Csepregi : Measuring Methods and Instruments of Television Band of Micro-Wave Communications.

The increasing number of the international TV-program exchange and the large scale development of micro-wave multichannel telephonic communications raises the questions of development of the measuring methods of micro-wave links.
The article deals with the measuring methods and measuring instruments of the television band of long-distance micro-wave links. These measuring instruments have to complete more severe requirements, than the instruments of TV-studio might, and therefore they are rather complicated. The article presents the numerous types of the test signals and measurements to be carried out with them. It further discusses in outlines the system of instruments and finally treats the procedure of test links.

I. Farkas—Z. Vajda: R. M. S. indicating VTVM.

Measurement of RMS-value on the basis of physical definition (thermocouple instruments, hot-wire meter) and with circuit components of quadratic characteristics. Production of quadratic characteristics: semi-conductor diodes, parabola approximation by a polygon, quadratic section of tube characteristics. Antiphase fed twin triode with commone plate resistor as a quadratic detector. Its advantages and disadvantages. Circuit design: Selection of tubes, fixing of operating point, determination of sensitivity. Results.

R. Karcsay: Mass Production of Loudspeakers.

The paper gives a survey of the components of the loudspeakers, describes the technological procedure of their manufactoring and mounting and touches to a necessary extent the physical and constructive role of certain components. The author introduces in details the beating process of the basic material of membrane and with this in connection presents the mechanism of beating. Finally he gives a brief survey of the testing of loudspeakers.

Resumés en francais

Gy. Fodor : L'impédance à courant alternatif des conducteurs de plusieurs couches.

Il est bien connu que le courant alternatif se partage inégalement dans la coupe du conducteur, et que, en conséquence la perte dans le conducteur, c'est à dire la résistance contre le courant alternatif s'augmente. La résistance peut etre diminuée par l'application d'une couche extérieure d'une meilleure conductibilité. L'article démontre qu'en cas d'une épaisseur convenable de la couche la résistance a une valeur minimum, laquelle est inférieure à celle d'un conducteur fait d'une matiere massive d'une meilleur conductivité. On peut définir aussi les valeurs extrèmes de la réactance intérieure d'un courant alternatif. Le calcule se rapporte à une surface plate, mais les facteurs correctifs concernant les coupes circulaires sont aussi définis d'un maniement simple. L'auteur a examiné la dépendence entre l'épaisseur et la matière de la couche et entre la résistance et la réactance de conducteurs à couche doubles. La résistance contre le courant alternatif ne peut pas etre diminuée par couche double, de plus, en cas de couches trop minces, la résistance s'augment par rapport à la résistance d'un conducteur massif.

F. Kardos : Quelques application de l'éthyle silicate, dans la technique du vide.

L'éthyle silicate 40 est appliqué dans la technique du vide à différents buts. Le SiO_2 dégagé par la décomposition hydrolitique et thermique est appliqué pour faire les getters, puis, transformé en silicate, on peut l'employer à la fabrication de la poudre luminescente. Le SiO_2 est appliqué sans transformation comme agglomérat pour fixer les matières colorantes des lampes intérieurement colorées et pour fixer les oxycathodes des lampes tubulaires à fluorescence. On l'emploie même pour la solide fixation de la lanière conductrice.

K. H. Csepregi : Les méthodes et les intstruments de la mesure de la bande de télévision des communications à micro-onde.

L'accroissement des échanges internationaux des programmes de télévision et le grand développement des communications téléphoniques à canaux multiples met sur le tapis les questions de modernisation de la méthode de la mesure de la ligne de transmission à micro-onde. L'article s'occu e de la méthode et des instruments de mesure de la bande de télévision des lignes de transmission à micro-onde de grande distance. Ces instruments doivent satisfair des exigences plus sévères comme par exemple des instruments de studiod 'emission de télévision et c'est pourquoi ils sont assez compliqués. L'auteur présente aussi de nombreux types de «test signals», les mesures éxecutées par eux, il discute en grandes lignes les systèmes des instruments et en fin il s'occupe de la procedure de »test link«.

I. Farkas—Z. Vajda: Voltmètre à tube pour mesurer la valeur effective.

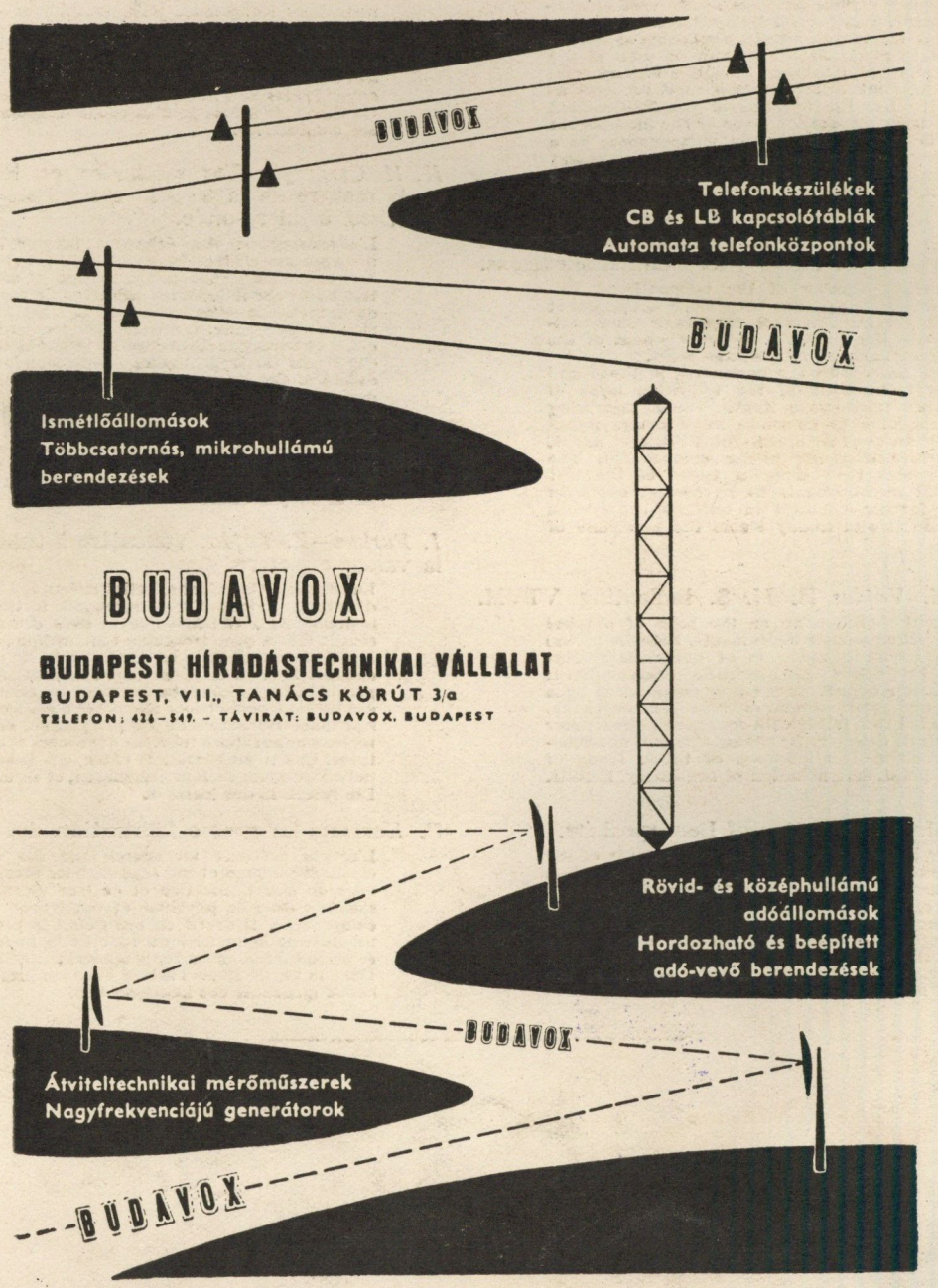
La mesure de la valeur effective exécutée à la base de la définition physique (des appareils à thermocouple, instruments à fil thermique) et avec des éléments de circuit d'une caractéristique quadratique. La production de la caractéristique quadratique: les diodes semiconductrices, un polygone pour l'approximation d'une parabole, les sections quadratiques des caractéristiques des tubes. Double triode alimentée à contre phase avec résistance commune du circuit plaque, comme voltmètre quadratique à tube. Ses avantages et ses désavantages. Calcul du circuit: le choix des tubes, détermination du point de fonctionnement, et de la sensibilité. Les résultats des mesures.

R. Karcsay: La grosse fabrication des haut-parleurs.

L'article présente un aperçu sur des composants des haut-parleurs et fait connaître les procédés techniques de leur fabrication et de leur montage, puis il s'occupe du rôle physique et constructif de certains composants. Il décrit en son détail le procédé de la mouture de la matière du base de la membrane et à ce propos il fait connaître le mécanisme de la mouture. Dans la partie finale l'article offre un bref aperçu sur l'essai qualitatif des haut-parleurs.

Példányonkénti eladási ára : 5,— Ft

Különféle kondenzátorok és %-os rétegellenállások és potenciométerek nagy választékban — engedménnyel — kaphatók az

„INKURRENCIA" KSZ. Vállalatnál

BUDAPEST, VI., NÉPKÖZTÁRSASÁG U. 54-56
Telefon: 127-645, 118-652