

Vf.

Magyar **HÍRADÁSTECHNIKA**

6

Magyar

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Felelős szerkesztő:

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

Szerkesztő:

Boglár Gyula
XI. Fehérvári út 70.
Telefon: 268-940/150

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:

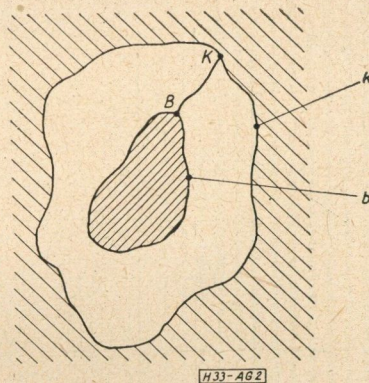
<i>Almássy György:</i> Különleges, TEM móddal működő tápvonal, illetve üregrezonátor számítása.	205
<i>Katona János:</i> Elektrolitikus kondenzátorok fajlagos kapacitásának növelése.	215
<i>Pál Gaszton:</i> Negatív impedanciák alkalmazása áramkörök kéthuzalos erősítésére. (I. rész)	228
<i>Hargitai Endre:</i> Riport a moszkvai kiállításról	235
Szemle	240
Könyvismertetések	242
Обобщение на русском языке	244
Zusammenfassungen in deutscher Sprache	244
Summaries in english	244
Résumés des articles en langue française	B/3



Különleges, TEM móddal működő tápvonal, illetve üregrezonátor számítása

ALMÁSSY GYÖRGY
Távközlési Kutató Intézet

Két síklap között elhelyezett hengeres belső vezető tartalmazó TEM móddal működő tápvonal elektromos adatainak számítása. A tápvonalban kialakult elektromos és mágneses térerősség meghatározása a tükrözési elmélet segítségével. A hullámellenállás, faláram és a tápvonal veszteségének kiszámítása. A tápvonalból kialakított üregrezonátor jósági tényezőjének levezetése. A belső vezető excentricitásának hatása a tápvonal hullámellenállására, illetve a belőle kialakított üreg jósági tényezőjére.



1. ábra. Általános TEM móddal működő tápvonal

A mikrohullámok technikájában gyakran alkalmaznak olyan TEM móddal működő tápvonalat, amely egy köralakú belső vezetőt körülvevő két síklapból áll. Ennek a tápvonal típusnak számos előnyös tulajdonsága van:

- a) Nem sugároz, annak ellenére, hogy teljesen nyitott, ha a magassága a szélességének elegendő számú többszöröse;
- b) az ilyen tápvonalból kialakított készülékben adott elektromos követelményeket lazább tűrésekkel lehet elérni;
- c) előállítása egyszerű.

A gyakorlatban elsősorban állóhullámmérőket készítenek ebből a tápvonal típusból: ilyen tápvonal típusal működik pl. a magyar gyártmányú ORION-FMV 1653 típusú, az amerikai gyártmányú HP 805A típusú és a szovjet gyártmányú ЛНЗ és ЛН4 típusú állóhullámmérő.

Szignálgenerátorok üregrezonátorait is előnyösen lehet ebből a tápvonal típusból kialakítani; ilyen üregrezonátorral működik pl. az amerikai HP 618B típusú szignálgenerátor.

A Távközlési Kutató Intézetben számos különféle mérőeszközt készítünk ebből a tápvonal típusból. Pl. a határoló sík felületek és a belső vezető között egy-egy vékony ellenállásréteggel bevont szigetelő lemezt mozgatva, változtatható csillapítású csillapítót nyerünk. Anyagvizsgálati célokra pedig olyan üregrezonátorokat állítunk elő, amelyek belső vezetője a vizsgálandó próbadarab, amit szigetelő csúcsokkal rögzítünk a síklemezek között.

A külső vezető síklapokkal a náluk sokkal rövidebb belső vezető sehol sem érintkezik.

Az irodalomban számos cikk [1], [2], [3], [4] foglalkozik ennek a tápvonal típusnak a számításával. A cikkek azonban nem nyújtanak teljes felvilágosítást minden tulajdonságára vonatkozólag.

Mivel TEM móddal működő tápvonalat kell megvizsgálni, az elektrosztatika teljes számítási fegyvertára rendelkezésre áll. A legtöbb cikk a koaxiális tápvonalból kiindulva konform leképezés útján határozza meg az új tápvonal jellemző adatait. Ezzel a módszerrel azonban nem lehet teljes képet nyerni, mivel pl. a tápvonal-veszteségek konform leképezéssel nem számíthatók.

Ebben a cikkben olyan számítási módszereket akarunk bemutatni, amelyek más hasonló feladat megoldásánál is alkalmazhatók.

A számításunk kiindulásánál az elektrosztatika tükrözési szabályát használjuk fel.

A veszteségmentes — TEM móddal működő — vonal hullámellenállásának általános definíciója:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

Átalakítva :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{LC}{C^2}} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \frac{\sqrt{\mu \varepsilon}}{C} \quad (2)$$

ahol

Z_0 a tápvonal hullámellenállása,

L a hosszegységre eső induktivitás,

C a hosszegységre eső kapacitás,

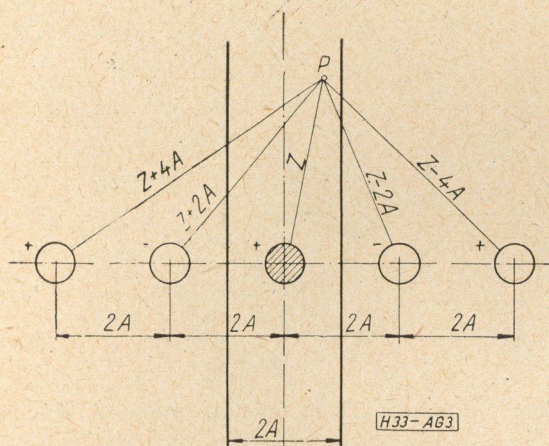
μ a tápvonalat kitöltő anyag mágneses permeabilitása,

ε a tápvonalat kitöltő anyag dielektromos állandója.

A kapacitás definíciója :

$$C = \frac{Q}{U} \quad (3)$$

ahol Q az egységnyi hosszúságú, C kapacitású vonalszakasz töltése; U pedig a vonal vezetői közti feszültség (1. ábra).



2. ábra. A belső vezető tükrözése a külső vezető felületén

Egy $w = u + jv$ komplex függvény valós része jelentse a tápvonalban uralkodó potenciált

$$U = u_2 - u_1 = \int_B^K du \quad (4)$$

A töltést az elektromos eltolási vektor segítségével tudjuk meghatározni.

$$Q = \oint D_n ds \quad (5)$$

ahol Q a töltés, D_n az elektromos eltolási vektornak a zárt görbére merőleges komponense. Az elektromos térerősség (E), az eltolási vektor (D) és az elektromos potenciál (U) közti ismert összefüggés alapján :

$$D = \varepsilon E = \varepsilon \frac{\partial u}{\partial n} \quad (6)$$

$$Q = \varepsilon \oint \frac{\partial u}{\partial n} ds \quad (7)$$

A Cauchy-Riemann tétel szerint ha $w = u + jv$ függvényanalitikus :

$$\frac{\partial u}{\partial n} = \frac{\partial v}{\partial s} \quad (8)$$

Innen

$$Q = \varepsilon \oint_b \frac{\partial v}{\partial s} ds = \varepsilon \oint_b dv \quad (9)$$

Ha a b és k görbék között nincs szinguláris pont :

$$\oint_b = \oint_k \quad (10)$$

(3) egyenletbe U és Q értékét (4) és (9) egyenletekből behelyettesítve :

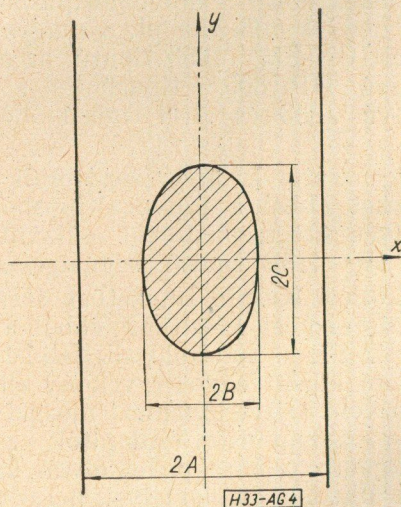
$$C = \frac{\varepsilon \oint_b dv}{\int_B^K du} \quad (11)$$

C értékét (2) egyenletbe behelyettesítve :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \frac{\int_B^K du}{\oint_b dv} \quad (12)$$

Az 1. ábrán látható az új tápvonaltípus. Az elektrosztatika szabályai szerint a sík lapokat tükröző felületnek tekintjük és a végtelen sokszoros tükrözés után kapott kép potenciálját számítjuk ki [5]. A tükrözés után pontsort kapunk. A pozitív és negatív töltésekből alkotott pontsor egyes tagjaitól — a rajz síkjára merőleges elektromos töltésű végtelen vonalaktól — származó potenciálok skalármennyiségek lévén algebrailag összeadhatók. Az egységnyi töltéshez tartozó komplex potenciál, amint ismeretes [6] :

$$w = \ln z \quad (13)$$



3. ábra. Két síklap között elhelyezett belső vezetővel működő tápvonal

Válasszunk ki egy tetszés szerinti z pontot (2. ábra). Az eredő potenciál az egyes töltésektől származó potenciálok összege. A pozitív töltéshez tartozó potenciált pozitív, a negatív

töltéshez tartozó potenciált negatív előjellel kell összeadni. Foglaljuk össze külön a pozitív és külön a negatív töltések potenciálját.

$$\begin{aligned} w = & \dots \ln [z + 2 \cdot 4A] + \ln (z + 1 \cdot 4A) + \ln z + \\ & + \ln (z - 1 \cdot 4A) + \ln (z - 2 \cdot 4A) + \dots + \ln (z - \nu \cdot 4A) - \\ & - \dots - \ln (z + 3 \cdot 2A) - \ln (z + 1 \cdot 2A) - \\ & - \ln (z - 1 \cdot 2A) - \ln (z - 3 \cdot 2A) - \dots - \\ & - \ln [z - (2\nu + 1) 2A] \dots \end{aligned} \quad (14)$$

Mivel a töltés sor szimmetrikus a koordinátarendszer kezdőpontjában elhelyezett pozitív töltésre vonatkoztatva, két tag összegét és különbségét tartalmazó kettős csoportok vonhatók össze, pl.

$$\begin{aligned} \ln (z + 2 \cdot 4A) + \ln (z - 2 \cdot 4A) = \\ \ln = [z^2 - (2 \cdot 4A)^2] \end{aligned} \quad (15)$$

Figyelembe véve a $\ln$ műveleti szabályait:

$$w = \ln \frac{z [z^2 - (4 \cdot A)^2] [z^2 - (2 \cdot 4A)^2] \dots [z^2 - (\nu \cdot 4A)^2] \dots}{[z^2 - (2A)^2] [z^2 - (3 \cdot 2A)^2] \dots [z^2 - \{(2\nu - 1) 2A\}^2] \dots} \quad (16)$$

A számláló és nevező minden egyes tényezőjéből emeljük ki a z^2 mellett álló negatív négyzetet. A kiemelt számokat vonjuk össze:

$$\begin{aligned} w = \ln \frac{z \left[1 - \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \left[1 - \frac{1}{2^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \dots \left[1 - \frac{1}{\nu^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \dots}{\left[1 - \left(\frac{z}{2A} \right)^2 \right] \left[1 - \frac{1}{3^2} \left(\frac{z}{2A} \right)^2 \right] \dots \left[1 - \frac{1}{(2\nu - 1)^2} \left(\frac{z}{2A} \right)^2 \right] \dots} \cdot \\ \cdot \frac{2^2 (2A)^2 \cdot 4^2 (2A)^2 \cdot 6^2 (2A)^2 \dots (2\nu)^2 (2A)^2 \dots}{1^2 (2A)^2 \cdot 3^2 (2A)^2 \dots (2\nu - 1)^2 (2A)^2 \dots} \end{aligned} \quad (17)$$

Kiemelt számtényezők számlálóját és nevezőjét $(2A)^2$ -ekkel egyszerűsíteni lehet; és a nevezőt átalakítva:

$$w = \ln \frac{z \left[1 - \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \left[1 - \frac{1}{2^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \dots \left[1 - \frac{1}{\nu^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \dots}{\left[1 - 4 \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \left[1 - \frac{4}{3^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \dots \left[1 - \frac{4}{(2\nu - 1)^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \dots} \cdot \frac{2^2 \cdot 4^2 \cdot 6^2 \dots (2\nu)^2}{1^2 \cdot 3^2 \dots (2\nu - 1)^2} \quad (18)$$

A végtelen szorzatok szimbolikus jelölését alkalmazva

$$w = \ln \frac{z \prod_{\nu=1}^{\infty} \left[1 - \frac{1}{\nu^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right]}{\prod_{\nu=1}^{\infty} \left[1 - \frac{4}{(2\nu - 1)^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right]} \cdot \frac{\prod_{\nu=1}^{\infty} (2\nu)^2}{\prod_{\nu=1}^{\infty} (2\nu - 1)^2} \quad (19)$$

Az irodalomból ismeretesek az alábbi összefüggések: [7]

$$\sin z = z \prod_{\nu=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z^2}{\nu^2 \pi^2} \right) \quad (20)$$

$$\cos z = \prod_{\nu=1}^{\infty} \left[1 - \frac{4z^2}{(2\nu - 1)^2 \pi^2} \right] \quad (21)$$

$$\prod_{\nu=1}^{\infty} \frac{(2\nu)^2}{(2\nu - 1)^2} = \pi \nu \quad (22)$$

Az előző összefüggéseket figyelembe véve:

$$\sin \frac{\pi z}{4A} = \frac{\pi z}{4A} \prod_{\nu=1}^{\infty} \left[1 - \frac{1}{\nu^2} \left(\frac{z}{4A} \right)^2 \right] \quad (23)$$

$$w = \ln \frac{\frac{4A}{\pi} \sin \frac{\pi z}{4A}}{\cos \frac{\pi z}{4A}} \cdot \pi \nu \quad (24)$$

$$w = \ln 4A \nu \frac{\sin \frac{\pi z}{4A}}{\cos \frac{\pi z}{4A}} = \ln \left(4A \operatorname{tg} \frac{\pi z}{4A} \nu \right) \quad (25)$$

A potenciált egy helyen tetszés szerint előírhatjuk, mivel a potenciálhoz tetszés szerinti állandó adható.

$$w = \ln 4A \nu \operatorname{tg} \frac{\pi z}{4A} + \ln K \quad (26)$$

$$= \ln K 4A \nu \operatorname{tg} \frac{\pi z}{4A} \quad (27)$$

Irjuk elő, hogy a tükröző felületeken 0 legyen a potenciál:

$$z = A, \quad u = 0$$

$$\operatorname{tg} \frac{\pi A}{4A} = \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} = 1 \quad (28)$$

$$\ln K 4A \nu \cdot 1 = 0 \quad (29)$$

Innen

$$K 4A \nu = 1 \quad (30)$$

$$w = \ln \operatorname{tg} \frac{\pi z}{4A} \quad (31)$$

A potenciál a komplex potenciál valós része.

$$u = \operatorname{real} w = \operatorname{real} \ln \operatorname{tg} \frac{\pi z}{4A} \quad (32)$$

$$\operatorname{real} w = \frac{1}{2} (w + w^*)$$

Behelyettesítve:

$$u = \frac{1}{2} \left[\ln \operatorname{tg} \frac{\pi}{4A} z + \ln \operatorname{tg} \frac{\pi}{4A} z^* \right] \quad (33)$$

$$(\operatorname{tg} z)^* = \operatorname{tg} z^*$$

A ln-ra vonatkozó műveleti szabályokat figyelembe véve:

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{2} \ln \left(\operatorname{tg} \frac{\pi}{4A} z \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{4A} z^* \right) = \\ &= \frac{1}{2} \ln \frac{\sin \frac{\pi}{4A} z \cdot \sin \frac{\pi}{4A} z^*}{\cos \frac{\pi}{4A} z \cdot \cos \frac{\pi}{4A} z^*} \end{aligned} \quad (34)$$

A trigonometrikus függvények szorzatára vonatkozó összefüggéseket felhasználva:

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)] \quad (35)$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)] \quad (36)$$

$$u = \frac{1}{2} \ln \frac{\cos \frac{2\pi}{4A} jy - \cos \frac{2\pi}{4A} x}{\cos \frac{2\pi}{4A} jy + \cos \frac{2\pi}{4A} x} \quad (37)$$

$$\operatorname{A} \cos j\alpha = \operatorname{ch} \alpha \quad (38)$$

összefüggést felhasználva:

$$u = \frac{1}{2} \ln \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x} \quad (39)$$

Az elektromos térerősséget a potenciál negatív gradiense adja:

$$E_x = -\frac{\partial u}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial u}{\partial y} \quad (40)$$

$$E_x = -\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{2} \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x} \cdot \frac{\pi}{2A}$$

$$\frac{\sin \frac{\pi}{2A} x \left[\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x \right] + \sin \frac{\pi}{2A} x \left[\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x \right]}{\left(\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x \right)^2} \quad (41)$$

$$E_x = -\frac{\pi}{2A} \frac{\sin \frac{\pi}{2A} x \operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y}{\operatorname{ch}^2 \frac{\pi}{2A} y - \cos^2 \frac{\pi}{2A} x} \quad (42)$$

$$E_y = -\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{2} \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x} \cdot \frac{\pi}{2A}.$$

$$\frac{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2A} y \left[\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x \right] - \operatorname{sh} \frac{\pi}{2A} y \left[\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x \right]}{\left(\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x \right)^2} \quad (43)$$

$$E_y = -\frac{\pi}{2A} \frac{\operatorname{sh} \frac{\pi}{2A} y \cdot \cos \frac{\pi}{2A} x}{\operatorname{ch}^2 \frac{\pi}{2A} y - \cos^2 \frac{\pi}{2A} x} \quad (44)$$

Nívó felületek

$u = \text{const}$ felületek:

$$u = \frac{1}{2} \ln \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x} = \text{állandó} \quad (45)$$

Mivel a logaritmusnak csak a valós értékét vesszük figyelembe, a függvény egyértékű, tehát a logaritmus alatt álló függvény állandó.

$$\frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y - \cos \frac{\pi}{2A} x}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y + \cos \frac{\pi}{2A} x} = a = \text{állandó} \quad (46)$$

Innen:

$$\left(\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y \right) (1 - a) = (1 + a) \cos \frac{\pi}{2A} x \quad (47)$$

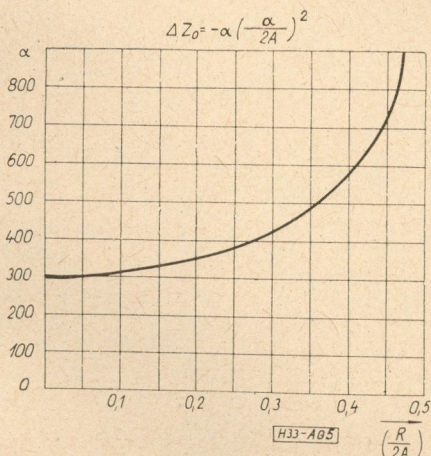
Nézzük meg azt a speciális esetet, amikor $a = 1$

Ekkor a nívó-vonal egyenlete:

$$2 \cos \frac{\pi}{2A} x = 0 \quad (48)$$

innen

$$\frac{\pi}{2A} x = \frac{\pi}{2} \quad x = A \quad (49)$$



4. ábra. Két síklap között elhelyezett belső vezető tartalmazó tápvonal hullámellenállás-változása a belső vezető relatív excentricitásának a függvényében

$$\frac{\pi}{2A} x = -\frac{\pi}{2} \quad x = -A \quad (50)$$

y bármilyen értéke kielégíti a (48) egyenletet, tehát a nívó-vonalak $x = A$, illetve $x = -A$ pontokon átmenő y tengellyel párhuzamos egyenesek.

Legyen $0 < a < 1$, ekkor a nívó-felület ellipszisszerű zárt görbe, amelynek a kis- és nagytengelyei (2B és 2C) az alábbi egyenletekből számíthatók.

Az x tengellyel párhuzamos tengely (3. ábra):

$$y = 0, \quad \cos \frac{\pi}{2A} B = \frac{1 - a}{1 + a} \quad (51)$$

Az y tengellyel párhuzamos tengely:

$$x = 0, \quad \operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} C = \frac{1 + a}{1 - a} \quad (52)$$

egyenletből számítható.

Határozzuk meg a hullámellenállást, ha a tápvonalat

$$a = 1 \quad \text{és} \quad a = a_1, \quad 0 < a_1 < 1$$

ekvipotenciális felületek határolják.

A hullámellenállás (12) egyenlettel megadott értelmezése szerint:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \frac{\int_B^K du}{\oint_b dv} \quad (53)$$

A potenciál függvényt az x tengely mentén integráljuk:

$$\int_B^K du = [u]_{x=B}^{x=A} = 0 - \frac{1}{2} \ln \frac{1 - \cos \frac{\pi}{2A} B}{1 + \cos \frac{\pi}{2A} B} \quad (54)$$

Az (54) egyenlet az

$$\operatorname{arth} x = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + x}{1 - x} \quad (55)$$

összefüggés alapján:

$$\int_B^K du = \operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A} \quad (56)$$

$$\oint_b dv = 2\pi;$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \frac{1}{2\pi} \operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A} \quad (57)$$

Ha a tápvonalat vákuum, illetve levegő tölti ki:

$$\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} = 120 \pi \quad (58)$$

$$Z_0 = 60 \operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A} \quad (59)$$

A gyakorlatban technológiai okokból a belső vezető körkeresztmetszetű. A kör sugara a B és C értékek középértéke.

$Z_0 = 50 \Omega$ esetén

$$\frac{B}{A} = 0,5223, \quad \frac{C}{A} = 0,5927 \quad (60)$$

$Z_0 = 76,8 \Omega$ esetén

$$\frac{B}{A} = 0,3453, \quad \frac{C}{A} = 0,36351 \quad (61)$$

Az irodalomban [4] más megközelítő pontosságú képletek is találhatók, pl. R. M. Chisholm közli cikkében az alábbi képletet:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \left[\frac{1}{2\pi} \ln \frac{4A}{\pi R} - \frac{0,2153 \left(\frac{R}{2A}\right)^4}{1 - 5,682 \left(\frac{R}{2A}\right)^4} \right] \quad (62)$$

R a belső vezető sugarát jelenti. A belső vezető sugara az előbb meghatározott B és C érték középértéke.

$$\frac{R}{A} = \frac{\frac{B}{A} + \frac{C}{A}}{2} = 0,5575 \quad (63)$$

Innen

$$\frac{R}{2A} = 0,2787 \quad (64)$$

$$\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 2\pi 60 = 376,7 \quad (65)$$

$$Z_0 = 60 \ln 2,2840 - 376,7 \frac{0,0013}{1 - 0,03} \quad (66)$$

$$Z_0 = 49,504 - 0,5 = 49 \Omega \quad (67)$$

A két számítási módszer között az eltérés 2%.

Az új vonalból kialakított üregrezonátor jósági tényezőjének kiszámítása

A veszteségeket elsősorban a faláramok okozák. Számítsuk ki először tehát a faláramokat. A faláramok vonalmenti áramsűrűségének nagysága, amint ismeretes a

$$j_m = H_t \quad (68)$$

képletből számítható, ahol j_m a vonalmenti áramsűrűség, H_t a mágneses térerősség tangenciális komponense. A vonalmenti áramsűrűség vektora merőleges a mágneses térerősség tangenciális komponensére. Jelen esetben a mág-

neses térerősség tangenciális komponense y irányú, a vonalmenti áramsűrűség z irányú. Ismeretes továbbá, hogy

$$H_y = \frac{|E_x|}{Z}, \quad \text{ahol } Z = 120 \pi \quad (69)$$

E_x értéke az $x = A$ helyen, a sík lapok helyén:

$$\begin{aligned} E_x &= -\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=A} = -\frac{\pi}{2A} \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y}{\operatorname{ch}^2 \frac{\pi}{2A} y} = \\ &= -\frac{\pi}{2A} \frac{1}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y} \end{aligned} \quad (70)$$

$$j_m = \frac{\pi}{2A \cdot 120 \cdot \pi} \frac{1}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y} = \frac{1}{240A} \cdot \frac{1}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y} \quad (71)$$

A ch függvény nagy argumentumoknál az $\frac{1}{2} e^x$ függvényhez tart asszimptotikusan. A vonalmenti áramsűrűség tehát gyakorlatilag exponenciálisan csökken a falban.

A falban folyó teljes áramot a vonalmenti áramsűrűség integrálja adja.

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} j_m dy = \frac{1}{240A} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2A} y} dy \quad (72)$$

$$I = \frac{1}{240A} 4 \int_0^{\infty} \frac{1}{e^{\frac{\pi}{2A} y} + e^{-\frac{\pi}{2A} y}} dy \quad (73)$$

$$I = \frac{1}{60A} \int_0^{\infty} \frac{e^{\frac{\pi}{2A} y}}{e^{\frac{\pi}{2A} y} + 1} dy \quad (74)$$

$$e^{\frac{\pi}{2A} y} = u \quad \frac{\pi}{2A} \cdot e^{\frac{\pi}{2A} y} dy = du$$

$$I = \frac{1}{60A} \cdot \frac{2A}{\pi} \int_1^{\infty} \frac{1}{u^2 + 1} du \quad (75)$$

$$I_0 = \frac{1}{30\pi} [\operatorname{arctg} u]_1^{\infty} = \frac{1}{30\pi} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} \right] = \frac{1}{120} \quad (76)$$

I_0 az egyik sík lapban folyó áramot jelenti. Falveszteségek kiszámítása az egyik sík lapban:

$$P_v = \frac{1}{2} \int I^2 dR = \frac{1}{2} \int_0^l \int_{-\infty}^{+\infty} (j_m dy)^2 e^{\frac{dz}{\delta dy}} \quad (77)$$

Mivel az árameloszlás szimmetrikus

$$P_v = \frac{2}{2} \int_0^l \int_0^\infty j_m^2 \frac{\rho}{\delta} dy dz \quad (78)$$

$$P_v = \frac{\rho}{\delta} \int_0^l \int_0^\infty \frac{1}{(240A)^2} \cdot \frac{1}{\text{ch}^2 \frac{\pi}{2A} y} \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} dy dz \quad (79)$$

$$l = n \frac{\lambda}{2}$$

Innen

$$P_v = \frac{\rho}{\delta} \cdot \frac{1}{(240A)^2} \cdot \frac{2A}{\pi} \left[\text{th} \frac{\pi}{2A} y \right]_0^\infty \cdot l \quad (80)$$

$$P_v = \frac{\rho}{\delta} \cdot \frac{1}{4(120)^2 (A)^2} \cdot \frac{2A}{\pi} \cdot l \quad (81)$$

A (76) egyenletből $I_0 = \frac{1}{120}$

$$P_v = \frac{\rho}{2\delta} \frac{1}{A\pi} \cdot I_0^2 \cdot l \quad (82)$$

Szimmetria okokból a másik sík lapban ugyanakkora a veszteség, a teljes veszteség a két lapban fellépő veszteségek összege:

$$P_{v1} = \frac{\rho}{\delta} \frac{1}{A\pi} I_0^2 \cdot l \quad (83)$$

I_0 az egyik sík lapban folyó áram, a teljes áram $I_1 = 2 I_0$; I_0 -t I_1 -gyel kifejezve, a veszteség:

$$P_{v1} = \frac{\rho}{\delta} \frac{1}{4\pi A} I_1^2 \cdot l \quad (84)$$

A koaxiális tápvonal b sugarú külső vezetőjében fellépő veszteség:

$$P_2 = \frac{1}{2} I_1^2 \rho \frac{1}{2\pi b \delta} \cdot l \quad (85)$$

$$P_2 = \frac{\rho}{\delta} \frac{1}{4\pi b} I_1^2 \cdot l \quad (86)$$

$$E = \frac{1}{2} \int_0^l C U^2 dz \cdot \quad l = n \frac{\lambda}{2}, n = 1, 2, 3 \dots \quad (89)$$

U értékét behelyettesítve:

$$E = \frac{1}{2} C \int_0^l U_0^2 \sin^2 \frac{2\pi}{\lambda} z dz \quad (90)$$

$$E = \frac{1}{2} C U_0^2 \frac{l}{2} \quad (91)$$

Figyelembe véve, hogy $U_0 = I_1 Z_0$,

$$E = \frac{1}{4} C I_1^2 Z_0^2 l \quad (92)$$

A (84) és (86) egyenletekből nyilvánvaló, hogy a két sík lap között elhelyezett belső vezetőből álló tápvonal külső vezetőinek vesztesége azonos a két sík lap közti távolsággal egyenlő belső átmérőjű külső vezetővel rendelkező koaxiális tápvonal külső vezetőjének veszteségével.

Az üregben tárolt maximális energia kiszámítása

Rezonancia esetén az üregben tárolt maximális elektromos és mágneses energia egyenlő.

Elegendő tehát, például az elektromos energiát kiszámítani, a teljes energia ennek kétszerese lesz. Számításaink során kihasználjuk, hogy az üregben TEM mód van. Számításunk minden TEM móddal működő üregre érvényes.

Az üregben z irányban haladva a potenciál

$$U = U_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda} z \quad (87)$$

törvény szerint változik, ahol

U_0 az üregben mérhető maximális feszültség, λ az üregben mérhető hullámhossz.

Egy dz elemi hosszúságú vonal-szakaszban tárolt elemi elektromos energia dE , ha a hosszegységre eső kapacitás C :

$$dE = \frac{1}{2} C dz U^2 \quad (88)$$

ui. Cdz a dz hosszúságú szakasz kapacitása, C a hosszegységre eső kapacitás.

A teljes energia W az elektromos energia kétszerese:

$$W = 2E = \frac{1}{2} C I_1^2 Z_0^2 l \quad (93)$$

A képletet átalakíthatjuk, a z (1) összefüggést figyelembe véve:

$$W = \frac{1}{2} C \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot Z_0 I_1^2 l \quad (94)$$

$c = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ összefüggést felhasználva

$$W = \frac{1}{2} \frac{Z_0}{c} I_1^2 l, \quad (95)$$

ahol c a fénysebesség.

A $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ összefüggést felhasználva

W más alakba is írható:

$$W = \frac{1}{2} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} Z_0 I_1^2 l \quad (96)$$

Ellenőrzésképpen számítsuk ki a koaxiális rezonátorban tárolt energiát. A koaxiális tápvonal hullámellenállása:

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \ln \frac{b}{a} \quad (97)$$

$$C = 2\pi \epsilon_0 \frac{1}{\ln \frac{b}{a}} \quad (98)$$

$$W = \frac{1}{2} 2\pi \epsilon_0 \frac{1}{\ln \frac{b}{a}} I_1^2 \frac{1}{4\pi^2} \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \left(\ln^2 \frac{b}{a} \right) \cdot l \quad (99)$$

$$W = \frac{\mu_0}{4\pi} I_1^2 l \ln \frac{b}{a} \quad (100)$$

A jósági tényező értelmezése szerint:

$$Q = \omega \frac{W}{\sum \text{veszteség}} \quad (101)$$

A külső vezetőkben kiszámítottuk a veszteséget. A belső vezető veszteségeinek számításánál némi elhanyagolást teszünk, feltételezzük, hogy az áram egyenletesen oszlik el a belső vezetőkben. Azt is elhanyagoltuk, hogy a külső vezetőkben az árameloszlás kismértékben megváltozik a számítottéhoz képest, mivel a belső vezető köralakú, nem pedig az elméleti ellipszis alakú.

Ha I_1 maximális áram folyik a belső vezetőkben, a belső vezetőkben a veszteség:

$$P_a = \int_0^l \rho \frac{dz}{2\pi a \delta} \cdot I_1^2 \sin^2 \frac{2\pi}{\lambda} z \quad (102)$$

$$l = n \frac{\lambda}{2}$$

$$P_a = \frac{\rho}{\delta} \cdot \frac{1}{4\pi a} I_1^2 \cdot l \quad (103)$$

$$\frac{1}{Q} = \frac{\sum \text{veszteségek}}{W\omega} \quad (104)$$

Innen

$$\frac{1}{Q} = \frac{\frac{\rho_1}{\delta_1} \frac{1}{4\pi a} I_1^2 \cdot l + \frac{\rho_2}{\delta_2} \frac{1}{4\pi A} I_1^2 l}{\omega \frac{1}{2} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} Z_0 I_1^2 l} \quad (105)$$

Q értéke, amint várható, független az üregrezonátor hosszától.

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A} \quad (57)$$

értékét behelyettesítve:

$$\frac{1}{Q} = \frac{\frac{\delta_1}{a} + \frac{\delta_2}{A}}{2 \operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A}} \quad (106)$$

A hullámellenállás R. M. Chisholm [4] megközelítő pontosságú képletét felhasználva (elhanyagolva a korrekciós tagot):

$$\frac{1}{Q} = \frac{\frac{\delta_1}{a} + \frac{\delta_2}{A}}{2 \ln \frac{4A}{\pi R}} = \frac{1}{Q_a} + \frac{1}{Q_A} \quad (107)$$

$$Q_a = \frac{2a \ln \frac{4A}{\pi R}}{\delta_1} \quad (108)$$

$$Q_A = \frac{2A \ln \frac{4A}{\pi R}}{\delta_2} \quad (109)$$

A kivitelezett vizsgáló berendezés adatai a következők:

$$\begin{aligned} a &= 0,5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \\ A &= 1,5 \text{ cm} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \\ R &= a = 0,5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \\ \delta_1 &= \delta_2 = 1,16 \mu = 1,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}. \end{aligned}$$

$$Q_a = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{4 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3}}}{1,16 \cdot 10^{-6}} \quad (110)$$

$$Q_a = \frac{10^4 \cdot \ln 3,821}{1,16} = \frac{10^4 \cdot 1,342}{1,16} \quad (111)$$

$$Q_a = 11580 \quad (112)$$

$$Q_A = \frac{2 \cdot 15 \cdot \ln \frac{4 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3}}}{1,16} = 34700 \quad (113)$$

A vonal hullámellenállása:

$$Z_{01} = 60 \ln \frac{4A}{\pi R} \quad (114)$$

$$Z_{01} = 60 \cdot 1,342 = 80,5 \quad (115)$$

A korrekciós tag, minél nagyobb a hullámlenállás, annál inkább elhanyagolható.

A levezetések végeredményei nagyon hasonlóan a koaxiális tápvonalra érvényes megfelelő összefüggésekre.

Az üregrezonátor Q -ja a külső és belső vezető méreteitől és a rendszer hullámlenállásától függ.

A sík lapok közti távolság szerelési állandó, amely mérés közben nem változtatja értékét. A próbadarab átmérőjét könnyű méretpontosra készíteni és igen könnyű ellenőrizni.

A hullámlenállást mérésről mérésre megváltoztathatja a próbadarab excentricitása.

A hullámlenállás függését az excentricitástól a tükrözési módszer segítségével tudjuk megállapítani.

A potenciált leíró (31) egyenlet, ha a belső vezető koaxiálisan helyezkedik el:

$$u = \frac{w + w^x}{2} = \frac{1}{2} \left[\ln \frac{\cos \left(\frac{\pi z}{4A} - \frac{\delta'}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\pi z}{4A} + \frac{\delta'}{2} \right)} \cdot \frac{\cos \left(\frac{\pi z^x}{4A} - \frac{\delta'}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\pi z^x}{4A} + \frac{\delta'}{2} \right)} \right] \quad (118)$$

A függvényt kiszámítva az irodalom szerint [8] a hullámlenállás tűrés érzékenysége az alábbi összefüggés nyerhető (d a tényleges excentricitás):

$$\frac{\Delta Z_0}{Z_0} = \alpha_A \frac{\Delta A}{A} + \alpha_B \frac{\Delta B}{B} + \alpha_d \left(\frac{d}{A} \right)^2 \quad (119)$$

$$\alpha_A = \frac{1}{\operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A}} \cdot \frac{\frac{\pi B}{2A}}{\sin \frac{\pi B}{2A}} \quad (120)$$

$$\alpha_B = -\alpha_A \quad (121)$$

$$\alpha_d = -\frac{\pi^2}{8} \frac{1}{\operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A}} \cdot \frac{1}{\cos \frac{\pi B}{2A}} \quad (122)$$

Mivel esetünkben a belső vezető átmérője viszonylag kicsi, jó közelítéssel feltételezhetjük, hogy

$$B = R = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (123)$$

Az (57) egyenletből nyilvánvaló, hogy

$$Z_0 = 60 \cdot \operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A} \quad (124)$$

$$\operatorname{arth} \cos \frac{\pi B}{2A} = \frac{Z_0}{60} = \frac{80,5}{60} = 1,342 \quad (125)$$

Innen, ha

$$\begin{aligned} A &= 15 \text{ mm} \\ B &= 4,89 \text{ mm} \end{aligned} \quad (126)$$

$$w = \ln \frac{\sin \frac{\pi z}{4A}}{\cos \frac{\pi z}{4A}} \quad (116)$$

alakba írható.

Ha a villamos tengely δ' relatív excentricitással helyezkedik el, a tükröképek is elmozdulnak és az eredeti levezetéshez hasonló megfontolás alapján w a következő alakba írható:

$$w = \ln \frac{\cos \left(\frac{\pi z}{4A} - \frac{\delta'}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\pi z}{4A} + \frac{\delta'}{2} \right)} \quad (117)$$

δ' a villamos tengely relatív eltolódása, amely nem pontosan azonos a belső vezető relatív excentricitásával.

δ' értékét a határfeltételekből lehet kiszámítani. A potenciál függvény a w függvény valós része:

A képlet tehát jó megegyező eredményt ad a gyakorlatban alkalmazott 5 mm-es belső vezető sugárral. A továbbiak során $B = 5$ mm értékkel számolunk.

$$\alpha_A = \frac{1}{1,342} \frac{\frac{\pi 5}{30}}{\sin \frac{\pi \cdot 5}{30}} \quad (127)$$

$$\alpha_A = 0,784$$

$$\alpha_d = -\frac{\pi^2}{8} \frac{1}{1,342} \cdot \frac{1}{\cos 0,512} \quad (128)$$

$$\alpha_d = -1,06.$$

Az excentricitás hatását teljesen más úton számította R. M. Chisholm és cikkében egy diagramot közölt, amelyből az excentricitás okozta hullámlenállás változás kiszámítható. A cikkében közölt képletet

$$\Delta Z_0 = -\alpha \left(\frac{\delta}{a} \right)^2 \quad (129)$$

a mi jelöléseinkre átírva

$$\Delta Z_0 = -\frac{\alpha}{4} \left(\frac{d}{A} \right)^2 \quad (130)$$

Innen a mi esetünkben

$$\frac{\Delta Z_0}{Z_0} = -\frac{\alpha}{4 \cdot 80,5} \cdot \left(\frac{d}{A} \right)^2 \quad (131)$$

A jelen példában az $\frac{R}{2A} = 0,1668$ viszonyhoz tartozó α érték diagramból (4. ábra):

$$\alpha = 340 \quad (132)$$

$$\frac{\Delta Z_0}{Z_0} = 0,784 \frac{\Delta A}{A} - 0,784 \frac{\Delta B}{B} - 1,06 \left(\frac{d}{A} \right)^2 \quad (134)$$

A belső vezető $\pm 0,1$ mm-es átmérő tűrése tehát

$$\frac{\Delta Z_0}{Z_0} = \pm 0,784 \cdot \frac{0,05}{5} = \pm 0,78 \cdot 10^{-2} = \pm 0,78\% \quad (135)$$

hullámmellenállás-ingadozást okoz. Tehát a próbadarab átmérőjének $\pm 0,1$ mm tűrése $\pm 0,78\%$ jósági tényező változást okoz.

Vizsgáljuk meg, mekkora hullámmellenállás ingadozást okoz a belső vezető 0,5 mm-es excentricitása

$$\left. \frac{\Delta Z_0}{Z_0} \right|_d = 1,06 \left(\frac{0,5}{15} \right)^2 = 1,18 \cdot 10^{-3} \quad (136)$$

$$\frac{\Delta Z_0}{Z_0} = - \frac{340}{4 \cdot 80,5} \cdot \left(\frac{d}{A} \right)^2 = -1,058 \left(\frac{d}{A} \right)^2 \quad (133)$$

A különböző módszerekkel számított értékek igen jól egyeznek. (A számítási hiba annál kisebb, minél kisebb az $\frac{R}{A}$ viszony.)

0,5 mm-es excentricitás tehát 1,18% hullámmellenállás illetve jósági tényező változást okoz.

A próbadarab gondos, csúcsok között létesített befogása miatt tehát az excentricitásnak a jósági tényezőre gyakorolt hatásával nem kell számolni.

IRODALOM

1. *Wholey, W. B. and Eldred, W. N.*: A New Type of Slotted Line Section.
2. *Frankel, S.*: Characteristic Impedance of Parallel Wires in Rectangular Troughs. Proc. I. R. E. 1942. ápr. 182—190. o.
3. *Wheeler, H. A.*: The Transmission Properties of a Round Wire between Parallel Planes. Wheeler Monographs. No. 19. Wheeler Laboratories Inc. Great Neck. NY. 1954.
4. *Chisholm, R. M.*: The Characteristic Impedance of Trough and Slab Lines. I. R. E. Transaction on Microwave Theory and Techniques. 1956. júl. 166—172. o.
5. *Simonyi K.*: Elméleti Villamosság. Tankönyvkiadó, Budapest. 1958.
3. kiadás. 397. o.
6. *Ramo, S.—Whinnery, J. R.*: Fields and Waves in Modern Radio. John Wiley and Sons, Inc. New-York. 1953.
2. kiadás. 205. o.
7. *Szász Pál*: A differenciál és integrál számítás elemei I—II. Közoktatásügyi Kiadóvállalat. 1951.
- I. kötet 104. o. és II. kötet 587. o.
8. *Uzsoki Miklós*: A HP-típusú tápvonal tűrései. Nem közölt dolgozat.

KÖNYVISMERTETÉS

A. I. Parfentyev—L. A. Pusszet:

A mágneses hangrögzítés fizikai alapjai.

A Műszaki Könyvkiadó kiadásában megjelent könyv elsősorban mérnökök és kutatók számára készült, de hasznos segédeszközként szolgálhat általában mindazok részére, akik a hangrögzítés kérdéseivel foglalkoznak. A feldolgozott anyag három fő részre tagozódik.

Az első részben egy-egy nagyobb fejezet mutatja be az előmágnesezés nélküli, az egyenáramú, illetőleg váltakozóáramú előmágnesezéssel végzett hangrögzítést. Ismerteti e fejezet a felvételt gyűrűalakú fejekkel és részletesen tárgyalja a felvétel elektroakusztikus és mágneses jellemzőit. Végül az egyéb különleges felvételi lehetőségeket egy rövid gyakorlati fejezetben foglalják össze a szerzők.

A második rész részletes matematikai elemzéssel alátámasztva mutatja be a különböző lejátszó fejek tulajdonságait, valamint a lejátszás elektroakusztikai jellemzőit, végül az első fejezethez hasonlóan röviden összefoglalja a különleges, kevésbé ismert lejátszási eljárásokat.

A harmadik részben a hangszalagok tulajdonságai kerülnek analitikus tárgyalásra.

A matematikai elemzésből a szerzők mindenütt gondosan levonják a fizikai végkövetkeztetést, ezért a könyvet jól használható segédeszközként ajánljuk.

Váraljai Vilmos

E. Rossberg—H. Korta:

A távgépíró központok technikája.

(Fernschreib Vermittlungstechnik R. Oldenburg kiad. München, 1959.)

A könyv részletesebb elméleti magyarázatok nélkül teljes áttekintést nyújt a távgépíró központok technikájának jelenlegi állásáról. Bemutatásra kerülnek az Európában használatos régebbi központi rendszerek (TW 39, Rotary stb.), valamint az újabban kifejlesztett központok (E. M. D. és Koordináta kapcsolós rendszerek stb.). A szerzők ismertetik a manuális nemzetközi kicserélő központokat, valamint a legújabb rádiótávíró üzemre alkalmas, multiplex rendszerű átviteli és központi berendezéseket és a körözvény berendezéseket is.

A könyvben jelentős helyet foglal el a lyukasított-szalagos átvittel dolgozó rendszerek ismertetése. E rendszerek hajlékony, várakozásos rendszerük miatt alkalmasak nagy területek távíró hírközléssel való ellátására.

Végül a könyv anyagát a tervezéshez szükséges fogalmak és adatok összefoglalása zárja be.

A gondosan összeválogatott munka — bár áramköri részletekbe és elméleti megfontolásokba nem bocsátkozik — jó áttekintést nyújt a tervezőknek a hálózat rendszerének megválasztásához és megtervezéséhez.

Váraljai Vilmos

Elektrolitikus kondenzátorok fajlagos kapacitásának növelése

KATONA JÁNOS

a műszaki tudományok kandidátusa
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

Az elektrolitikus kondenzátorok fajlagos kapacitásának növelésére egyik lehetőség az anód felületének feldurvítása. A szerző mikroszkópikus és elektronmikroszkópikus képeket mutat be kémiai és elektrolitikus maratásról és egyéb felületnövelő eljárásokról. Titánanódokkal folytatott kísérletek eredményeit foglalja össze. A titánanód alkalmazásával igen nagymértékű fajlagos kapacitásnövelés érhető el. Kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátoroknál a katódoldalon jelentkező kapacitás növekedésével adódik lehetőség a fajlagos kapacitás nagymértékű emelésére. Az alapvető kísérletek és az ezt követő vizsgálatok azt mutatták, hogy a polarizációs kapacitás és a természetes oxidréteg okozta kapacitás szerepe döntő fontosságú. A katód felület növelésével és erős dekapírozása révén lehetővé vált a fajlagos kapacitást igen nagymértékben növelni. A növekedés mértéke 10–20-szoros. Ennek a felismerésnek alapján lehetséges volt a kisfeszültségű kondenzátorokat miniatűr és szubminiatűr méretekben kidolgozni.

Az elektrolitikus kondenzátorok fajlagos kapacitása ($\mu\text{F}/\text{cm}^2$) jóval nagyobb, mint egyéb kondenzátor típusoké. Ennek alapvető oka az elektrolitikus kondenzátorok anódjain kialakított dielektromos zárórétagnak az elektrolitikus cellában mutatkozó igen nagy villamos szilárdságában rejlik.

Újabb igények, amelyek egyes híradástechnikai, műszerteknikai és ipari, elektronikus berendezések méretcsökkentésével kapcsolatban merültek fel, további fajlagos kapacitásnövelést kívántak meg az elektrolitikus kondenzátoroktól is. Az e területen folyó kutatás éppen ezért a figyelmet nagyrészt a kondenzátorok méretcsökkentésére koncentrált. A rendszeres hazai kutatás e területen mindössze négyéves múltra tekinthet vissza. A kutatás során figyelembe kellett venni a hazai adottságokat, az ipari és a nyersanyaghelyzetet is. E szempontok figyelembevétele miatt sok esetben el kellett térni a külföldön már ismert megoldásoktól. Ez a kutatómunka nagyrészt a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Alkatrész Laboratóriumában folyt kooperációban egyéb kutatóintézetekkel.

A vizsgálatok, a fajlagos kapacitás növelésének lehetőségei szerint, három témacsoportra irányultak:

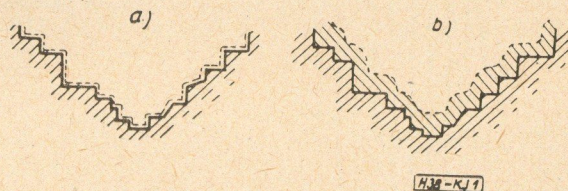
1. A fajlagos kapacitás növelése az anód felületének feldurvítása útján.
2. A fajlagos kapacitás növelése a zárórétagnak dielektromos állandójának növelése útján.
3. A fajlagos kapacitás növelése a katód oldalán jelentkező kapacitás növelése útján.

1. A fajlagos kapacitás növelése az anód felületének feldurvítása útján

Ezzel a módszerrel az elektrolitikus kondenzátorok fajlagos kapacitása növelhető azért,

mert az anódon kialakított dielektromos zárórétagnak követi az anód felületén levő felületi változásokat. Az anód felületegységének kapacitása olyan mértékben növekedik, amilyen mértékben sikerül az anód felületét növelni feldurvítás révén.

Pontosabb vizsgálatok azonban megmutatták, hogy ez nem minden esetben van így. Az anódon kiformált réteg ugyanis csak addig követi hűen az anód felületét, amíg a réteg vastagsága össze nem mérhetően kisebb, mint az anód felületének változásai. Ezt az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A feldurvított felületű anód és a rajta kialakított oxidréteg: a) a réteg vastagsága sokkal kisebb, mint a felületváltozások méretei; b) a réteg vastagsága összemérhető a felületváltozások méreteivel

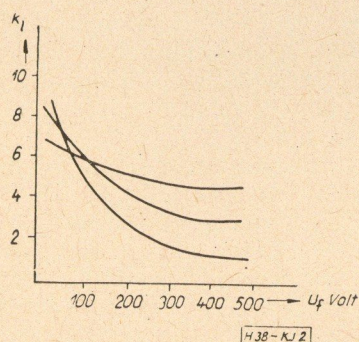
Feldurvított anód esetén az elektrolitikus réteggépződés folyamán az erőter a felület közelében inhomogén válik. A felület erősebben görbült, csúcsszerű részein a térerősség nagyobb, ennek megfelelően a réteggépződés gyorsabbá válik. A réteg vastagsága ezért nem lesz mindenütt egyforma. A csúcsok, élek közelében nagyobb a rétegvastagság és ezért a felületrészek kapacitása nagyobb csökkenést mutat a formálás alatt, mint a laposabb felületeké. Emellett egy másik hatás is érvényesül. A csúcsos, éles felületrészekben keletkező, vastagabb réteggörbületnek ellaposodnak, tehát a másik elektród felé néző felületük a formálás művelete alatt egyre csökken. Ez a hatás a réteg vastagodásával a különböző felületi struktúrák esetén különböző mértékű felület- és kapacitáscsökkenésben mutatkozik. Minél finomabban graduált a felület, annál meredekebb a réteg vastagodásával bekövetkező felület- és kapacitáscsökkenés.

E hatást jellemezni lehet egy ún. látszólagos felületnövekedési tényező (k_i) bevezetésével. Ha a polírozott, símafelületű anód felületegységén mért kapacitást C_0 -al, a feldurvított felületen mért kapacitást C -vel jelöljük, akkor

$$k_i = \frac{C}{C_0} \quad (1)$$

k_i függvénye a feldurvított anód felületi struktúrájának és a formálás végfeszültségének. Ha ugyanazon a feldurvított anódon figyeljük

k_f változását a formálási végfeszültség (átlagos rétegvastagság) függvényében, akkor egy kisebb vagy nagyobb meredekséggel eső görbét kapunk. A görbe meredeksége az anód felületi struktúrájának jellegétől függ (2. ábra).



2. ábra. A látszólagos felületnövekedési tényező változása a formálási feszültség függvényében, különböző felületi struktúrák esetén

a) Felületnövelés vegyi marás útján

Az elektrolitikus kondenzátorok anódjának feldurvítására az általánosan használatos módszer a vegyi maratás. Az alumínium egyes savakban (pl. sósav) erős felületi korróziót mutat. E korrózió hatás annál erősebb, minél nagyobb az alumínium szennyezése. A nem nagy tisztaságú alumínium (99,5–99,8%) már lényegesen kisebb savkoncentráció esetében oldásba megy, míg a nagytisztaságú alumínium (99,99%) csak nagyobb koncentrációknál és nagyobb hőmérsékleten (40–80 °C). A marás folyamán az alumínium felületén a fémbe levő lokális szennyezésekből vagy a felületen jelentkező energiakülönbségekből mikroelemek keletkeznek [1], [2], [3]. A korróziót a mikroelemek idézik elő, a mikroelemek anódján a fém (alumínium) oldásba megy, a katódon pedig hidrogén fejlődik. Különösen a vas és rézszenyezések könnyítik meg az alumíniumnak az oldásba menését mikroelemek útján.

Ha közelebbi vizsgálat alá vesszük a vegyi maratás útján előállított felület szerkezetét, azt állapíthatjuk meg, hogy a felületnek *kettős struktúrája* van. Ez az elkészített mikroszkópikus és elektromikroszkópikus vizsgálatok képeiből látható. A mikroszkópikus felvételek egy elsődleges, durva struktúrájú képet mutatnak. Erre a durva, elsődleges struktúrára épül fel egy finomabb, másodlagos szerkezet, amelyet csak elektromikroszkópikus felvételek mutattak ki.

A mikroszkópikus felvételek kétféle mikroszkópon készültek. A képek egyik része ferde, oldalvilágítással, másik rész pedig felülről világított fémmikroszkóppal készült. Az elsődleges szerkezet jellegét az árnyékhatások révén ferde oldalvilágítással lehetett kimutatni (3. ábra). A mart felületen határozott oldódási



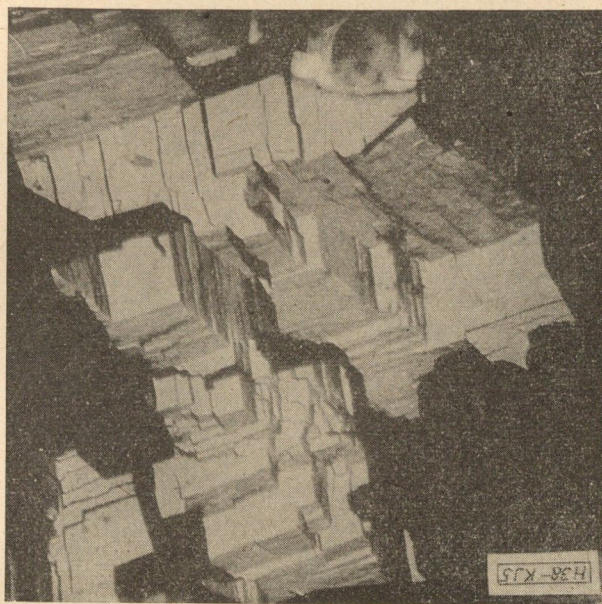
3. ábra. Vegyi maratás útján feldurvított alumíniumfólia (99,99%) felületének mikroszkópikus képe (oldalvilágítással)
Nagyítás: 280 ×

irányokat lehetett megfigyelni. Ezek az egymásra épült krisztallitalakzat alakját követték. A marás irányában üregek képződtek. Az üregek mélységét a felülről világított fémmikroszkóppal, a mélység élességének változtatásával lehetett közelítő módon megmérni (4. ábra).

Elektronmikroszkópikus felvételek finomabb másodlagos struktúrát is mutattak (5. ábra). E másodlagos struktúra köbös krisztallit alakzat, amely ráépül az üreges jellegű elsődleges szerkezetre.



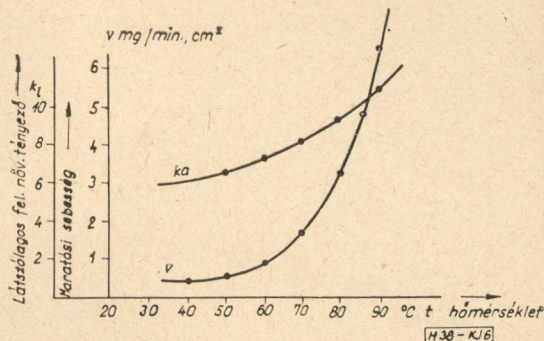
4. ábra. Vegyi maratás útján feldurvított alumíniumfólia (99,99%) felületének mikroszkópikus képe (felülvilágítással)
Nagyítás: 150 ×



5. ábra. Vegyi maratás útján feldurvított alumíniumfólia (99,99 %) felületének elektronmikroszkópikus képe. Nagyítás: 8100 ×

A marás után kilakult felület jellege elsősorban a fólia előállításának körülményeitől függ. Döntő szerepe van a fémbe beépült szennyezéseknek, a hengerlés folyamán alkalmazott plasztikus deformációnak és a közben alkalmazott hőkezelések rekristallizációs folyamatának (5).

A maratás után keletkezett felületi struktúrát a maratás paraméterei is erősen befolyásolják. A lefolytatott kísérletek azt mutatták, hogy különösen a marás sebességének van nagy szerepe. A marás sebességét a fém felület-egységről időegység alatt leoldott fém mennyiségével mérjük ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{perc}$). Nagy maratási sebesség esetén mélyebb üregek keletkeznek, mivel a felület közelében levő krisztallitok egy részének nincs elég ideje a feloldódáshoz. Ezért nagy maratási sebességek alkalmazásával erősebben graduált felülethez jutunk és ennek megfelelően a látszólagos felületnövekedési tényező is nagyobb lesz. Pl. a hazai gyártásból kiválasztott 99,99%-os tisztaságú alumíniumfólia mintából HCl 22%-os oldata 40 C° hőmérsékleten 18 perc alatt $8,68 \text{ mg}/\text{cm}^2$ alumíniumot oldott le. Ez megfelel $0,482 \text{ mg}/\text{perc cm}^2$ maratási sebességnek. 10 Volt formálási végfeszültségnél a mért látszólagos felületnövekedési tényező 5,95 volt. Ha a hőmérsékletet 85 C°-ra emeltük, a marás sebessége megnőtt $4,63 \text{ mg}/\text{perc cm}^2$ -re, tehát közel tízszeresre. A látszólagos felületnövekedési tényező pedig 9,82-re nőtt 10 V formálási feszültségnél. A 6. ábra egy kiválasztott, hazai gyártású 99,99%-os tisztaságú alumíniumfólia maratásánál mért látszólagos felületnövekedési tényezőt és a maratás sebességét mutatja, a maratás hőmérsékletének függvényében. Mint az ábrából látható, a maratás sebessége közel



6. ábra. A maratási sebesség és a látszólagos felületnövekedési tényező változása a maratás hőmérsékletének függvényében. (22 %-os sósav vizes oldatában)

exponenciális függést mutat kisebb hőmérséklet-szakaszon belül. Tehát magasabb hőmérsékleten, nagyobb savkoncentrációval és rövidebb ideig végzett marás nagyobb felületnövekedést és nagyobb fajlagos kapacitást eredményez.

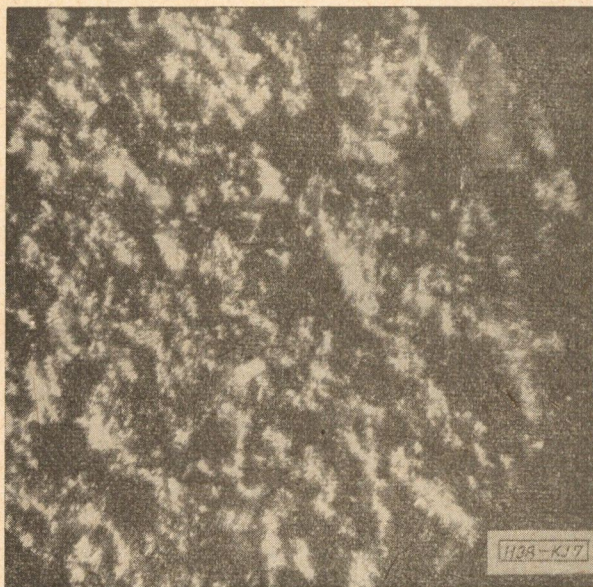
Ha a látszólagos felületnövekedési tényező vizsgálatát a nagyobb formálási végfeszültségek tartományára is kiterjesztjük, akkor azt tapasztaljuk, hogy k_t eleinte erősebben, majd később lassabban csökken. Nagyobb formálási végfeszültségeknél (300–500 Volt) a látszólagos felületnövekedési tényező és ezzel együtt a fajlagos kapacitásnövekedés is $1/2$ – $1/3$ -ra csökken. A csökkenés oka az, hogy nagyobb formálási feszültségeknél a vastagodó réteg már nem követi hűen a felület változásait.

b) Felületnövelés elektrolitikus marás útján

A felületdurvítás ma alkalmazott korszerűbb módszere az alumíniumfelület elektrolitikus maratása. Előnye e módszernek az egyszerű kémiai maratással szemben az, hogy sósav helyett konyhasó vizes oldatát lehet használni. Ezáltal lényeges költségmegtakarítás válik lehetővé.

Az alumíniumfóliát anódos kapcsolásban NaCl vizes oldatában elektrolizáljuk. A Cl^- ionok töltésüket az anódhoz érve leadják, és az alumíniummal AlCl_3 -á alakulnak. Ez a továbbiakban $\text{Al}(\text{OH})_3$ -á válik és a fürdő fenekén ülepedik. Ezáltal a fürdő Cl^- ionkoncentrációja nem változik, a fürdő elektrolitja hosszú ideig nem szorul cserére. Ha az $\text{Al}(\text{OH})_3$ folyamatos eltávolítását biztosítjuk és az elfogyó vizet pótoljuk, a fürdő megszakítás nélkül sokáig üzemeltethető. A maratás körülményei a fürdő koncentrációjával, hőmérsékletével, a maratás idejével és az alkalmazott áramsűrűséggel befolyásolhatók. Ha a kialakuló erőter homogenitásáról gondoskodunk, a maratás egyenletesebbé válik, a látszólagos felületnövekedési tényező szórása kisebb, mint az egyszerű kémiai maratásnál. Az alumínium kristálystruktúrájának és a kristályorientációnak változásai kisebb befolyást gyakorolnak a látszólagos felületnövekedési tényezőre, mint az a kémiai maratásnál tapasztalható.

A mart felület struktúrájának kettős jellege itt is megtalálható: az elsődleges durva szer-



7. ábra. Elektrolitikus maratás útján feldurvított alumínium-fólia (99,99 %) felületének mikroszkópikus képe (oldalvilágítással). Nagyítás: 280 ×

kezetre épült másodlagos, finomabb, köbös struktúra, tehát jellegére nézve hasonlít az egyszerű kémiai maráshoz. Eltérés az elsődleges struktúra igen hegyes, szinte tűszerű alakjában található (7. ábra). Ilyen felületi struktúra viszonylag nagy (250–300 mA/cm²) áramsűrűség alkalmazása esetén adódott. A 10 Volt formálási végfeszültségnél mért látszólagos felületnövekedési tényező (k_f) 16–20 értéket mutatott.

Az elektrolitikus maratás alkalmazásával lehetővé vált az elektrolitikus kondenzátorok méreteit lényegesen csökkenteni. A kis feszültségek tartományában a fajlagos méretek a felére csökkentek a kémiai maratáshoz képest.

A nagyfeszültségű kondenzátorok méretei is hasonló méretcsökkenést mutattak. Pl. a 350/385 Volt feszültségű és $2 \times 50 \mu\text{F}$ kapacitású kondenzátornak a méretei: átmérő: 30 mm, átmérő és 60 mm hossz.

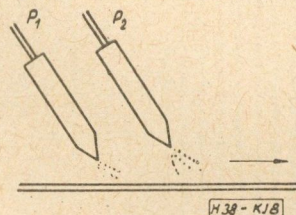
c) Felületnövelés homokfúvással

Az anód felületének feldurvítása mechanikai úton is elvégezhető. Ennek egyik módszere, kvarchomokszemcsék ráfuvatása a felületre. A homokszemcsék az alumíniumfelületen üregeket, mélyedéseket vájnak ki. A felület növekedése a homokszemcsék méretétől és sebességétől függ. Az elérhető látszólagos felületnövekedési tényező általában jóval kisebb, mint az egyszerű kémiai vagy az elektrolitikus maratásnál, a felület lényegesen durvább szerkezete miatt.

A lefolytatott kísérletek közül csak egyet emelünk ki, amely viszonylag a legjobb eredményt mutatja.

A 8. ábra szerint két homokfúvó pisztoly van egymás mellett. P_1 pisztoly durvább szem-

ményt mutatva és megközelítette a vegyi marásnál elérhető látszólagos felületnövekedési tényezőt, a nagyobb formálási végfeszültségek tartományában.



8. ábra. Felületnövelés homokfúvással (két pisztoly alkalmazásával)

cséjű homokkal (szemcseméret kb. 100–200 μ), P_2 pisztoly pedig finomszemcséjű homokkal (szemcseméret < 20 μ) van megtöltve. A pisztolyok előtt elhaladó fóliát először a nagyobb méretű homokszemek érik el; ezek durvább, nagyobb mélyedésű üregeket vájnak ki. Ezt a durva szerkezetet a P_2 pisztolyból kikerülő finom homokszemcsék tovább alakítják. Az így előidézett kettős struktúrát a 9. ábra mikroszkópikus felvétele is mutatja. A látszólagos felületnövekedési tényező kis formálási végfeszültségeknél az 5–6 értéket is eléri, ami az egyszerű homokszórásnál csak 2–3,5.

A homokfúvással való felületnövelési technológia egyik nagy előnye, hogy a durvább struktúra révén a látszólagos felületnövekedéstényező a formálási végfeszültség növekedésével nem csökken olyan mértékben, mint a kémiai és az elektrokémiai marásnál.

E módszer másik előnye az, hogy alig érzékeny az alumínium kristályszerkezetének vál-



9. ábra. 8. ábra szerinti elrendezéssel homokolt alumínium-fólia (99,99 %) felületének mikroszkópikus képe (oldalvilágítással). Nagyítás: 280 ×

tozásával szemben. Jóval egyenletesebb, kisebb kapacitáscsökkenést eredményez a gyártás folyamán.

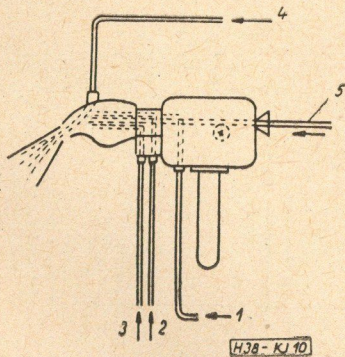
Hátránya a fólia megkeményedése a fúvatás folyamán, ezért tekercselés előtt lágyító hőkezelés szükséges. Másik hátránya azonban kellemetlenebb. A fúvás folyamán egyes apró homokszemcsék beleragadnak a felületbe és ezeknek az utólagos eltávolítása már nagy nehézségekbe ütközik. Éppen ezért ez a technológia nem nagyon terjedt el.

d) Felületnövelés fémszórás útján

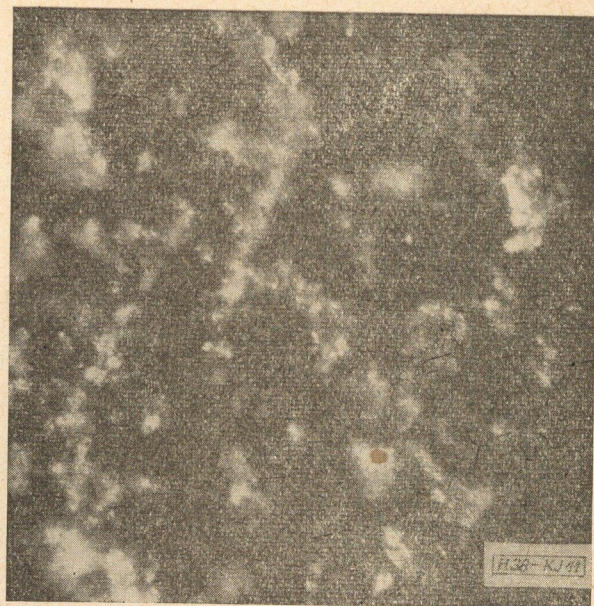
Alumíniumfólián vagy papíroson fémszórás útján egy összefüggő alumíniumréteget képezhetünk ki. A kialakított felület jelentős növekedést mutat a síma felülethez képest. A felület mikroszkóp alatt egészen más szerkezetet mutat, mint az eddig tárgyaltak. Különösen jól mutatja a felület sajátosságait a felülről megvilágított mikroszkópikus felvétel. A felület mélyedései, krátereinek nem mutatnak olyan szabályosságot, mint a mart felületek. A mélyedések legtöbbször mély csatornák, melyeknek végeit gyakran a mikroszkópikus kép nem is mutatja. Másodlagos, finomabb struktúra nem is mutatható ki. A látszólagos felületnövekedési tényező nagysága alacsony feszültségeknél mérve 6–10 között ingadozik, a porlasztás finomságától függően, függése a formálási végfeszültségtől lényegesen kisebb, mint a mart felületnél.

Az 1955-ben folytatott kísérletek során e módszert is kipróbáltuk. A normális fémszóró pisztollyal végzett fémszórás kísérletek azt mutatták, hogy a porlasztás nem volt elég finom. Összefüggő réteget emiatt csak 100–150 μ átlagos szórás rétegvastagság esetén lehetett kapni. Ez pedig már térfogati méretekben is tekintélyes veszteséget okoz.

A Gépipari Technológiai Intézet munkatársainak segítségével sikerült közösen egy kettős porlasztású szórópisztolyt készíteni. Itt, a már egyszer porlasztott és kifúvott szemcséket, egy az első sugár irányához képest ferdén elhelyezett második fúvóka tovább porlasztotta (10 ábra). Ennek eredményeképpen



10. ábra. Kettős porlasztású fémszórópisztoly: 1. oxigénvezeték; 2. világítógázvezeték; 3. sűrített levegővezeték (elsődleges porlasztáshoz); 4. sűrített levegővezeték (másodlagos porlasztáshoz); 5. alumíniumhuzal



11. ábra. Fémszórással (kettős porlasztással) durvított alumíniumfólia mikroszkópikus képe (oldalvilágítással).

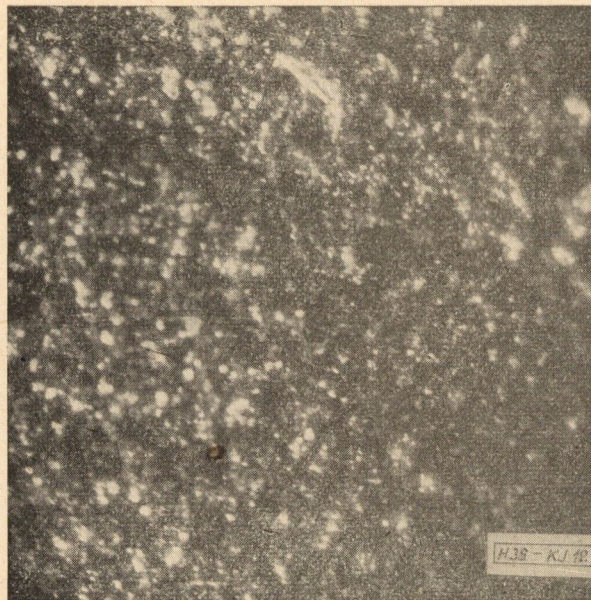
Nagyítás: 280 $\times$

a porlasztott szemcsék mérete lecsökken és már 30 μ vastagság mellett összefüggő réteget kaptunk. Ugyanakkor a látszólagos felületnövekedési tényező is lényegesen emelkedett. Az így nyert felület mikroszkópikus képét a 11. ábra mutatja, a képen látható a zezgugos, mély krátereket mutató, csatornahálózat jellegű szerkezet.

e) Felületnövelés az anódnak porkohászati úton való előállítás útján

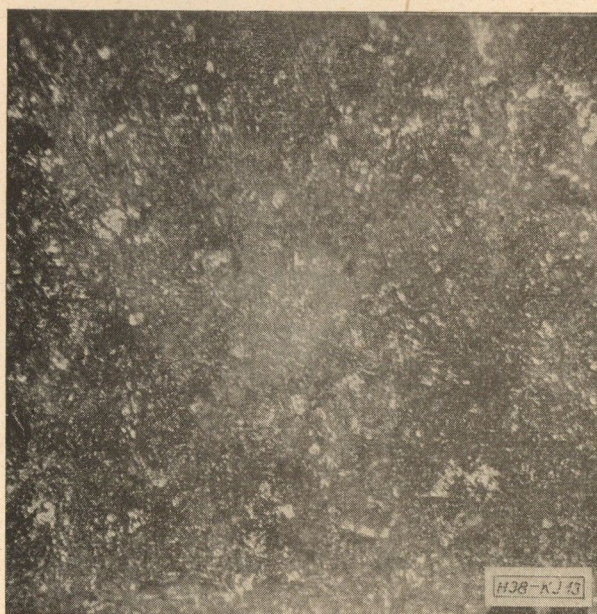
Az utóbbi években Myers [4] és Foster [5] porkohászati úton szinterelt tantálanódokat állított elő elektrolitikus kondenzátorok anódjainak céljaira és ezzel a módszerrel nagymértékben sikerült a kondenzátorok fajlagos kapacitását emelni. E gondolatból kiindulva kísérletsorozatot indítottunk a Fémipari Kutató Intézet munkatársaival együtt alumíniumporból, szinterelés útján anódok előállítására [6]. Az első szinterelési kísérletek légtérben folytak 580–610 $^{\circ}$ C hőmérsékleten. E kísérletek során kis, szinterelt tömbanódok készültek. Felületüket sósav híg, vizes oldatában enyhén marattuk, majd anódos kapcsolásban formáltuk. Az így készült kondenzátorokon mért látszólagos felületnövekedési tényező az alacsony formálási feszültségek tartományában 25–40 volt, a szintereléshez használt alumíniumpor szemcsenagyságától és a szinterelés körülményeitől függően. Tehát a fajlagos kapacitás az eddigi módszerekhez képest 2–5-szörösre emelkedett kisfeszültségek tartományában.

A felületi struktúra eltér a mart felület szerkezetétől, kisebb mértékben a fémszórás felületre emlékeztet. A 12. és 13. ábrák mutatják



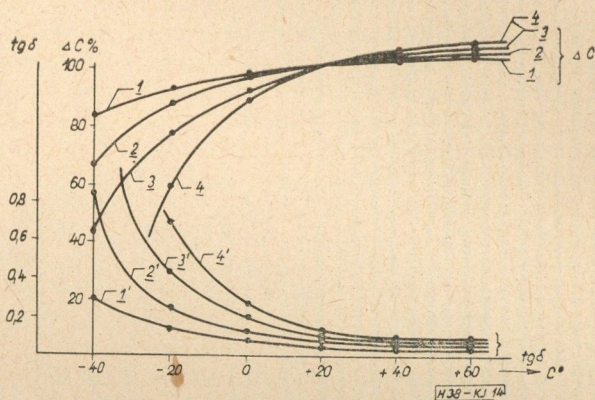
12. ábra. Szinterelt alumíniumanód felületének mikroszkópikus képe (oldalvilágítással). Nagyítás: 280×

a szinterelt alumíniumfelület mikroszkópikus képét, ferde oldalvilágítással és a felületre merőleges megvilágítással. Jellegzetesek az igen mély, labirintus jellegű csatornák. A felület-növekedés döntően a felületre merőlegesen, mélység irányában mutatkozik. A struktúra döntő mértékben attól függ, milyen volt a kiinduló por szemcsenagysága. Eszerint finomabb és durvább szerkezet képezhető. A nagyobb szemcseméretű por esetén a látszólagos felület-növekedési tényező értéke kis formálási feszültségeknél ugyan kisebb, de függése is kisebb a formálási végfeszültségtől. Nagyobb formá-



13. ábra. Szinterelt alumíniumanód mikroszkópikus képe (felülről világítva). Nagyítás: 150×

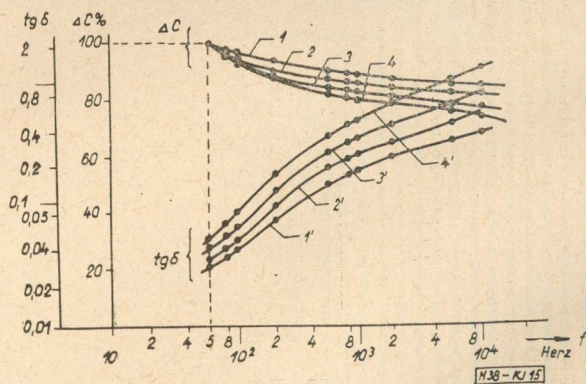
lasi végfeszültségeknél pedig már felette jár a finomabb szemcsézetű porból készültekének. Ezért nagyfeszültségű kondenzátoroknál célszerűbb a durvább (5–10 μ) szemcseméretű porból kiindulni. A finom szemcseméret esetén még egy hátrányos tulajdonság mutatkozik, ami egyébként minden durvított felületű anódnál kisebb-nagyobb mértékben mutatkozik: a kondenzátor kapacitása és veszteségi tényezője, hőmérséklet- és frekvenciafüggésének megnövekedése. A mély csatornába behúzódnak a kis keresztmetszettel bíró elektrolit ellenállása a mé-



14. ábra. A kapacitásváltozás ($\Delta C\%$) és a veszteségi tényező ($\text{tg } \delta$) változása a környezeti hőmérséklet függvényében különböző felületnővelési módszerek esetén ($f = 50$ Herz, $U = 350$ V, $C = 50$ μF): 1-1' síma anód; 2-2' kémiai maratású anód; 3-3' fémszóró anód; 4-4' szinterelt anód

lyebben fekvő kapacitáselemekhez soros ellenállásként csatlakozik és megnöveli a rendszer frekvencia és hőmérséklet függését. A 14. ábra különböző felületnővelési módszerekkel készült kondenzátorok kapacitásának és veszteségi tényezőjének hőmérséklet függését, a 15. ábra pedig a frekvenciafüggést hasonlítja össze. A felületnővelésnek tehát bizonyos mértékben háttér szab a hőmérséklet és a frekvenciafüggés növekedése.

A nagyfeszültségű kondenzátoroknál a melegedési viszonyokat is számításba kell venni. A kondenzátorban, pulzáló egyenfeszültség ese-



15. ábra. A kapacitásváltozás ($\Delta C\%$) és a veszteségi tényező változása a frekvencia függvényében ($t = 20$ C°, $U = 350$ V, $C = 50$ μF). A felületi kezelések azonosak a 14. ábrán közöltekével

tén, az átvezetési áram és a dielektromos veszteségek melegekedést okoznak. Ha a kondenzátorok méreteit csökkentjük, akkor a hűlési viszonyok rosszabbodni kezdenek és a kondenzátor túlmelegedhet és tönkremehet. Ezért a méretcsökkentéssel egyidejűleg gondoskodni kell a fejlődő meleg csökkentéséről is. A kondenzátorban fejlődő meleget bizonyos mértékig lehet csökkenteni, ha sikerül az átvezetési áramot leszorítani. Az alumíniumanód szennyezéseinek, az elektrolit és az egyéb alkatrészek Cl^- és SO_4^{2-} ionkoncentrációjának csökkentésével, különleges formálási módszerek alkalmazásával ez bizonyos mértékig lehetővé is válik. Így is azonban csak korlátozott mértékű méretcsökkentés valósítható meg. A nagyfeszültségű kondenzátoroknál fenti üzembiztonsági tényezőket figyelembe véve a térfogati méretek csökkentése az eddigieknek $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2,5}$ -re vált lehetővé, a lefolytatott kísérletsorozatok eredményeképpen. A kisfeszültségű kondenzátoroknál azonban, amelyeknél az utóbbi időben a tranzisztor áramkörök megjelenése óta fokozódtak a miniaturizálási igények, a melegekedési viszonyok nem szabnak éles korlátot a méretcsökkentés törekvéseinek.

A kisfeszültségű kondenzátorok miniaturizálásánál éppen ezért a szinterelt anódok nagy méretcsökkentési lehetőségeket biztosítanak. Az első szinterelési kísérletek folytatásaképpen sor került a tömböknek lemezzé, majd fóliává való hengerlésére. Ez eddig csak részben sikerült, mivel a szinterelt tömbök nyúlása lényegesen kisebb volt, mint az öntött tömböké. Hengerlés útján elért legkisebb vastagság 0,5 mm volt. Valószínűleg a szemcséken levő természetes oxidréteg a szinterelés alatt lényegesen megvastagodik és a szinterelt tömböt ridegebbé teszi. A következő lépés ezért a semleges gázöblítés alatti szinterelés lesz. Ilyen berendezés építése tervbe van véve.

2. A fajlagos kapacitás növelése a réteg dielektromos állandójának növelése útján

Az utóbbi években a kutatás olyan ventilhatást mutató fémekre is kiterjedt, amelyek oxidjának dielektromos állandója magasabb, mint az Al_2O_3 -é. Elsőnek tantálfémanóddal indítottak kísérleteket [7]. Anódos kapcsolásban kiformált tantálpentoxid (Ta_2O_5) réteg dielektromos állandója *Güntherschulze* mérési adatai szerint 11,6, ami 55%-os növekedést jelent az Al_2O_3 -hoz képest. Mivel azonban a réteg vastagsága azonos formálási végfeszültségnél valamivel nagyobb, mint az Al_2O_3 -nál, a fajlagos kapacitás növekedés csak kb. 40%. A tantálfém alkalmazását nemcsak oxidjának magasabb dielektromos állandója tette indokolttá, hanem az a tulajdonsága is, hogy az elektrolitek túlnyomó többsége még kis mértékben sem oldja. Hasonló közömbös viselkedést mutat a Ta_2O_5 is. Az anód és a kiformált réteg oldódása maga-

sabb hőmérsékleteken (80—120 C°) sem következik be. Időbeli stabilitási viszonyai is kedvezőbbek az alumíniuménál. Széleskörű alkalmazásának fő akadálya a tantálfém igen magas ára.

A hazai kísérleteket más irányban folytattuk. Vizsgálataink azt mutatták, hogy a hazai fémek közül a titán látszik alkalmasnak nagy fajlagos kapacitású elektrolitikus kondenzátorok előállításához. Az ilyen irányú kísérletek 1954-ben kezdődtek el [8]. Mivel irodalmi irányú adatok nem álltak rendelkezésre, elsősorban a záróréteg elektrolitikus kialakításának lehetőségeit kellett megvizsgálni. E kísérletek során megállapítottuk, hogy a titán gyenge és középerős savakban (disszociációs állandó 10^{-2} — 10^{-3}) passzíválódik és a felületen anódos oxidáció esetén kis áteresztésű záróréteg alakul ki. Bórsav, citromsav, ecetsav híg oldataiban a réteg teljes záróhatást mutat, nemcsak szobahőmérsékleten, hanem 100 C° hőmérsékleten is. A titánfém és oxidjának fenti elektrolitekben való oldódása elhanyagolhatóan csekély. A réteg felületén a formálási végfeszültség nagyságától függően interferencia színek láthatóak. Növekvő formálási végfeszültségek és rétegvastagságok esetén a réteg interferenciaszínei többször átfutják a teljes spektrumot.

A titán felületén kialakított dielektromos záróréteg fajlagos kapacitása, a formálási végfeszültségtől függően, 3—6-szorosa az alumíniumanóddéhoz képest. Alacsony formálási végfeszültségeken a növekedés nagyobb, mint magasabb feszültségeken. A réteg dielektromos állandójának és veszteségi szögének frekvenciafüggése hasonlít az alumíniumoxidéhoz. A kapacitás az alacsony frekvenciák tartományában (50 Hz—5 KHz) kb. 30%-os csökkenést mutat.

A formálási kísérletek során a réteg időbeni és villamos terhelés alatti stabilitását is vizsgálat tárgyává tettük. A tartós vizsgálatok alatt egyes esetekben kisebb, más esetekben nagyobb stabilitás volt tapasztalható. Ez minden valószínűség szerint a titánfém tisztaságával függhetett össze. A mért átvezetési áramok is rendkívül nagy szórást mutattak a különböző titánminták minőségétől függően.

A kísérleteknél felhasznált titánlemezeket a Fémipari Kutató Intézet és a Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke bocsátotta rendelkezésünkre. Az első minták (1954) Kroll eljárással készültek, tisztaságuk kb. 98—99%-os volt. 1955—56 folyamán már nagyobb tisztaságú tömböket, lemezeket kaptunk.

Mivel tekercselésre alkalmas, 50—100 μ vastagságú fóliák előállítására egyelőre nem lehetett számítani, más módszert alkalmaztunk. Vékony és durvított felületű alumíniumfóliákra vékony titánfém réteget gőzöltünk vákuumban. A további kísérletek nagy része már így folyt le. Ezáltal lehetővé vált kondenzátortekercsek készítése a szokásos formákban. E kondenzátorok fajlagos kapacitása 3—6-szorosa volt

az alumíniumanódú kondenzátorokéhoz képest; az átvezetési áramok szórása és átlagos értéke $0,2-0,8 \mu\text{A/Volt} \cdot \mu\text{F}$ volt, ami a 99,5%-os tisztaságú alumíniumanód átvezetési áramával egyenértékű és így még nem volt kielégítő. Az átvezetési áramok értékének leszorítása összefügg a nagyobb tisztaságú titán előállítási lehetőségeivel.

3. A fajlagos kapacitás növelése a katódoldalon jelentkező kapacitás növelése útján

a) Az első kísérleti megfigyelések

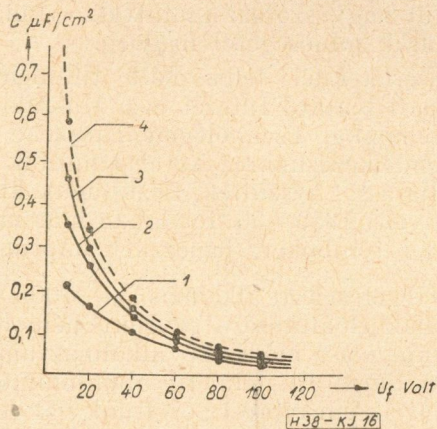
Az 1954-ben folytatott rétegekialakítási kísérletek során megfigyeltük, hogy Güntherchulze [7] által megállapított összefüggés, amely elektrolitikus kondenzátorok kapacitását a formálási végfeszültség függvényében adja meg és amelyet kondenzátorok méretezésére használ fel, az alacsony formálási feszültségek tartományában látszólag nem érvényes. Az összefüggés:

$$C = \frac{k_1 F}{U_f} \mu\text{F} \quad (2)$$

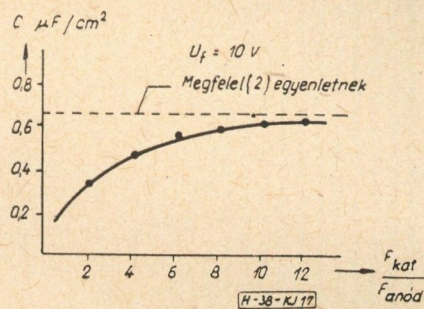
ahol U_f a formálási végfeszültség voltokban, F az anód felülete cm^2 -ben, k_1 az anód anyagtól függő állandó (alumínium esetén $k_1 = 6,28$).

Az elektrolitikus fürdő sarkain mért kapacitás kisebb, mint (2) egyenlet szerinti. A megfigyelt eltérések annál nagyobbak voltak, minél alacsonyabb volt a formálási végfeszültség.

Az is megfigyelhető volt, hogy a kapott cellakapacitás nagysága a fürdőbe merülő katódlemez felületének méreteitől függött. Ha a katódlemez felületének nagyságát növeltük, nőtt a cella kapacitása is. A növekedés azonban nem volt egyenletes, bizonyos határon túl már nem volt hatásos. A kapacitás asszimptotikusan közeledett egy értékhez, amely éppen (2) egyenlet szerinti volt. A 16. ábra mutatja a formálási kísérletek során mért kapacitást



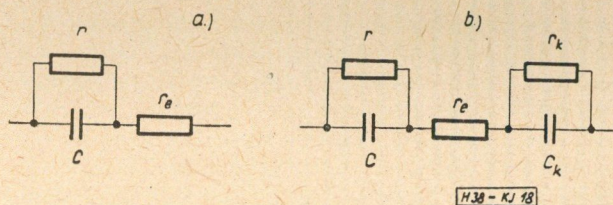
16. ábra. A formáló cella kapacitása a formáló feszültség függvényében különböző méretű katódok esetén; 1 $F_{\text{kat}} = F_{\text{anód}}$; 2 $F_{\text{kat}} = 2 \cdot F_{\text{anód}}$; 3 $F_{\text{kat}} = 4 \cdot F_{\text{anód}}$; 4 (2) egyenlet szerint számítva



17. ábra. A formáló cella kapacitásának változása a katódfelület méretének függvényében

és a (2) egyenlettől való eltérést a formálási végfeszültség függvényében. A 17. ábra szemlélteti a katódfelület növekedésének hatását.

A cella kapacitásának ezt a viselkedését a katód oldalán jelentkező kapacitás feltételezésével lehet megmagyarázni. A vizsgálat céljából bővítsük ki az elektrolitikus kondenzátorok leegyszerűsített egyenértékű helyettesítő kapcsolását 18b. ábra szerint. Az ábrán fel van véve egy kapacitás (C_k) és egy veszteségi ellenállás (r_k) a katódoldalon. Az anódon kiformált réteg kapacitását C -vel, veszteségi ellenállását



18. ábra. Helyettesítő villamos séma; a) a katódoldali kapacitás nélkül; b) a katódoldali kapacitás figyelembevételével

r -rel, az elektrolit ellenállását r_e -vel jelöltük. 18b. ábrán bemutatott kondenzátor kapacitása C_k katódoldali soros kapacitás jelenléte miatt kisebb, mint a 18a. ábra szerinti. Tekintsük el első közelítésben r , r_e és r_k ellenállások jelenlétét, amit megtehetünk, ha vizsgálatainkat igen alacsony frekvencián végezzük. Ekkor 18b. ábra szerinti kondenzátor eredő kapacitása (C') egyszerűen számítható:

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_k} \quad (3)$$

Ha C_k , C nagyságrendjében van, vagy esetleg még ennél is kisebb, akkor

$$C' < C$$

Ha azonban C_k -t növelni kezdjük C -hez képest (pl. a katódlemez felületét megsokszorozzuk) és

$$C_k \gg C, \text{ akkor } C' \rightarrow C.$$

A katódoldali kapacitás feltételezésével magyarázatot adhatunk tehát fenti kísérleti megfigyelések okára. Nagyobb formálási végfeszültség

ségeknél az anódoldalon megvastagodik a dielektromos záróréteg, C hiperbólikus függvény szerint csökken és mindinkább eltávolodik C_k nagyságrendjéből. Alacsony formálási végfeszültségeknél azonban C_k nagyságrendjéhez közeledik, sőt bizonyos, később tárgyalandó esetekben egy nagyságrenddel kisebb is lehet C_k -nál. A mért eredő kapacitás C' tehát már nem követheti (2) egyenlet szerinti összefüggést.

Hasonló a helyzet akkor is, ha a formálási végfeszültséget állandónak tartjuk és a katód-felület nagyságát és ezzel együtt C_k értékét növeljük. Ha C_k -t növeljük, akkor a katódoldali kapacitás, mint C -vel sorosan kapcsolt kapacitás, egyre csökkenő hatást fejt ki az eredő C' -re.

C_k nagyságának meghatározásához szükséges a katódoldalon lefolyó jelenségeket közelebbről tanulmányozni.

b) A katódoldalon jelentkező kapacitás (C_k) vizsgálata

A katód oldalán jelentkező kapacitást két részből összetettnek vehetjük:

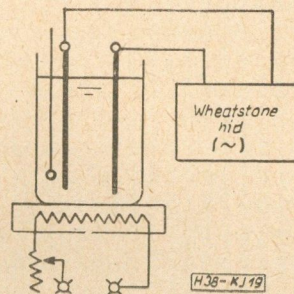
1. A polarizáció okozta kapacitás
2. A katód felületén levő természetes oxidréteg kapacitása

Vizsgáljuk meg először a polarizációs kapacitást. Az elektrokémiából ismert jelenség az, hogy ha egy fémeket elektrolitba helyezünk, akkor potenciálkülönbség lép fel a fém és az elektrolit között. A jelenséget elektrokémiai polarizációnak nevezzük. A keletkező potenciálkülönbség onnan származik, hogy a fémionoknak az oldatban más a kémiai potenciálja, mint a fémben. A fémionok tehát abból a fázisból, melyben nagyobb a kémiai potenciáljuk, átmennek a kisebb potenciálú fázisba. Ha például a fémionok kémiai potenciálja a fémben nagyobb, mint az oldatban, akkor a fémionok mennek a fémről az oldatba. Mivel azonban az elektronok nem léphetnek át az oldatba, az eredetileg semleges fém az ionátmenet következtében negatív töltéssel marad vissza, amely az oldatba ment fémionokat a fém felületéhez vonzza. A fázishatárnak az oldat felőli részén ennek folytán fémionokból, a fém felőli részen pedig elektronokból álló ún. *kettős réteg*, a Helmholtz-féle kettős réteg jön létre, amely egy molekuláris méretű kondenzátorhoz hasonlít. Ezt a molekuláris méretű kapacitást polarizációs kapacitásnak nevezzük. E kapacitás értéke igen nagy, mivel fejezeteinek távolsága molekuláris méretű.

A katódoldalon mutatkozó kapacitás másik része, az alumínium felületén levő természetes oxidréteg okozta kapacitás. Az alumínium felületén a levegő oxigénjével való érintkezés folyamán igen gyorsan vékony oxidréteg képződik. E réteg vastagságára vonatkozólag Steinheil [9], Vernon [10], Güntherschulze [7] és Zakgeim [11] közölnek adatokat. Részben súly-, részben optikai és kapacitásméréseikből számí-

tott vastagsági adataik jelentékeny eltéréseket mutatnak egymáshoz képest. Különösen nagy eltérések vannak a kapacitásból és súlymérésből számított értékek között. E mérésekből számított adatok különbözőségeinek valószínű okaira a továbbiakban még visszatérünk.

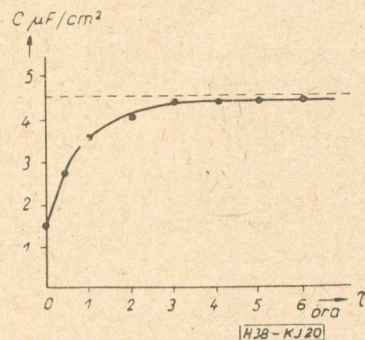
A katódoldalon mutatkozó kapacitásvizsgálatok első része az egyszerre jelentkező kétféle kapacitás szétválasztására irányult. Előbb a polarizációs kapacitás nagyságát igyekeztünk adott körülmények mellett meghatározni. E vizsgálatokhoz a 19. ábrán látható elrendezést készítettük el. Az ábrán látható elektrolitikus cellába két kiformálatlan alumínium-lemez nyúlik be. A lemezek 99,99%-os tisztaságúak és azokat előzetesen 1,5%-os Na(OH) vizes oldatában 2 percig 80 °C hőmérsékleten dekapiroztuk. A fürdőt megtöltöttük 10%-os HCl vizes oldatával és a hőmérsékletet addig emeltük, amíg a fürdő gyenge pezsgést mutatott. Ekkor a felületen levő természetes oxidréteg már feltehetően nagy részében fellazult. A cella kapcsaira kis váltakozó feszültséggel (0,1 Volt eff.) táplált Wheatstone-hidat kapcsoltunk és



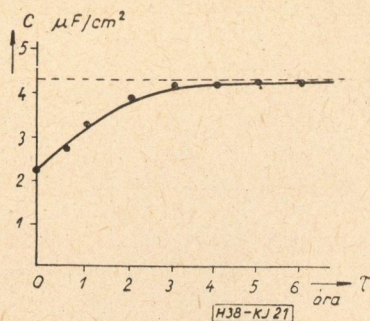
19. ábra. Kísérleti összeállítás a polarizációs kapacitás tanulmányozásához

figyeltük a hidon mért kapacitás változását a bekapcsolási idő függvényében. A mérés eredményeit a 20. ábra mutatja. Mint látható, a kapacitásérték kb. $4,5 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ felé asszimptotizál. Amidőn a kapacitásérték már alig változott, feltételezhető, hogy a felület nagy része megszabadult a természetes oxidrétegtől.

A második mérést úgy végeztük, hogy a sósavas cellából hirtelen kiemeltük az elektródákat



20. ábra. A 19. ábra szerinti elrendezésben mért kapacitás változása az idő függvényében (1. mérés)



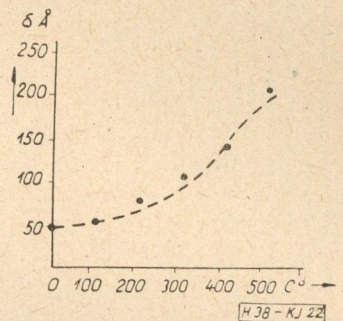
21. ábra. A 19. ábra szerinti elrendezésben mért kapacitás változása az idő függvényében. (2. mérés)

és áthelyeztük igen rövid idő alatt (1–2 sec.) egy bórsavas (bórsav-glikol-vizes ammónia) elektrolittal megtöltött cellába. Az áttevés alatt a lemez a levegőn újból oxidálódott, amit a 21. ábrán látható karakterisztika mutat. A kapacitásérték lecsökkent $2,3 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ -re. Ha a bórsavas elektrolit cellát több órán keresztül 130°C hőmérsékleten tartottuk, és a kapacitásértéket újból az idő függvényében felvettük, akkor 21. ábra menete szerint a cella kapacitása újból lassan emelkedni kezdett, és kb. $4,2 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ érték felé közeledett. Feltehető ezek szerint az, hogy a cellakapacitás növekedése mindkét fenti esetben az elektródákön levő természetes oxidréteg eltávolításával függött össze. A mért kapacitás megközelítette a polarizációs kapacitást.

A vizsgálatok második része a természetes oxidréteg okozta kapacitás vizsgálatára irányult. A lefolytatott sorozatos mérések azt mutatták, hogy a természetes oxidréteg okozta kapacitás több tényezőtől függ. Függés mutatható ki a fólia anyagának szennyezéseitől, a fólia hőkezelésének körülményeitől, függés tapasztalható attól is, hogy a fóliát milyen nedvességű térben tároltuk, mostuk-e vízben és milyen hőmérsékleten stb. A kapacitásmérésekből, figyelembe véve a polarizációs kapacitás jelenlétét, visszaszámítható a természetes oxidréteg vastagsága is.

A 99,99%-os tisztaságú sima alumíniumfólián levő természetes oxidréteg vastagsága a nátronlúgos dekapírozás után közvetlenül mérve: (kapacitásmérésből visszaszámított vastagsági érték) $35\text{--}50 \text{ \AA}$. A kapacitásmérésből való visszaszámításnál figyelembe vettük a polarizációs kapacitás jelenlétét is. Ezt úgy tekintettük, mint a természetes oxidréteggel sorosan kapcsolódó kapacitást, $4,5 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ kapacitásértékkel. Pl. amennyiben a lemezen $1,33 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ kapacitást mértünk, ez a természetes oxidrétegre nézve $1,92 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ -t jelent a soros kapcsolás miatt. Ehhez a kapacitás értékhez $35 \text{ \AA}$ átlagos rétegvastagság tartozik. Mint látható, a katódoldali kapacitás értékének alakulásában a természetes oxidréteg kapacitásának jut a nagyobb szerep. Hasonló körülmények között a 99,7%-os tisztaságú hazai kohóalumíniumnak a kapacitásmérésből visszaszámított természetes oxidréteg vastagsága $110\text{--}180 \text{ \AA}$.

A hőkezelés körülményeinek igen nagy hatása van a kialakuló réteg vastagságára. Ha a dekapírozott 99,99%-os tisztaságú alumíniumfóliát 3 órán keresztül különböző hőmérsékleteken izzítjuk, lényeges vastagodás tapasztalható. A 22. ábra mutatja a réteg vastagodását a 3 órás hőkezelés hőmérsékletének függvényében. Itt meg kell jegyezni azt, hogy a fólia gyártásakor az egyes hengerlési fokozatok kö-



22. ábra. A természetes oxidréteg vastagsága a hőkezelés hőmérsékletének függvényében

zött és legvégül, a fóliát lágyító hőkezelésnek vetik alá. Ez az oka annak, hogy a hengermű által szállított fóliák természetes oxidrétegének vastagsága általában igen tekintélyes.

Hatással van a természetes oxidréteg vastagságára a környező levegő nedvessége is. Pl. 85%-os relatív nedvességű térben 35°C hőmérsékleten 100 óra alatt a természetes oxidréteg vastagsága $45 \text{ \AA}$ -ról $180 \text{ \AA}$ -re növekedett a 99,99%-os tisztaságú alumíniumon. Még ennél is nagyobb a vastagodás vízbenállás, mosás, különösképp pedig melegvízben állás hatására. Pl. 80°C hőmérsékleten 1 órás vízbenállás a réteg vastagságát $630 \text{ \AA}$ -ra növelte.

A természetes oxidréteg, hasonlóképpen mint az anódosan formált réteg is, pórusos szerkezetűnek vehető. Ezt alátámasztja az is, hogy Steinheil, Vernon és Güntherschulze optikai és súlymérés alapján számított természetes oxidréteg vastagsági adatai nagy eltéréseket mutatnak, fenti, kapacitásmérésből számított rétegvastagsági méretektől. Hasonló eltérés tapasztalható Zakgeim méréseinél is, aki kapacitásmérésekből számított rétegvastagságot. Az 1. táblázat összehasonlítást mutat a különböző szerzők mérési adatairól. A különbségek egyik oka az, hogy a vizsgált anyagok és a vizsgálati körülmények között eltérések voltak. Ezentúl azonban kétségtelenül megállapítható, hogy a súly- és az optikai mérésekből kapott vastagságok nagyobbak, mint a kapacitásmérésekből számítottak. Ezek az eltérések már nem tekinthetők mérési hibáknak, vagy a különböző körülményekből származóknak. Az eltérések okát a természetes oxidréteg pórusos struktúrájában lehet keresni. A kapacitásmérésnél figyelembe veendő körülmény az, hogy az elektrolit beférkőzhet a réteg pórusaiba és ezért adód-

1. táblázat

Az alumíniumon levő természetes oxidréteg vastagsága. Mérési adatok összehasonlítása

Szerző	Mérési módszer	Vizsgálati körülmények	Átszámítás módja	A réteg vastagsága Å
Steinheil	optikai	30 nap után 20 C°	—	400
Vernon	súlynövekedés	90 nap után 20 C°	fajsúly:3,9	200
Günther-schulze	súlymérés	20 C°	fajsúly:3,4	400
Zakgeim	kapacitásmérés	99,95 % tisztaságú	—	75
Saját mérések	kapacitás mérések	99,99 % tisztaságú 20 C°-on Dekapírozás + 90 perc után	$\epsilon = 7,5$	35—50
		99,99 % tisztaságú 500 C°-on 3 órás izzítás után	$\epsilon = 7,5$	190—230
		99,7 % tisztaságú 20 C°-on dekapírozás + 90 perc után	$\epsilon = 7,5$	110—180
		99,99 % tisztaságú, 85 % rel. nedv. térben 35 C°-on 100 óra után	$\epsilon = 7,5$	190
		99,99 % tisztaságú, 80 C° vízben 1 óra után	$\epsilon = 7,5$	630

hat egy lényegesen kisebb hatásos dielektromos rétegvastagság, mint a súly- vagy az optikai mérésekből származó esetben.

A nedves környezet hatása alatt mutatkozó nagymértékű rétegvastagodást a felületen képződő mikroelemek működésének lehet tulajdonítani. Feltehető, hogy a felületen képződő nedves hártya a felület különböző potenciálkülönbséget mutató helyei között mikroelemként hat és korrózió hatást fejt ki [3]. E potenciálkülönbségek oka lehet a fémbe levő különböző szennyezések és egyes helyek különböző mértékű mechanikai igénybevételeből származó potenciálkülönbség. Ez az elektrolízis mindaddig folyhat, míg az újonnan keletkezett vastagabb réteg el nem zárja az utat a mikroelem további elektrolíziséhez. A természetes oxidréteg vastagságának e vizsgálatai alapján szükségessé vált bizonyos intézkedések megtétele a kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátorok előállításánál. A katód fóliákat ugyanis eddig minden különösebb kezelés nélkül használták fel a gyártásban, meglehetősen vastag és erősen változó természetes oxidréteggel. Ez is egyik oka volt annak, hogy a fajlagos kapacitás a kisfeszültségű kondenzátoroknál igen kicsi volt. Szükségessé vált a dekapírozás bevezetése a felhasználás előtt.

c) Kisfeszültségű, miniatűr méretű kondenzátorok kidolgozása

Fenti vizsgálatokból az látszik, hogy a kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátorok fajlagos kapacitásának növelése céljából célszerű a katódoldalon jelentkező soros kapacitást lényegesen megnövelni. Ennek egy egyszerű módja az alumíniumkatód felületének megnövelése felületi feldurvítás révén, ügyelve arra, hogy a felület természetes oxidrétegének vastagsága minimális legyen. Ennek érdekében a felhasználás előtt helyes a felületet erőteljesen dekapírozni.

Vizsgáljuk meg az ezáltal elérhető fajlagos kapacitásnövekedést. A fajlagos kapacitás a térfogategységre számítva:

$$C_f = \frac{C'}{V} \quad (4)$$

ahol V , a kondenzátortekercs köbtartalma cm^3 -ben.

$$V = F_1 \delta_1 \quad (5)$$

ahol F_1 a fegyverzetek felülete cm^2 -ben,

δ_1 az anód, katód és a papírosbetét vastagságainak összege cm -ben. Legyen az anód feldurvított felületének látszólagos felületnövekedési tényezője k_l , akkor az anódoldali kapacitás szempontjából figyelembe veendő hatásos felület:

$$F = k_l F_1 \quad (6)$$

(3) egyenlet szerint az eredő kapacitás

$$C' = \frac{C \cdot C_k}{C + C_k} \quad (3)$$

ahol C az anódoldali, C_k a katódoldali kapacitás μF -ban.

Legyen a katódoldali fajlagos felületi kapacitás (egy cm^2 -re eső rész) C_{K1} , akkor

$$C_K = F_1 C_{K1} \quad (7)$$

(2) egyenlet szerint az anódoldali kapacitás:

$$C = \frac{k_l F}{U_f} = \frac{k_l k_1 F_1}{U_f} \quad (8)$$

(7) és (8) egyenleteket (4)-be téve, kapjuk:

$$C' = \frac{\frac{k_l k_1 F_1}{U_f} F_1 C_{K1}}{\frac{k_l k_1 F_1}{U_f} + F_1 C_{K1}} = \frac{k_l k_1 F_1 C_{K1}}{k_l k_1 + U_f C_{K1}} \quad (9)$$

A fajlagos kapacitást pedig (4) egyenlethől kapjuk:

$$C_f = \frac{k_l k_1 C_{K1}}{(k_l k_1 + U_f C_{K1}) \delta_1} \quad (10)$$

Eddigi számításainknál a katód felületét símának vettük. Ha a katód felületét is feldurvítjuk, a felületét k_1 -szeresre növeljük, az eredő kapacitás megváltozik ($\bar{C}'$):

$$\bar{C}' = \frac{k_l k_1 F_1 C_K}{k_1 + U_f C_{K1}} \quad (11)$$

és ennek megfelelő fajlagos térfogati kapacitás:

$$\bar{C}_f = \frac{k_1 k_1 C_{K1}}{(k_l + U_f C_{K1}) \delta_1} \quad (12)$$

Ha (12) és (10) egyenletet egymással elosztjuk, kapjuk a fajlagos kapacitásnövekedést (n), amit a katód felületének megnövelése eredményezett:

$$n = \frac{\bar{C}_f}{C_f} = \frac{k_1 + U_f C_{K1}}{k_l k_1 + U_f C_{K1}} \quad (13)$$

Példaképpen vizsgáljuk meg $k_l = 8$ -szoros látszólagos felületnövekedési tényező és $C_{K1} = 1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ katódoldali kapacitás jelenléte esetén, a katód feldurvításának hatását a fajlagos kapacitás növekedésére. A 2. táblázat mutatja a növekedés (n) mértékét különböző formálási végfeszültségeknél.

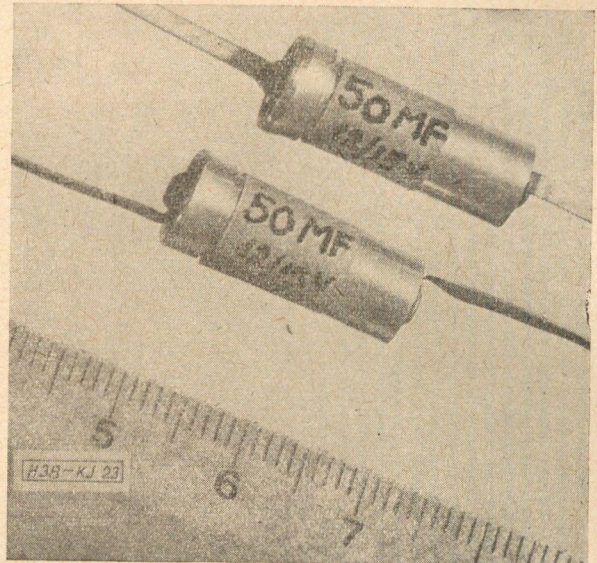
2. táblázat

A fajlagos kapacitás növekedése a katódoldali kapacitás növelése útján, különböző formálási végfeszültségek esetén $C_{K1} = 1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$, $k_l = 8$, $\delta_1 = 0,015 \text{ cm}$, $k_1 = 6,28$

Formálási végfeszültség Volt	$C_f \mu\text{F}/\text{cm}^2$ faj- lagos kapacitás sima katód esetén	$C_f \mu\text{F}/\text{cm}^2$ faj- lagos kapacitás, feldurvított katód esetén	$n = \bar{C}_f$, a faj- lagos kapacitás növekedése
5	48,5	295	6,10
10	45,4	205	4,55
20	39,6	130	3,26
50	29,2	59,5	2,04
100	20,3	31,5	1,56
200	12,7	16,3	1,28

E táblázatból látható, hogy a fajlagos kapacitás növekedése a kisfeszültségek tartományában igen hatásos. A táblázatban közölt növekedés mértéke (10) és (12), valamint (13) egyenletekből kiszámított érték. A növekedés a valóságban azonban nagyobb, mint a fenti számítás szerinti. A számítás ugyanis nem veszi figyelembe a dekapírozás hatását.

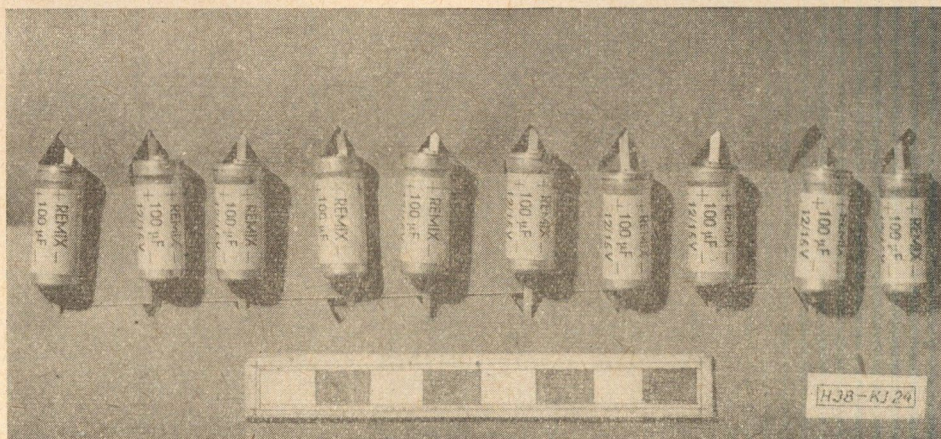
Mivel ez ideig a katódlemezeknél általában nem alkalmaztak a beépítés előtt dekapírozást, a természetes oxidréteg vastagsága sok esetben



23. ábra. A miniatűr kivitelű kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátorok első laboratóriumi mintapéldányai (1954 okt.)

a 100 Å-t is elérte. Dekapírozás révén tehát még további fajlagos kapacitásnövekedés érhető el. Ezt is figyelembe véve a fajlagos kapacitásnövekedés mértéke az eddig előállított kondenzátorokhoz képest 10–20-szoros értéket is elérheti a kis formálási végfeszültségek tartományában.

Fenti kísérleti eredmények alapján lehetővé vált a kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátorok miniatürizálása az üzemi gyakorlat számára is. E munkálatok során új gyártástechnológiai eljárások is bevezetésre kerültek az 1955–56. év folyamán. Az anód és a katód-fóliák feldurvítását optimális, látszólagos felületnövekedési tényezőre $k_f = 10$ –12 értékre állítottuk be a kisfeszültségek tartományában. A katód-fóliák dekapírozásával a természetes oxidréteg vastagságát 35–40 Å-re csökkentettük. Az anódán kialakított dielektromos záróréteget is új technológiai eljárással állítottuk elő [13]. Ezzel lehetővé vált az átvezetési áramok ér-



24. ábra. A miniatűr kivitelű kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátorok első üzemi gyártásának példányai (1956 jan.)

tékét 0,003—0,006 $\mu\text{A/Volt} \cdot \mu\text{F}$ értékre le-szorítani.

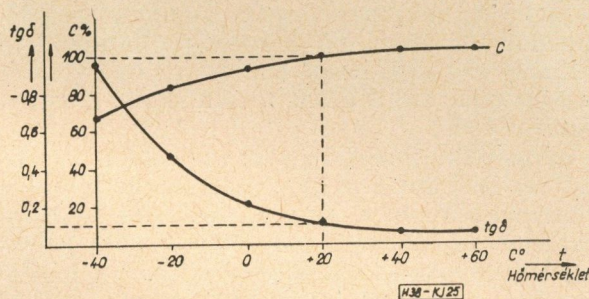
Az így elkészült kondenzátorok méreteit a 3. táblázat mutatja, összevetve az eddigi szabványos méretű típusokkal. A laboratóriumi kísérletek után 1956. év folyamán e miniatűr méretű kondenzátorok üzemi gyártásba kerültek. A 23. ábra mutatja az első laboratóriumi mintapéldányokat, 24. ábra pedig az első üzemi gyártásból származó darabokat.

3. táblázat

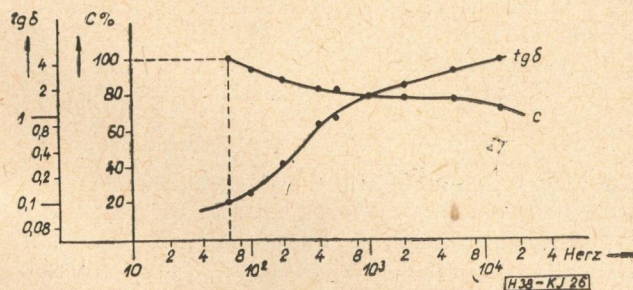
Összehasonlító mérettáblázat az eddig gyártott, szabványos méretű és a miniatűr kivitelű, kisfeszültségű elektrolitikus kondenzátorokról

Névleges és csúcsfeszültség, Volt	Kapacitás μF	Az MSZ 1558 T szabv. adatai			A miniatűr kondenzátorok adatai			Térfogatok aránya
		átm.-rő d mm	hossz l mm	kőbtart. mm ³	átm.-rő d mm	hossz l mm	kőbtart. mm ³	
6/8	25	17	48	10 380	3,5	19	183	1 : 59
	50	17	48	10 380	5	19	370	1 : 29
	100	17	48	10 380	5	19	730	1 : 14,8
12/15	25	17	48	10 380	5	19	370	1 : 29
	50	17	48	10 380	7	19	730	1 : 14,8
	100	20	48	15 200	10	19	1480	1 : 10,3
30/35	25	17	48	10 380	7	19	730	1 : 14,8
	50	20	48	15 200	10	19	1480	1 : 10,3

A 25. és 26. ábrák e kondenzátorok kapacitásának és veszteségi tényezőjének hőmérséklet- és frekvenciafüggését mutatják.

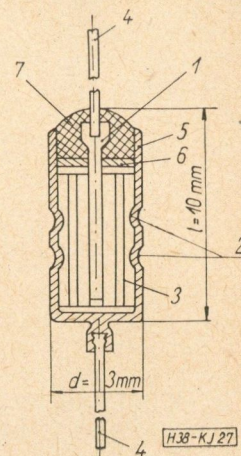


25. ábra. A kapacitás és a veszteségi tényező változása a környezeti hőmérséklet függvényében a kisfeszültségű miniatűr kivitelű elektrolitikus kondenzátoroknál; 12/15 V, 100 μF , $f = 50$ Herz



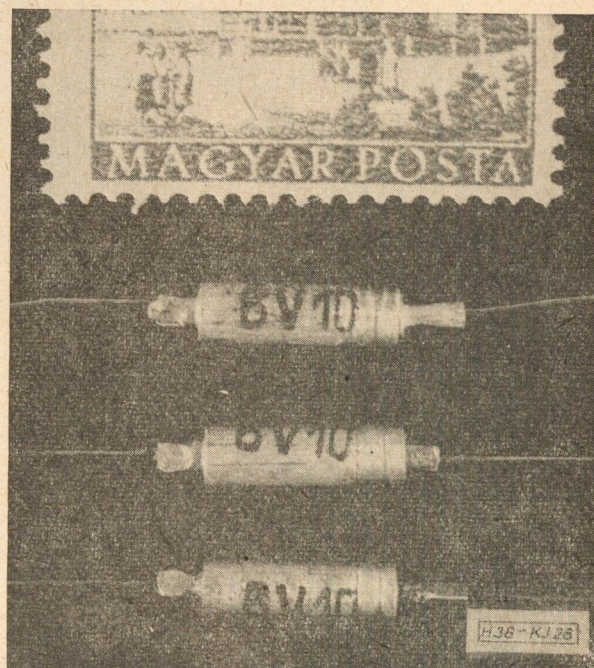
26. ábra. A kapacitás és a veszteségi tényező változása a frekvencia függvényében a kisfeszültségű miniatűr kivitelű elektrolitikus kondenzátoroknál; 12/15 V, 100 μF , $t = 20$ C°

27. ábra. A kisfeszültségű szubminiatűr elektrolitikus kondenzátorok szerkezeti rajza; 1. anód kivezető (99,99%); 2. katód kontaktusok; 3. kondenzátortekercs; 4. kivezető huzal; 5. alumíniumház; 6. szigetelőtárcsa; 7. műgyantalezárás



A katódoldalon mutatkozó kapacitás növelésének elvén 1957. év folyamán kidolgozásra kerültek a tranzisztor áramkörök céljaira alkalmas kisfeszültségű szubminiatűr elektrolitikus kondenzátorok is. Mivel tranzisztor áramkörökben a névleges feszültségek alacsonyak és a szükséges kapacitások túlnyomó többsége is kisebb értékű, lehetővé vált fenti elv alapján igen kis méretű, szubminiatűr kondenzátorokat készíteni. Pl. egy 6/8 Volt üzemi feszültségű 10 μF kapacitású kondenzátortekercs átmérője 2,5 mm, hossza 6 mm.

Az igen kis méretek miatt új konstrukcióra és új technológiai módszerek alkalmazására volt szükség. Nehézséget jelentett az elektródok kivezetése és az igen kis méretű ház légmentes elzárása. Az elektródok kivezetésénél használatos szegecseléstől a kis méretek miatt el kellett térni. Árammal való hegesztést sem



28. ábra. A mintapéldányok fényképe

lehetett alkalmazni, mert a hegesztési pontok korróziót mutattak a hegesztésnél elkerülhetetlen szennyeződések bevitale miatt. Az elektródák hideg összefolytatási (cold pressure welding) módszere látszott megfelelőnek. Az anód kivezetője egy 99,99%-os tisztaságú huzaldarab, melynek egyik oldalát vékonyabbra lapítottuk el és hidegen hozzá felyatuk az anódfóliához. A másik, a kondenzátorból kiálló végébe egy lyukat nyomtunk be, amihez ugyancsak hideg összefolytatással csatlakozik az ónozott rézelvezető huzal. A katód elvezetése hasonlóképpen készült. A 27. ábra a kondenzátorok szerkezeti rajzát, a 28. ábra pedig a mintapéldányok fényképét mutatja. E kondenzátorok tömeges gyártása 1959. év elején indult meg.

IRODALOM

1. W. R. Evans: Thin films in relation to corrosion problems. Metal Ind. London 267. 39. 1931.
2. G. V. Akimov: Fémek korróziójának elmélete. Budapest, 1951.

3. Erdey-Gruz T., Schay G.: Elméleti fizikai kémia. II. k. Budapest, 1954.
4. R. M. Myers: The sintering of electrolytic tantalum powder. Metallurgia 307. 1948.
- 4a. M. Schenk: Werkstoff Aluminium und seine anodische Oxidation. Bern. 1948.
5. L. W. Foster: Tantalytic Capacitors. Gen. El. Rev. 38. 10. 1951.
6. Katona J., Wassel K. R.: Találmányi bejelentés 1955. aug. 15.
7. A. Güntherschulze, H. Betz: Elektrolytkondensatoren. Berlin. 1952.
8. Katona J.: Találmányi bejelentés. 1954. máj.
9. A. Steinheil: Ann. Phys. 465. 19. 1934.
10. W. H. J. Vernon: Trans. Faraday Soc. 150. 23. 1927.
11. L. N. Zakgeim: Elektroliticeszkije kondensatori Moszkva, 1954.
12. Katona J., Pichler F.: Találmányi bejelentés. 1954. okt. 25.
13. Katona J.: Eredményeink az elektrolitikus kondenzátorok fejlesztésében. Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. oszt. közlm. 1956. XX. k. 1—2. sz.

Negatív impedanciák alkalmazása áramkörök kéthuzalos erősítésére

PÁL GASZTON, BHG

I. rész

A negatív impedancia fogalma. A negatív impedanciák jellege és felosztásuk. A különböző típusú negatív impedanciák realizálása különböző áramkörökkel. Stabilitásra vonatkozó megfontolások. A különböző negatív impedanciák áramköri realizálására vonatkozó méretezési szempontok és a gyakorlati méretezés módszerei. Áramköri analízis. Alkalmazással összefüggő szempontok. Az elektroncsövekkel és tranzisztorokkal történő megoldási lehetőségek összehasonlítása. Egy megvalósított negatív impedanciájú erősítő berendezés részletes áramköri ismertetése. A szolgáltatások és alkalmazási lehetőségek.

Általános elméleti megfontolások

Az impedancia legáltalánosabb fogalmazás szerint felfogható olyan lineáris kétpólusnak, amelynek rövidzárási árama és üresjárási feszültsége egyaránt zérus és amely abszolút értékre nézve elegendő tesz az Ohm-féle törvénynek. A fenti fogalmazás alkalmas arra, hogy felöllelje a pozitív és negatív impedanciák összes típusát, de kizárja a fogalmi körből a generátorokat. Az általánosan értelmezett impedanciák előjelüket és alapvető fizikai tulajdonságukat tekintve kétfélék, és pedig pozitív, vagy negatív impedanciák lehetnek. Az előbbi esetben a pozitív impedanciára kapcsolt feszültség (áram) hatására az Ohm-törvény szerinti nagyságú és előjelű áram (feszültség) jön létre és a pozitív impedancia teljesítményt vesz fel az áramkörből, mellyel össze van kapcsolva.

Az általánosságban vett negatív impedanciák, — jellegüket és fizikai tulajdonságukat tekintve — kétfélék lehetnek. Crisson-tól származó elnevezés szerint az egyik típus a soros jellegű, a másik pedig a parallel jellegű negatív

impedancia. A kétféle típus egymástól eltérő és egymással fel nem cserélhető. Az egyik esetben, a soros jellegű negatív impedanciánál, a negatív impedanciát képviselő kétpóluson átfolyó áram olyan feszültséget hoz létre, mely ellentétesen hat, mint egy pozitív impedancián létrejövő feszültségesés. A másik esetben, a parallel jellegű negatív impedanciánál, a negatív impedanciát képviselő kétpólusra kapcsolt feszültség olyan áramot hoz létre, mely ellentétesen hat, mint a rákapcsolt külső elektromotoros erő.

Bármelyik típusú negatív impedanciájú erősítő realizálható pozitív visszacsatolású erősítő felhasználásával. A pozitív áramvisszacsatolás (bemenet és kimenet sorbakötve) soros jellegű negatív impedancia előállítására, míg a pozitív feszültségvisszacsatolás (bemenet és kimenet parallel kötve) parallel jellegű negatív impedancia előállítására alkalmas.

A fentiek alapján előállított és egy áramkörhöz kapcsolt soros jellegű negatív impedanciát vázol az 1. ábra. Az alkalmazott erősítőt az egyszerűség kedvéért ideálisnak, azaz fázisforratásmentesnek tételezzük fel.

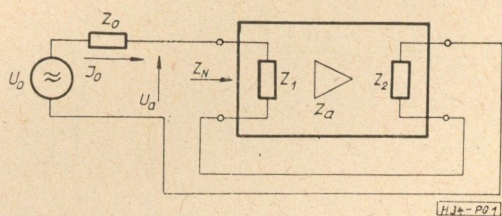
Az 1. ábra jelölései szerint

$$U_0 = (Z_0 + Z_1 + Z_2 - Z_a)I_0$$

ahol Z_a a bemenő áram hatására a kimeneten megjelenő elektromotoros erőnek és az erősítő bemenő áramának a hányadosa. Z_a szerint impedancia jellegű és arányos az erősítéssel:

$$Z_a = c \cdot G$$

ahol a G az erősítés, c pedig állandó.



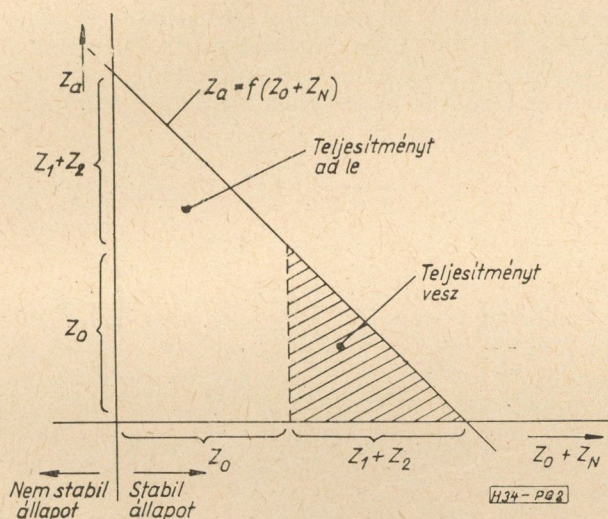
1. ábra. Soros negatív impedancia

A soros visszacsatolású erősítő kétpólus kapcsain a feszültség:

$$U_a = (Z_1 + Z_2 - Z_a) \cdot I_0$$

Innen az erősítő kétpólus ellenállása:

$$Z_N = \frac{U_a}{I_0} = Z_1 + Z_2 - Z_a$$



2. ábra. Áramkörbe iktatott soros negatív impedancia karakterisztikája

A 2. ábra mutatja az áramkörben fellépő stabilitási viszonyokat és az áramkör impedanciájának változását, $Z_a = c G$, vagyis az erősítés függvényében. Az ábra alapján könnyen belátható, hogy abban az esetben, ha Z_1 és Z_2 értékét elhanyagolhatóan kicsinek tételezzük fel, az áramkör mindaddig stabil marad, míg $|Z_a| < |Z_0|$. Ezért a soros jellegű negatív impedancia üresjárásban stabil és stabil marad mindaddig, míg az áramkörben levő összes sorbakapcsolt ellenállások algebrai összege pozitív.

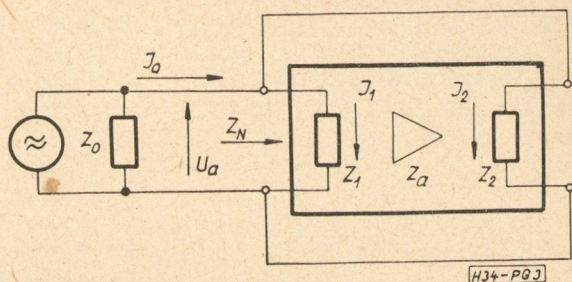
A 3. ábra egy áramkörhöz kapcsolt parallel jellegű negatív impedanciát vázol. Az erősítőt most is fázisforgatásmentesnek tételezzük fel.

A 3. ábra jelölései szerint a bemenő és kimenő áram:

$$I_1 = \frac{U_a}{Z_1} \text{ és } I_2 = \frac{U_a - Z_a \cdot I_1}{Z_2} = \frac{Z_1 - Z_a}{Z_1 Z_2} \cdot U_a$$

Az erősítő pólus teljes árama:

$$I_0 = I_1 + I_2 = \frac{Z_1 + Z_2 - Z_a}{Z_1 \cdot Z_2} \cdot U_a$$



3. ábra. Parallel negatív impedancia

és ebből az erősítő kétpólus impedanciája:

$$Z_n = \frac{U_a}{I_0} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2 - Z_a}$$

Az áramkör eredő hurokimpedanciája:

$$Z = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{\frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_0} + Z_1 + Z_2 - Z_a}$$

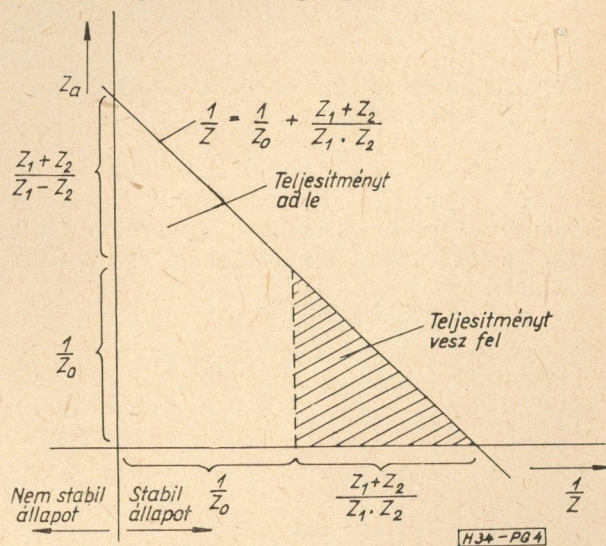
A 4. ábra mutatja az áramkörben fellépő stabilitási és impedancia viszonyokat a Z_a , azaz az erősítés függvényében. Az ábrából látható, hogy az áramkör mindaddig stabil marad, míg

$$|Z_a| < \left| \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_0} + Z_1 + Z_2 \right|$$

és begerjedés következik be, ha

$$|Z_N| = |-Z_0|$$

A parallel jellegű negatív impedancia tehát rövidzársban stabil és stabil marad mindaddig, míg az áramkörben levő összes admitanciák algebrai összege pozitív.



4. ábra. Áramkörbe iktatott parallel negatív impedancia karakterisztikája

Negatív impedanciák alkalmazására vonatkozó megfontolások

A negatív impedanciának az a tulajdonsága, hogy adott áramkörhöz csatlakoztatva, meg-

felelő beállítás mellett az áramkörnek energiát ad át, a negatív impedanciát alkalmassá teszi arra, hogy erősítésre alkalmazzuk. A negatív impedanciák az áramkörben sorosan, vagy párhuzamosan beiktatva az energiaáramlás mindkét irányában meghatározott mértékű negatív csillapítást képviselnek. A negatív impedancia ezért távbeszélő áramkörök kéthuzalos erősítésére alkalmas, villaáramkörök alkalmazása nélkül. Ez az utóbbi körülmény lehetőséget nyújt olyan kéthuzalos erősítők kialakítására, melyek negatív impedanciákból vannak felépítve, és melyeken az egyenáramú jelzések (mikrofon áram, jelzés, távválasztás jelei) megközelítően csillapítás nélkül áthaladhatnak, külön jelzésáttevő lánc alkalmazása nélkül. A negatív impedanciájú erősítőknek az a tulajdonsága, hogy az egyenáramú jelzések átvitelét nem akadályozzák, és nélkülözik a hybrid-transzformátorokat, az eddigieknél lényegesen kisebb méretű és olcsóbb kéthuzalos erősítők tervezését teszik lehetővé. Igen előnyösen lehet alkalmazni negatív impedanciájú erősítőket helyi távbeszélő hálózatban, különösen nagy városokban, ha a távbeszélő hálózat nagy kiterjedése miatt az előfizetői és trunk kábelek csillapítása az előírt határt meghaladja. A hálózat bővítése esetében a negatív impedanciájú erősítő alkalmazása lehetővé teszi a kábel érkeresztmetszetének és ezzel a költségeknek a csökkenését.

További előnye a negatív impedanciájú erősítőnek, hogy megfelelő méretezés esetében, külön kiegyenlítő korrekter áramkörök alkalmazása nélkül alkalmas a kábeláramkörök frekvenciafüggő csillapításának kiegyenlítésére, ami az átvitel minőségét és határhelyzetben az érthetőséget is nagymértékben emeli.

Negatív impedanciájú erősítők alkalmazása kéthuzalos kábeláramkörön

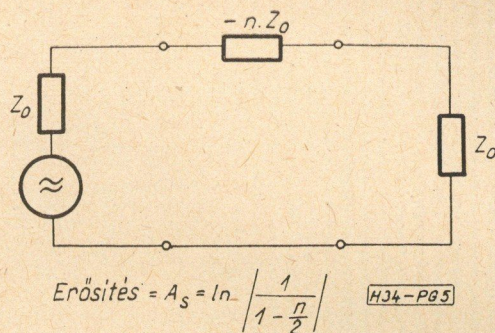
A negatív impedanciájú erősítő hatása abban áll, hogy a pozitív komplex csillapítást tartalmazó áramkörbe negatív komplex csillapítást iktat, azaz az áramkör csillapítását csökkenti.

Az áramkörbe sorosan beiktatott negatív impedanciát jelképesen az 5. ábra tünteti fel. A beiktatott $-n \cdot Z_0$ impedancia beiktatási erősítése:

$$A_s = \ln \left| \frac{1}{1 - \frac{n}{2}} \right|$$

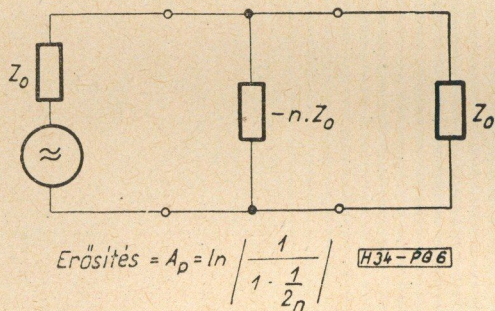
Az áramkörbe parallel beiktatott negatív impedanciát jelképesen a 6. ábra mutatja. A beiktatott $-n \cdot Z_0$ impedancia beiktatási erősítése:

$$A_p = \ln \left| \frac{1}{1 - \frac{1}{2 \cdot n}} \right|$$



5. ábra. Áramkörbe iktatott soros negatív impedancia

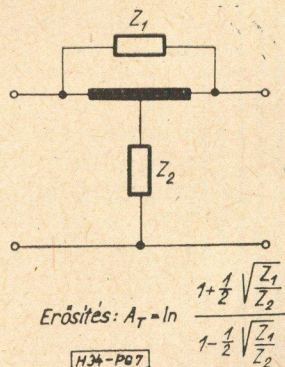
A kétféle negatív impedancia hídkapcsolásban együttesen is alkalmazható (7. ábra), ami azzal az előnnyel jár, hogy az így kiképzett negatív impedanciájú négy-pólus, lévén hullámmellenállása pozitív, a vonalhoz illeszthető, a vonal homogenitását nem zavarja meg és reflexiót nem hoz létre. A negatív impedanciájú négy-pólussal nyerhető erősítés, mint a négy-pólus átviteli tényezője:



6. ábra. Áramkörbe beiktatott parallel negatív impedancia

$$A_T = \ln \left| \frac{1 + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}}{1 - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}} \right| ; \text{ ahol } Z_1 \cdot Z_2 = Z_0^2$$

Z_1 és Z_2 az illesztés szempontjából célszerűen a következő módon választandók: $Z_1 = -2Z_R$



7. ábra. Soros- és parallel negatív impedanciákból képezett, illesztett négy-pólus

$$\text{és } Z_2 = -\frac{1}{2}Z_{\bar{u}}, \text{ ahol}$$

Z_R a vonal rövidzárási impedanciája,
 $Z_{\bar{u}}$ a vonal üresjárási impedanciája,
 Z_0 a vonal hullámimpedanciája.

A negatív impedanciák csillapítás csökkentő hatása, azaz erősítése annál nagyobb, minél jobban követi a vonalba beillesztett negatív impedancia a frekvencia függvényében a vonal impedanciáját, mert annál nagyobb a vonal csillapítást okozó impedanciájának kompenzált része.

A stabilitás határa, ha az áramkör hurokcsillapítása nulla. Ekkor az erősítést jellemző fenti kifejezésekben a nevező zérus, vagyis a beiktatott negatív impedancia megegyezik a beiktatási ponton sorosnak vagy paralelnak tekintett vonal impedanciájával.

A negatív impedanciával elérhető erősítésnek három körülmény szab határt:

1. Az áramkör belső stabilitása. Az erősítést kifejező formulák nevezője kell, hogy zérusnál nagyobb pozitív szám legyen, a vonal impedanciájának a beiktatási ponton várható ingadozását is figyelembe véve,

2. A negatív impedanciát realizáló áramkörben alkalmazott erősítő elemnek (elektroncső, vagy tranzisztor), az adott kapcsolásban, a megengedett maximális torzításhoz tartozó teljesítménye.

3. A negatív impedanciájú erősítőnek az erősítő mezővel együtt értelmezett hurokcsillapítási stabilitása, tekintetbe véve az erősítő és a vonal, valamint a vonal és a lezárás között fellépő reflexiókat. Ez esetben a stabilitás határához tartozó erősítés, az erősítő mező csillapítása és a reflexiós tényezők között az alábbi összefüggés áll fenn:

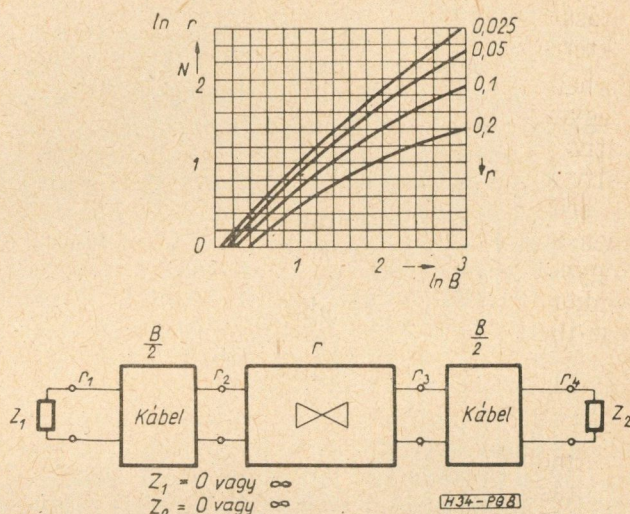
$$\Gamma \cdot \left(r_2 + \frac{r_1}{B_1^2 - r_1 r_2} \right) \cdot \left(r_3 + \frac{r_4}{B_2^2 - r_3 r_4} \right) = 1$$

ahol B_1 és B_2 az erősítőtől jobbra, illetve balra eső kábelszakaszok csillapítása, r_1 és r_4 a kábelszakaszok végein levő lezárásokhoz tartozó reflexiós tényezők, r_2 és r_3 a beiktatott erősítő két kapocspárján fellépő reflexiók tényezője, Γ az erősítési tényező.

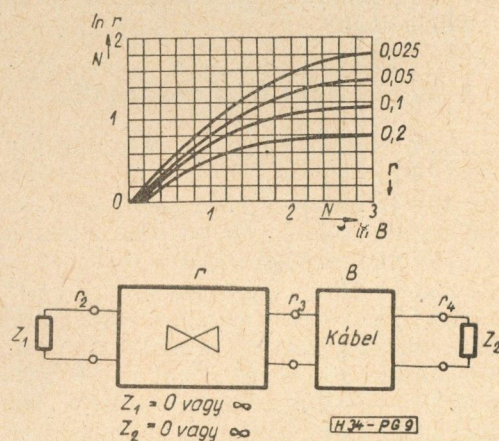
Abban az esetben, ha a negatív impedanciájú erősítő helyi hálózat trunk áramköreiben nyer alkalmazást, az erősítő egyik oldalán, vagy az erősítőhöz csatlakozó kábelszakaszok végein levő lezárásoknál extrém eseteket is figyelembe kell venni. Ezek az extrém lezárások, például üresjárás, a központok kapcsológépeinek üzeme folyamán sorozatosan előállnak. Abban az esetben, ha a negatív impedanciájú erősítő és a kábelszakasz csatlakozásánál a reflexiós tényező $r_2 = r_3 = r$, az áramkör végein pedig a reflexiós tényező: $r_1 = r_4 = \pm 1$ (üresjárás, ill. rövidzárási), akkor az áramkörben alkalmazható erősítésnek az el-

méleti határát a 8. és 9. ábra mutatja az r különböző értékei mellett arra a két esetre, ha az alkalmazott erősítő a kábelszakasz közepén, ill. egyik végén nyer elhelyezést.

Meg kell jegyezni, hogy a görbék csak tájékoztatást adnak, mert a valóságban az áramkör végein a reflexiós tényező gyakran nagyobb, mint az egység, ha a kapacitív jellegű kábel induktív jellegű távbeszélőkészülethez csatlakozik. Természetesen a fenti stabilitási követelményt az átvitt teljes frekvenciasávban ki kell elégíteni.



8. ábra. Kábeláramkörbe beiktatott negatív impedancia stabilitási határa az illesztéseknél fellépő reflexiók függvényében



9. ábra. Kábeláramkörbe beiktatott negatív impedancia stabilitási határa az illesztéseknél fellépő reflexiók függvényében

A negatív impedanciájú erősítőknek mindkét típusa alkalmazható önállóan, mint erősítő kétpólus, vagy áthidalt „T” kapcsolásban mint erősítő négy-pólus. Utóbbi esetben a negatív impedanciájú négy-pólus hullámellenállása az áramkörhöz illeszthető és általában nagyobb erősítés valósítható meg, mint az erősítő két-pólusokkal.

A felhasználás követelményeihez illeszkedően a negatív impedanciájú erősítők különböző átviteli karakterisztikával készíthetők, miáltal

lehetővé válik a különböző jellegű csillapítás-karakterisztikák kiegyenlítése. A későbbiekben részletesen ismertetett típusok közül a parallel típus negatív impedanciájú erősítő egyenes átviteli karakterisztikával, a soros jellegű negatív impedanciájú erősítő pedig kétféle kivitelbeni, egyenes és kb 0,7 N/oktáv ferdeségű átviteli karakterisztikával készül. A gyakorlatban ezen típusok megfelelő kombinációi az összes szóba-jöhető alkalmazási körülmények között kielégítően alkalmazhatóak.

Rövid és terheletlen trunk áramkörökön általában a ferde átviteli karakterisztikával rendelkező soros erősítő alkalmazása célszerű. Ebben az esetben a terheletlen trunk kábel átvitele néhány cN-en belüli lineárisra tehető.

Hosszú, nagy csillapítású terheletlen, kethuzalos kábeláramkörön a ferde átviteli karakterisztikájú soros erősítő és a parallel erősítő együttes, erősítő négyfólusként való alkalmazása kívánatos. Ebben az esetben az átvitt frekvenciasáv alsó végén (300 Hz) is szükséges alaperősítést a parallel erősítő lineáris átvitele biztosítja, míg az áramkör frekvenciafüggő lineáris torzítását a soros jellegű erősítő ferde átviteli karakterisztikája egyenlíti ki.

Terhelt, hangfrekvenciás kábeláramkörökön az egyenes átviteli karakterisztikájú, soros negatív impedanciájú erősítőből és a parallel negatív impedanciájú erősítőből képzett, illesztett erősítő négyfólus alkalmazása célszerű. Ebben az esetben a negatív impedanciájú erősítőnégyfólus átvitele lineáris, a terhelt kábeláramkör lineáris csillapítás-karakterisztikájához illeszkedően.

A megvalósítás főbb szempontjai

Bármelyik típusú negatív impedancia megvalósítása általában egy $1: -K$ impedancia áttételű transzformátor (10. ábra) segítségével történik, mely a rákapcsolt pozitív impedanciát $1: -K$ arányban transzformálja át. Ez az impedanciatranszformátor szükségszerűen aktív elemeket (elektroncsöveket vagy tranzisztorokat) tartalmaz, mivel a negatív impedancia a hozzákapcsolt áramkörbe energiát ad át. A gyakorlatban az $1: -K$ impedancia áttételű transzformátor általában egyfokozatú visszacsatolt erősítő, mely akár elektroncsővel, akár tranzisztorral megvalósítható. Az erősítő az áramkör stabilitása, illetve a beállított értékek időbeli stabilitása érdekében negatív visszacsatolást is tartalmaz, azonban csak olyan mértékben,

hogy kifelé az áramkör pozitív (típustól függően feszültség vagy áram) visszacsatolása érvényesüljön.

A felhasználás szempontjából ideális esetben a transzformátor impedancia áttétele $1: -1$, melyből a transzformátorra kapcsolt, bizonyos határok közé eső pozitív impedanciával azonos abszolút értékű negatív impedancia állítható elő. Az ilyen impedancia transzformációval rendelkező negatív impedanciájú erősítő üzemi beállítása rendkívül egyszerű és a művonal a kábel adatainak ismeretében számítással előre is meghatározható.

A lineáris frekvenciakarakterisztikával rendelkező negatív impedanciájú erősítő esetében természetesen K frekvencia-független és a teljes átvitt frekvenciasávban állandó, míg a ferde átviteli karakterisztikájú negatív impedanciájú erősítő K transzformációs együtthatója átvitt frekvenciasáv mentén nem állandó, hanem a frekvencia függvénye.

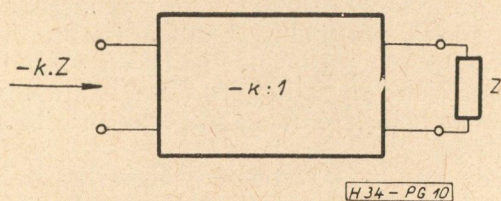
Stabilitási okokból kívánatos, hogy a negatív impedanciájú erősítő erősítése az átvitt frekvenciasávon kívül lecsökkenjen, vagy megszűnjön, azaz a K transzformációs állandó előjelet váltson. Ennek a követelménynek a betartását az a körülmény indokolja, hogy csak relatíve keskeny frekvenciasávon belül lehet egyszerű eszközökkel olyan vonalutáncot készíteni, amely kielégítő módon követi a valóságos vonal impedancia karakterisztikáját. Abban az esetben, ha a negatív impedanciatranszformátorra kapcsolt impedancia transzformáltja, a negatív impedancia nem követi a valóságos vonal impedanciáját a frekvencia függvényében, a sávon kívül egyes frekvenciákon nem teljesül az áramkör már említett belső stabilitási feltétele, ami az illető frekvencián az áramkör begerjedéséhez vezet.

A negatív impedanciájú erősítőknél alkalmazott vonalutáncok céljára általában a leg-egyszerűbb $R-C$ kombinációk megfelelnek. Általában soros negatív impedanciájú erősítőnél a vonalutáncot parallel $R-C$, míg parallel negatív impedanciájú erősítőnél soros $R-C$ kombináció. Ebben az esetben áthidalt „T” tagú negatív impedanciájú erősítő négyfólus esetében a soros ág a vonal rövidzárási impedanciájával, a kereszt ág pedig a vonal üresjárás impedanciájával arányos (7. ábra).

Néhány megvalósított áramkör analízise

A 11. ábra két triódával (elektroncsővel vagy tranzisztorral) megvalósítható áramkört szemléltet.

Az ábrán jelölt generátor az alkalmazott trióda helyettesítő áramköre, melynek belső ellenállása R_i , elektromotoros ereje: $A_0 U_2$ és vezérlőfeszültsége U_2 . A Z_2 a transzformálandó pozitív impedancia. A transzformátor minden tekercsét, az egyszerűség kedvéért, azonos

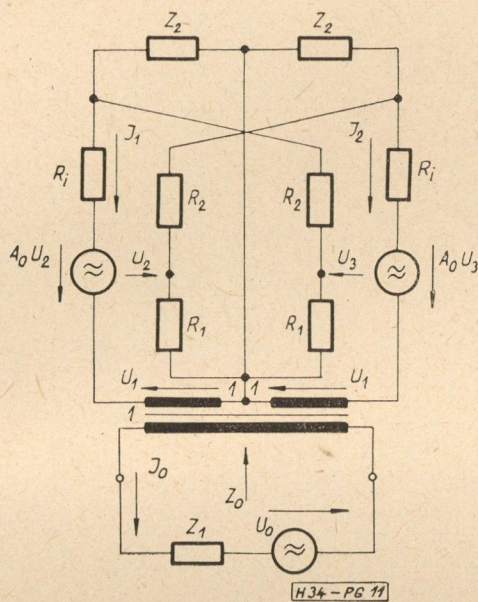


10. ábra. Negatív impedanciatranszformátor

menetszámúnak tételezzük fel. A vonalra kapcsolt generátor belső ellenállása (a vonalimpedancia) Z_1 és elektromotoros ereje U_0 .

Tranzisztor esetében a tranzisztor belső fázisforratása nincs figyelembe véve.

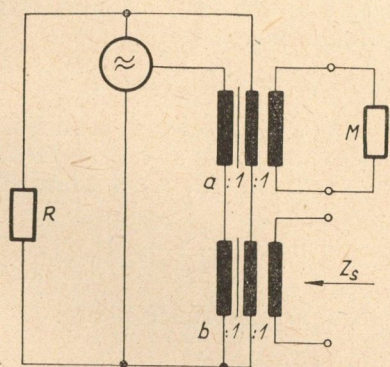
Az áramkör üresjárásban stabil, így soros jellegű negatív impedancia. Ez egyszerűen belátható abból a körülményből, hogy az U_1 feszültség negatív visszacsatolást hoz létre, melynek értéke üresjárásban ($Z_1 = \infty$) maximális.



11. ábra. Egy realizált soros negatív impedanciájú erősítő áramkörének vázlata

A 11. ábra áramköre alapján az alábbi egyenlőségek írhatók fel:

$$\begin{aligned} I_0 - I_1 + I_2 &= 0 \\ U_0 &= I_0 Z_1 - U_1 \\ U_1 &= A_0 U_2 - (R_i + Z_2) \cdot I_1 \\ U_1 &= -A_0 U_3 + (R_i + Z_2) I_2 \\ U_3 &= U_1 - \frac{R_1 Z_2}{R_1 + R_2} \cdot I_1 \end{aligned}$$



12. ábra. Egy realizált soros negatív impedanciájú erősítő áramkörének vázlata

$$U_2 = -U_1 - \frac{R_1 \cdot Z_2}{R_1 + R_2} \cdot I_2$$

Ezen egyenletekből

$$Z_0 = -\frac{\alpha A_0 - \beta}{2(A_0 + 1)}$$

ahol

$$\alpha = \frac{R_1 \cdot Z_2}{R_1 + R_2} \text{ és } \beta = R_i + Z_2$$

Az impedancia negatív jellegének feltétele:

$$\alpha \cdot A_0 > \beta$$

A 12. ábra egyetlen triódával (elektroncsővel vagy tranzisztorral) megvalósítható soros jellegű negatív impedanciát ábrázol a helyettesítő kapcsolásával együtt.

Az áramkörben jelölt generátor az alkalmazott trióda helyettesítő áramköre, melynek belső ellenállása R_i , elektromotoros ereje $\mu(a \cdot U_1 + b \cdot U_2)$ és vezérlő feszültsége $(a \cdot U_1 + b \cdot U_2)$. Tranzisztor esetében a tranzisztor belső fázisforratása nincs figyelembe véve. M a vonalutánszát impedanciája, Z_v a külső áramkör (vonál) ellenállása, I_0 pedig a jelgenerátor árama. R a táplálás (anód, ill. kollektor) ellenállása, X_v a vonál transzformátorának, X_M pedig a vonalutánszát transzformátorának primer reaktanciája. A transzformátorok áttételei az ábrán jelöltek és olyan menetirányúak, hogy a vonál-transzformátor negatív, a vonalutánszát-transzformátor pedig pozitív visszacsatolást hoz létre. Ebből a körülményből az is egyszerűen következik, hogy az áramkör üresjárásban stabil és így soros jellegű negatív impedancia.

A helyettesítő áramkör alapján az alábbi egyenleteket lehet felírni:

$$-\mu(a U_1 + b U_2) = U_1 + U_2 + I_1 R_i$$

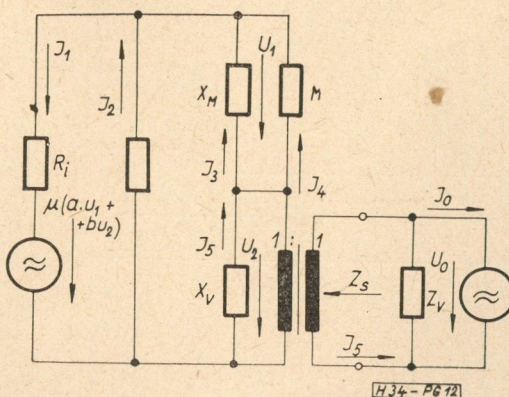
$$U_1 = I_4 M$$

$$U_1 + U_2 = I_2 R$$

$$U_1 = I_3 X_M$$

$$U_2 = I_5 X_v$$

$$Z' = \frac{U_2}{I_0}$$



$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_6 = \frac{U_1}{Z_v} - I_0$$

$$I_3 + I_4 = I_5 + I_6$$

$$Z' = \frac{Z_v - Z_s}{Z_v + Z_s}$$

A részletes levezetést ismét mellőzve:

$$Z_s = \frac{\frac{M \cdot X_M}{M + X_M} \left[1 + R_i \left(\frac{1}{R} + \frac{M + X_M}{M \cdot X_M} \right) - \mu \cdot a \right] X_v}{\frac{M \cdot X_M}{M + X_M} \left[1 + R_i \left(\frac{1}{R} + \frac{M + X_M}{M \cdot X_M} \right) - \mu \cdot a \right] + \left(1 + \frac{R_i}{R} + \mu b \right) X_v}$$

Ha a transzformátorokat ideálisnak tekintjük, akkor

$$X_M = \infty \quad \text{és} \quad X_v = \infty$$

és tételezzük fel továbbá, hogy

$$R \gg M \quad \text{és} \quad R \gg R_i$$

akkor

$$Z_s = \frac{(1 - \mu \cdot a) M + R_i}{1 + \mu \cdot b}$$

Az impedancia negatív jellegének feltétele:

$$\mu \cdot a > 1 \quad \text{és} \quad |(1 - \mu \cdot a) M| > R_i$$

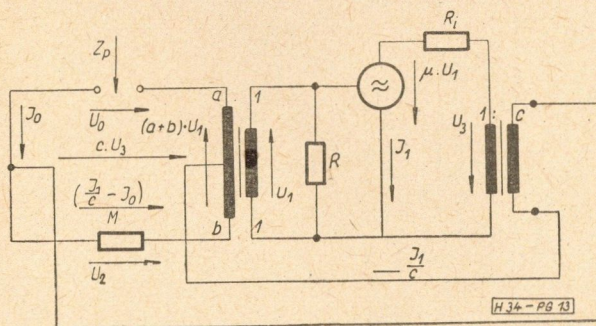
Valóságos transzformátor esetében, ha bevezetjük még a

$$\left| \frac{M \cdot X_M}{M + X_M} \right| = m$$

jelölést, az impedancia negatív jellegének feltétele:

$$\mu \cdot a > \left(1 + \frac{R_i}{R} \right) \quad \text{és} \quad \left| m \left(1 + \frac{R_i}{R} - \mu a \right) \right| > R_i$$

A 13. ábra egyetlen triódával (elektroncsővel vagy tranzisztorral) megvalósítható parallel jellegű negatív impedancia áramkörét vázolja. A 13. ábrán jelölt generátor az alkalmazott trióda helyettesítő áramköre, melynek belső ellenállása R_i , elektromotoros ereje $\mu \cdot U_1$, vezérlő feszültsége U_1 , M a vonalutánszát impedanciája. A transzformátorok áttétele az ábrán jelölt és a és b aránya olyan, hogy a vonalkapcsok rövidrezárása mellett a negatív visszacsatolás



13. ábra. Egy realizált parallel negatív impedanciájú erősítő áramkörének vázlata

érvényesül, így az áramkör rövidzársban stabil, azaz parallel jellegű negatív impedancia.

Tranzisztor esetében a tranzisztor belső fázisforgatása a következőkben nincs figyelembe véve.

Az áramkör alapján, az ott alkalmazott jelölésekkel felírhatók az alábbi egyenletek:

$$U_0 - (a + b) U_1 - U_2 = 0$$

$$c U_3 + a U_1 - U_0 = 0$$

$$\frac{U_1}{R} = \left(\frac{I_1}{c} - I_0 \right) b - I_0 a$$

$$\mu \cdot U_1 - I_1 R_i - U_3 = 0$$

$$\left(\frac{I_1}{c} - I_0 \right) M = U_2$$

$$-Z_p = \frac{U_0}{I_0}$$

A levezetés részleteinek mellőzésével:

$$Z_p = \frac{(c^2 R_i + a \cdot c R \cdot \mu + a^2 R) M + c^2 R_i R (a + b)^2}{c^2 R_i + M - b R (\mu \cdot c - b)}$$

Ha

$$R = \infty$$

akkor

$$Z_p = \frac{c^2 R_i + M \cdot a (\mu c + a)}{b(b - \mu c)}$$

Az impedancia negatív jellegének feltétele:

$$|\mu \cdot c| > |b| \quad \text{és} \quad |b R (\mu \cdot c - b)| > |c^2 R_i + M|$$

A vázolt áramkörök bármelyikénél teljesíthető az alkalmazások szempontjából kedvező azon feltétel, hogy

$$Z_{s,p} = -M, \quad (\text{azaz } K = -1)$$

legyen. Ez a feltétel az áramkör elemeinek helyes megválasztásával teljesíthető. Így például $K = -1$, ha a 12. ábra áramkörénél

$$\left| m \left(1 + \frac{R_i}{R} - \mu a \right) \right| \gg R_i$$

a 13. ábra áramkörénél pedig:

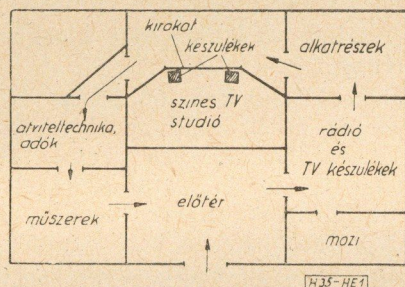
$$|c^2 R_i - b R (\mu \cdot c - b)| \gg M \quad \text{és} \quad M \gg \frac{c^2 R_i R (a + b)^2}{c^2 R_i + a c \mu R + a^2 R}$$

Riport a moszkvai kiállításról

HARGITAI ENDRE

Június 16-án nyílt meg Moszkvában a szovjet népgazdaság eredményeit bemutató hatalmas méretű kiállítás. E helyen a Szovjetunió híradástechnikai eredményeiről számolunk be, melyek a kiállításon külön pavilonban voltak láthatók. A sorozatgyártású híradástechnikai berendezések és alkatrészek mellett azokat is kiállították, amelyek még fejlesztés alatt állnak. A kiállítási pavilon alaprajza alapján végig-megyünk a látottakon.

Az előcsarnokban hajóirányító radarberendezés volt látható, mely nemcsak tengeri és folyami hajókra szerelve, hanem kikötői berendezésként is felhasználható. Az antennával



1. ábra

összeépített adó-vevő berendezés kb. 500.500.500 mm nagyságú. Az ehhez csatlakozó tápegység és indikátor két részegységben volt elhelyezve. A PPI képcsővének ernyőátmérője kb. 35 cm lehetett.

Ugyancsak itt volt kiállítva egy TU 104-es repülőgép teljes rádió navigációs berendezése is.

Az előcsarnok egyik sarkában teljes ipari televízió berendezés volt működő állapotban látható. Érdekes volt ennek egyik változata, a vízalatti ipari TV berendezés, melyhez egy kis, könnyen hordozható és egy nagyernyőjű monitor tartozott. A felvevő kamerák egyobjektívesek voltak 3,5 cm gyújtótávolságú $f = 1 : 2,8$ fényerejű optikákkal. A vízalatti kamera kb. 80 cm hosszú öntött alumíniumból készült, henger alakú tokban volt elhelyezve, melyhez két sealed-beam típusú reflektor csatlakozott.

Az ipari televízió mellett komplett riporter TV berendezés is üzemben volt látható. Az egész adóberendezés egy felöltöztetett bábura volt feladva. A kamera 20.15.8 cm nagyságú volt, az adót antennájával és tápegységével együtt a „riporter” a hátán viselte. Érdekessége volt e berendezésnek, hogy a riporter a szeméhez emelt revolverfogantyús kamerában elhelyezett mikrofonba beszélhetett. Természetesen a berendezéshez külön mikrofon is csatlakoztatható volt.

Az előcsarnok másik oldalán ízlésesen elrendezett, szputnyik motívumú fénybetűk az

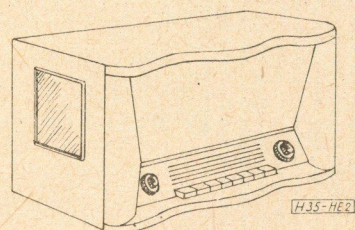
iparág elért tervszámait ismertették. E mellett volt látható a kísérleti stádiumban levő fényerősítő cella, a napelem és az elektrolumenescens fényforrás. A napelem működéséről bárki meggyőződhetett, mert egy lámpa bekapcsolásával a hozzákapcsolt műszer azonnal jelzett.

Az előcsarnokból jobbra haladva a rádió és televízió készülékek termébe jutottunk. Meglepő volt a készülékek nagy választéka, kávéjuknak modern vonala. A televízió készülékek többségében 53 cm-es ernyőátmérőjű, 110° eltérítésű képcsőveket alkalmaztak, egyeseket reflexcsökkentő fekete ernyővel.

A rádiókészülékek sorát a rigai rádiógyár FESTIVAL nevű gépe nyitotta meg. A készülék hosszú, közép és négy rövidhullámú sávra, valamint ultrarövidhullámú vételre készült. Négy hangszórója a 3D effektus elérése céljából nyert beépítést. Csöveinek száma 12 (nagyfrekvenciás erősítő, automatikus éleshangolás, ellenütemű végfokozat). A készülékhez nyomógombos távhangoló pult is tartozik, melyen hasonlóan a készülékhez, nyomógombokkal lehet sávot váltani. E pulton van a hangerő és hangszín szabályozó potencióméter és az állomáshangolás duplikátja is. Utóbbi érdekében a pulton világított állomáskála van. A készülékben a távkapcsolási feladatok elvégzésére több jelző van beépítve. A készülék sötétre pácolt kávéja impozáns és tetszetős, bár vonalvezetése nem a jelenleg divatozó. (2. ábra)

A sorban stereo zeneszekrény következett három sebességes gramofonnal és kétsebességes magnetofonnal. Ebbe a szekrénybe azonban rádió nem volt beépítve. A különféle lemezvágási karakterisztikáknak megfelelő kiegyenlítő nyomógombokkal kapcsolhatók. Ugyancsak nyomógomb vezérlésű a gramofon-magnetofon átkapcsolás és természetesen a magnetofon különféle szolgáltatásának választása is. A beépített gramofon pick-upje mágneses. A készülék szekrénye világos tölgyfa, modern vonalú. Hozzá tartozik két álló hangszóró (hangoszlop) is 2-2 ovál hangszóróval. A szekrény vízszintes alsó részében is van 2 hangszóró.

A vezetékes rádióhoz készült hangszórókat fali könyvespolcként képezték ki.



2. ábra

Az 5 csöves DAINA készülék gramofonnal van egybeépítve, hasonlóan az ORION 520-A típusú, régebbi készülékéhez. Ebbe a készülékbe két hangszórót építettek be. A szokásos középkezelőektől várható szolgáltatásokon kívül egyéb nem volt felfedezhető rajta. Sáv-váltása nyomógombos; 2 rövidhullámú, közép és hosszuhullámú sávra készült.

A TEIKA középkategóriájú, gramofonnal egybeépített készülékhez külön hangszlopot állítottak ki, mely nem a stereo visszaadást, hanem a jó hangminőséget szolgálta.

Szép készülék az ESTONIA II. hosszú, közép, 4 rövid és ultrarövidhullámú sávok vételére. Ebbe a készülékbe a 12 elektroncső mellett már 5 félvezetőt is beépítettek. Hangteljesítménye 4 W.

A megnevezett néhány reprezentatív, a fejlesztésből éppen kikerült és ezért sorozatban még nem gyártott készüléken kívül kb. 8-10 különösebben nem feltűnő készülék is látható volt, melyeket részben már az üzletekben árusítanak.

A feltűnőbb televízió készülékek a következők voltak:

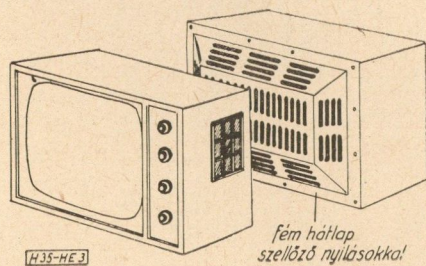
SPARTAK 53 cm-es, 110° -os képcsővel, 1 W hangteljesítménnyel, 2 kis ovál hangszóróval, 17 elektroncsővel, 14 félvezetővel, érzékenysége $50/\mu V$.

DRUZSBA 53 cm-es, 110° -os képcsővel, nyomtatott áramkörrel, kb. 18 elektroncsővel, 15 félvezetővel. A kiállított készülék laboratóriumi minta volt, doboz nélkül.

VOJNA 43 cm-es, 110° -os képcsővel, 1 W hangteljesítménnyel, 1 ovál hangszóróval, 17 elektroncsővel, 14 félvezetővel. Érzékenysége $50/\mu V$. Ez a készülék rendkívül laposnak tűnik, mert a káva hátsó része fémből készült és a keskeny doboznál kisebb méretre beugrott (előlről nem látható). (3. ábra)

TEMP-7 43 cm-es, 110° -os képcső, 1,5 W hangteljesítmény. A készülék 12 csatornás, érzékenysége $50/\mu V$ alatt, 20 elektroncső, 3 félvezető.

TEMP-9 53 cm-es, 110° -os képcső, 1,5 W hangteljesítmény, 12 csatorna; érzékenysége $50\mu V$ alatt. E készülékbe egy rádióvevőt is beépítettek, melyben még 8 elektroncső és 3 félvezető, 4 hangszóró és sok nyomógomb van. A hatalmas méretű készülékbe beépí-



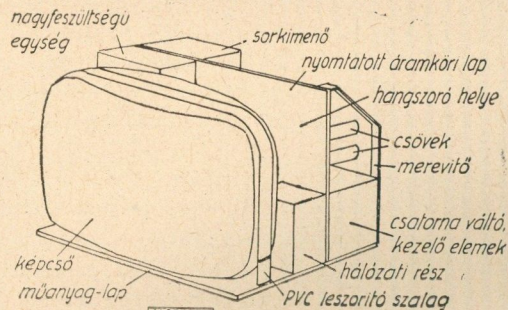
3. ábra

tettek egy háromsebességes gramofont és stereo magnetofont is. Emiatt még két nagyobb méretű hangbox is hozzátartozott e kétségtelenül csúcst jelentő készülékhez. Nemcsak azért tartjuk a kiállított készülékek között ezt a csúcst, mert rádió, televízió, gramofon és magnetofon egybe volt építve, hanem azért, mert a gramofon és magnetofon stereo szolgáltatása, komfortos, modern kivitele avatta a legjobb, legtöbbet tudó készülékké. RUBIN 43 cm-es, 110° -os képcső, 1 W hangteljesítmény. Érzékenysége kisebb, mint $50/\mu V$ 16 elektroncső, 4 félvezető. A készülék megjelenése rendkívül izléses, egyenesvonalú, modern. Kávája világos színű jávorfa.

START-2 43 cm-es képcsővel ellátott egyszerű televízió készülék, nyomtatott áramkörrel, olcsó típus. Kávája nyomtatott furnirozású, melyet utólag lakkoztak. Budapesti szemmel, de főleg a többi mellett ez a készüléktípus egyedülállóan kisígyűnének látszott. Valószínűleg árban is lényegesen kisebb szintet fog képviselni.

A televízió készülékek felépítése többé-kevésbé egységes elvek alapján történt. Az elrendezést az alábbi 4. ábra szemlélteti.

A második teremben az alkatrészek voltak kiállítva, de feliratok, illetve specifikációs adatok nélkül, katalógus sem volt kapható. Ezért a látottakat csak aszerint ismertettük, hogy mit lehetett következtetni azokból.



4. ábra

A színes TV képcső az RCA ismert típusával megegyező kivitelben készült. A cső környező, fémkónuszos, de a sugárgyú már üvegburában van. A felhasított fémkónuszon át látni lehetett nagyítóval a rézlemezről készült raszttert. A hármas sugárgyú külön is ki volt állítva, mely igen precíz és gondos kivitelű mutatott. A képcső ernyőátmérője kb. 50 cm, hossza pedig 70 cm lehetett. Az üveg-vas forrasztási hely a felhasítás helyén megfigyelve, buborékmentes, tiszta volt és valamilyen fekete színű matt-lakkal le volt festve.

Az 53K6 fekete-fehér TV képcső 53 cm-es, 110° -os. Az alumínizált, reflexcsökkentett ernyő sötétszürke (fekete) színű, ami a világos helyiségekben is biztosítja a kellő kontrasztot. A csőláb megegyezik a Sylvania színűveg kivitelével.

A vákuumtechnikai ipar e két csúcsteljesítményeként kiállított csövei mellett még az alábbi termékek voltak láthatók:

Tyratronok, nagy teljesítményekre ipari célokra.

Excitronok típusjelzés nélküli kísérleti példányai. A csövek vasedényesek felül üvegfejjel. A legnagyobb kb. 25 cm átmérőjű és 40 cm magas edényű volt.

Haladó hullámú cső, mely megjelenésben a Siemens féléhez hasonlított. Az armatúrák (mágnesek, stb.) nem voltak kiállítva.

Ultrarövidhullámú adócsövek közül kb. 10 típus volt látható. Mindegyik léghűtésű. A legnagyobb teljesítménye 100 MHz-nél kb. 5 kW. Ezek a csövek kerámia nélküli konstrukciók voltak és a Brown-Boveri típusaihoz hasonlítottak.

Ultrarövidhullámú és mikrohullámú adócsövek 9 típussal szerepeltek. Ezek mind kerámiafém konstrukciójúak voltak. Sajnos ezekről a csövekről semmi információt nem sikerült szereznünk. Az elektródák koncentrikus kivezetésűek, de nem lighthouse típusúak. A kerámiagyűrűk mázatlanok, de a forrasztási helyen fényes mázat lehetett látni.

Ultrarövidhullámú és mikrohullámú vevőcsövek 10 típusa volt kiállítva. A vevő vagy adójelleg az előző csoporttól azzal különült el, hogy más polcon voltak és lényegesen kisebbek voltak az előzőeknél. Itt volt látható az automatikusan szerelt siktrióda, melynek vázlatrajza a Magyar Híradástechnika folyó évi 2. számában dr. Koncz—dr. Déri cikkében látható. Kis, ceruza vastagságú, 5–6 cm hosszúságú csövek (pencil tubes) is ki voltak állítva 4–5 típusban. Kisebb koncentrikus elrendezésű siktriódák (lighthouse) 2 típusa volt látható. Ezek a csövek kivétel nélkül kerámiai konstrukciók voltak.

A novál vevőcsősorozat kb. 60 típussal szerepelt.

A miniatűr és szubminiatűr csövek mintegy 50 típusban voltak láthatók. E csövek az amerikai számozási rendszert követik.

Speciális képfelvevő csövek közül kiemelkedik a miniatűr vidikon, mely alig nagyobb egy töltőtollnál.

A Geiger-Müller csövek igen sok változata volt kiállítva.

A televízió vetítőcső a közismert PHILIPS típustól semmiben sem különbözött.

Lámpák és egyéb fényforrások igen nagy típusválasztékban voltak kiállítva. Kiemelkedők a sealed-beam autoreflektor 3 típusnagyságban. Belül tükrözött vetítőlámpák kis nyílással (PHILIPS rendszerű). Nagy stúdió reflektor lámpák, foto-flash csövek különleges kiképzésekben, nagynyomású higanygőzlámpák négy típusban, nátriumgőz és infralámpák. A xenon-ívlámpa, mint az egyik számottevő fejlesztési eredmény szerepelt.

Az elektronsokszorozóval egybeépített fotocellák (RCA típusok) igen szép és gondos kivitelükkel tűntek ki.

Röntgen csövek szintén széles skálát dokumentáltak (fogászati olaj és vízhűtésű diagnosztikai csövek, forgóanódos csövek, nagy ventilcsövek, terápiás óriáscsövek, anyagvizsgálócsövek).

Jellemző a vákuumtechnikai termékekre a rengeteg speciális típus. Hasonlóan nagyon bő választékot mutatott az egyéb alkatrészek kiállítása is.

Félvezető diódák közül a 3 mm átmérőjű üveggyöngybe forrasztott germánium diódák mellett a többi ampert átvezető fémcsöves, hűtőbordás kivitel is megtalálható volt. Összesen mintegy 40 típust láttunk. A szilíciumdiódák egyelőre kísérleti stádiumban vannak, csak néhány laboratóriumi mintapéldányt lehetett látni.

Teljesítmény tranzisztorokat 15...80 mm átmérőkkel állítottak ki. A kisteljesítményű hang- és nagyfrekvenciás tranzisztorok típusszáma mintegy 50 volt. Ezek a célnak megfelelően részben ezüstözött, részben pedig festett fémtokban voltak. A miniatűr kivitel 3 mm átmérő mellett 8 mm hosszú cső volt.

A csőfoglatok kerámiából és trópusálló bakelitből készültek.

Rádióvevőkészülékek' tekercskészletei miniatűr és szubminiatűr kivitelben ferrit magokkal (középfrekvenciás szűrők ferrit útkel) készültek.

Látható volt a kerámialapkás szerelőlemez. Ezeket rádióvevőkészülékekhez (valószínűleg kommunikációs vevőkhöz) használják. Erre szerelik a tekercseket és középfrekvenciás transzfórmátorokat is.

Kétféle kerámiai hangoló kondenzátort láttunk cső kivitelben. Ugyancsak itt volt látható a légdielektrikumú, kerámiai szigetelésű adóhangoló beállító kondenzátor 2...5 kV feszültségre, miniatűr kivitelben.

A többierű és koaxiális csatlakozókból rengeteg változat volt látható. A nagy televízió kamera-csatlakozótól a miniatűr koaxiális dugóig minden elképzelhető típust kiállítottak.

Mikrokapcsolókból négy típust láttunk 15.8.5 mm nagyságon belül. Ezek teljesen zártak voltak.

Kerámiabázisú ellenállások 1 mm átmérővel 5 mm hosszúságban, 30 értékkel szerepeltek.

Üvegcsőbe forrasztott 200 Mohmos ellenállások 20%-os tűrésűek voltak.

A szénréteg ellenállások és borkarbon ellenállások a szubminiatűr és nagyterhelhetőségű, nagyméretű típusok között széles skálát tükröztek. A legkisebb ellenállást csak nagyítóval lehetett látni, mert átmérője 0,7 mm és hosszúsága csak 5 mm volt.

Potenciométerekből a szokásos és igen változatos rádiótípusokon kívül a többfordulatú műszerpotenciométerek szerepeltek (a HELIPOT gyártmányokhoz hasonlóak, de azoktól külsőleg kismértékben eltérő kivitelben).

Elektrolitos kondenzátorok legalább 20 típusa volt látható, köztük a miniatűr és szubminiatűr kisfeszültségű elektrolitos kondenzátorok is. A legkisebb 4 mm átmérőjű és 12 mm hosszú volt, 6 V és 30 μ F értékkel.

Ferrit antennarudak, gyűrűk, csavar- és fazékmagok a legkülönbözőbb méretekben voltak kiállítva, bár látszik a szabványosítási tendencia. Ránézés alapján méreteik és alakjuk eltér a hazánkban szokásos Siemens gyártmányok méreteitől. A ferritek anyagára nézve adatokat nem közöltek.

Anizotróp, hidegen hengerelt vasszalagokból tekercselt vasmagok kiöntve (valószínűleg epoxi gyantával) a legkülönbözőbb alakban és méretben voltak láthatók. Kész transzformátorok poli- etilén kompaunddal vagy epoxi gyantával voltak kiöntve, impregnálva.

A nyomtatott áramkörök gyártástechnológiáját vetített képekkel mutatták be. Az alkalmazott szigetelőanyag a GETINAX volt. Nyomtatott áramköri technológiával készített többféle csatlakozó paneleket is láttunk, melyek valószínűleg számológép egységeinek lapjai voltak.

A nyomtatott áramkörök szereléséhez néhány célgépet is láttunk. Ilyenek voltak a szerelő-automaták (hevederes alkatrészorsóval). Ezek a gépek 80-150 mm lemez méretig dolgoznak, lépésenként 2 másodperces idővel. A gép sűrített levegővel működik és 3,5...4 at nyomást igényel. Az öznizőgép a nyomtatott áramköri lapot lyukasztja és a lyukakba öznit nyom be. A mártóforrasztó automata körülbelül 18.25 cm nagyságú lapokat tud sorozatban forrasztani félautomatikusan.

A szervomotorok közül a legkisebb 20 mm átmérőjű és 20 mm hosszú volt.

A kiállítás keretén belül bemutatásra került a színes televízió is. Egy kis stúdióból történt a rövidrezárt közvetítés. Egy kettős üvegfalon keresztül a közönség láthatta a stúdiót (4.4 méteres szoba) és egyidejűleg a kirakatszerű elrendezés két sarkában egy-egy készüléket is. E készülékek nagy zeneszekerényszerű monstrumok voltak, képük mérete a dobozhoz viszonyítva kicsinek tűnt. A képméret valamivel nagyobb lehetett mint a 43 cm-es fekete-fehér TV készüléké. A közvetítés a stúdióban elhelyezett színes virágcsokorról történt, melyet időnként ugyancsak eléggé színes ruhájú hölgy megigazított vagy kicserélt. A virágok ugyanis szemlátomást elhervadtak, lekonyultak a — véleményünk szerint — legalább 50 kW teljesítményű fényforrások melegének hatására.

A színes televízióknak e kísérleti bemutatása még nem jelenti a végleges megoldást. Megfigyeltük, hogy nagyobb távolságból (kb. 3 méter) a képraszter már nem látható, de ekkor csak premierplanban felvett képek voltak elfogadhatók. Diapozitívekről színes tájképeket is közvetítettek, de ezek minősége nem volt kielégítő. Ezeknél a részletek az említett távolságból szemlélve eltűntek. Középről nézve a

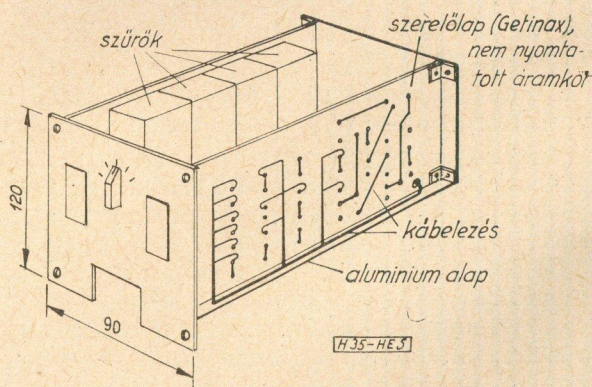
képet, a raszter igen nagyméretű offszet szítaként jelentkezett. A piros mellett a zöld barnás és fakó lett, de ha a képen a zöld szín volt az uralkodó, akkor a piros elvesztette teltségét és átváltozott egy barnás árnyalatba. Ha a képen a zöldből nagyobb felületet adtak vissza, akkor a megmaradó másszínű felületek zöldes fátvált kaptak. Érdekes volt, hogy az egyik vevőn a kép viszonylag tiszta színeket adott vissza, a másikon ugyanazt egyidejűleg szemlélve lilásnak észleltük. A képen sem a fekete, sem a fehér nem volt tisztán látható, a fekete lilásbarna, a fehér szürkéssárga színárnyalatot mutatott.

Véleményünk szerint a színes kép feltétlenül szebb a fekete-fehérnél, de zavaró a kis feloldóképesség, illetve a helyes nézés távolságából a viszonylag kis kép (kis látószög). Természetesen színvisszaadásról egyelőre még nem lehet beszélni, a színek helyességének megítélését azonban rendkívül megkönnyítette az együtt látható stúdió s így a relatíve nem rossz színű képekkel általában elégedetlenek voltak.

Érdekes volt a térben megjelentetett állóképek bemutatása is. Egy fekete keretű kb. 1,5 m² nagyságú ablak mögött több tükröt lehetett látni, melyekre szuperponálva álló (nem mozgó) tárgyak térbeli képét lehetett látni. A képet nem ernyőre vetítették, az mintegy a tükrök előtt lebegni látszott, de teljes térhatást keltett, minden nézőeszköz nélkül. A tükrök háttér rendkívül zavaró volt, mert az a képre szuperponálódott. A titokzatos bemutatónak elvére nem tudtunk rájönni.

Az épület másik szárnyában láttunk több képtávíró és fakszimile készüléket igen szép kivitelekben. A LADOGA típusú fakszimile kb. 70 cm-es térképek átvitelére alkalmas. A képtávírók minőségét fényképekkel dokumentálták. A működő berendezés Leningráddal állott összeköttetésben és meglepően szép képeket vett fel.

Látható volt a 30 csatornás vivőáramú berendezés is, mely fiókos rendszerű. E berendezés kivitele durvának tűnt, mert a fiókok illeszkedése 2-3 mm-es túréssal volt megoldva. Ettől függetlenül a berendezés elektromos jellemzői a CCIF előírásoknak bőven eleget tettek. A fiókok és keret csatlakozása a PHILIPS-éhez



5. ábra

hasonló megoldású, de attól lényegesen eltérő: kisebb és ügyesebb. A berendezés csatornaegységei tranzisztorosak. Egy ilyen egységet az 5. ábra szemléltet.

E teremben több rövid- és ultrarövidhullámú rádió adó-vevő is ki volt állítva, többek között egy mentőcsónakrádió is, melynek antennája vászonsárkánnyal felbocsátható. Az áramforrás kézi hajtású generátor volt. A berendezés 500 kHz 627,3 kHz és 8364 kHz frekvenciákon működik. Típusa SLUP. Teljesítményadatait nem közölték. A 40 cm átmérőjű és 70 cm magasságú henger alakú adó súlya mintegy 40 kg lehetett.

A PEREDATCSIK RSZ-25 típusú hajórádió adó-vevő halászhajók részére készült.

Hordozható URH adó-vevőt láttunk, amely a 100—130 MHz közötti sávban működik, 15—20 km távolság áthidalására alkalmas. Vevője 1 μ V érzékenységgű. Súlya: 10 kg, méretei: 230 · 90 · 350 mm.

Traktorok, autók, kis folyami hajók részére készült az O3P2 típusú 20 km áthidalására alkalmas, a 36—46 MHz sávban dolgozó rádiótelefon. Méretei 370 · 400 · 690 mm.

A legutolsó teremben műszerek voltak kiállítva. E teremben olyan sok típus volt látható, hogy a rendelkezésre álló idő már nem volt elegendő az azokról részletesebb megtekintésére. Csak a kiemelkedőbbeket említjük meg. Jellemző volt a műszerekre a digitális elv következetes keresztülvitele. Csővoltmérőket, frekvenciamérőket mind ilyen elven építik, mely sokszor eléggé nagy méretekhez vezet.

A kiállításon feltűnő volt a mikrohullámú műszerek nagy választéka. Például igen sok mikrométeres állóhullámmérő, lezárás, kicsatoló volt látható. Úgy láttuk azonban, hogy egy-egy sávon belül nem volt teljes műszerkészlet kiállítva. A látott műszerek általában a 2000 MHz-es sávra készültek, csak egy-egy volt, mely 4000 MHz-re készült.

Kiállítottak több analog és digitális számológépet is, melyek üzemben voltak láthatók.

Érdekes volt a televízió vevőkészüléket beállító automata műszer is. Ez két egységből állott. Az egyikkel a szerelt nyomtatott áramkörös televízió készülék szerelőlapját vizsgálják.

A csőfoglatokba csőfantomokat csatlakoztatnak és a szerelőlapot hidegen mérik. A műszer a hibás alkatrészre nézve jelzést ad. A másik egység a kész, behangolt televízió készüléket méri úgy, hogy a műszerben levő videó és hanggenerátorból az antennadugason keresztül meghatározott nagyságú jelet ad be, melyet ugyanaz a műszer már a végfokozatra csatlakoztatva mér. E műszereken a helyes értékek tűréssel vannak bejelölve s így igen gyorsan lemérhető egy-egy készülék minősége. A műszeregység kifejezetten szerelőszalagokra való.

Az egyes köztársaságok pavilonjaiban, egyéb termékeik mellett, láttuk a híradástechnika egyes gyártmányait, de ezek a híradástechnikai pavilonban összesítve általában már láthatók voltak. Az Ukrán Szövetési Köztársaság pavilonjában azonban több rádióvevőkészülék volt még, amit a híradástechnikai pavilonban nem láttunk. Így láttuk a vonatrádiót is. Ez egy 50 · 50 · 50 cm nagyságú, öntött alumínium doboz volt (légmentesen lezárva), melyhez kerámiái kivezetőkön keresztül lehetett csatlakozni. Kérdőjelekünkre csak a készülék célját sikerült megtudnunk.

A műanyagpavilonban kevés híradástechnikai vonatkozású látnivaló volt. E helyen főleg az egyes műanyagokból készült legkülönbözőbb termékeket lehetett látni, rendkívül gazdag kiállításban. A legtöbb anyagnál a gyártás teljes sémája mellett a gyár plexiüvegből készített makettjét is láttuk. Érdekes — és híradástechnikai vonatkozású volt — a távvezérelt ipari televízió alkalmazásának bemutatása a vegyiparban. A megközelíthetetlen vegyi folyamatoknál eredményesen használják az ipari televíziót. A bemutatott kameránál távolról lehetett vezérelni az objektíváltást, az élességbeállítást, a kamerának kétdimenzióban való mozgását. A kamera a környezetnek megfelelően légmentesen lezárt burkolatban volt elhelyezve.

A lenyűgözően gazdag anyag megszámlálhatatlan érdekességet tartalmazott minden műszaki ember számára, pl. az erősáram vagy atomenergia témakörében is. Ezekkel természetesen e helyen már nem foglalkozhatunk.

SZEMLE

Összeállította: HARGITAI ENDRE

A moszkvai televízió, közismert, 100 méter magas rácsosszerkezetű antennatornya viszonylag csak kis területet sugároz be, bár a terjedési viszonyok igen jók. Tervbe vették egy új lényegesen magasabb antennatorony építésével a jó vétel körzetének kiterjesztését 120 km-re.

Az új torony 500 méter magasságával a legmagasabb épület lesz. A merész konstrukció méltóan fog beilleszkedni a Szovjetunió mérnökeiktől megszokott nagy eredmények sorozatába. A tartóköttelekkel merevített rácsos szerkezetű toronykonstrukciót elvetették, mint technikailag nem érdekes megoldást és ehelyett szabadon álló előfeszített betontornyot építenek. Azért választották a legkorszerűbb technológiát, az előfeszített betonszerkezetet, mert ez rugalmas és egyben a legkönnyebb, de a legnagyobb szélnyomásból eredő megterhelést is jól elbírja. Ennek a sok előnnyel járó konstrukciónak egyetlen hátránya, hogy a felhasználandó acél kiváló minőségű és a beton pedig átlagon felüli nyomásállóságú kell hogy legyen. E két követelmény az anyagköltségeket lényegesen megnöveli.

A tornyot vázlatosan az 1. ábra szemlélteti. A tulajdonképpeni betonkonstrukció 400 méterre nyúlik fel, ahol 1000 személyes kilátóban végződik. Itt lesznek egyébként a technikai berendezések helyiségei is. A kúpos torony közepén ugyancsak lesz egy kilátóhely részben üvegezett, részben pedig balkonos kiképzéssel. A közlekedést 20 személyes gyorsfelvonók fogják lebonyolítani, amelyek 80 másodperc alatt teszik meg a 400 métert. Ugyanis már előre számoltak a látogatókkal, akik Moszkvát ilyen magasságból is meg kívánják tekinteni és akiknek beleteljedéséből már pár év alatt amortizálódik az építés költsége.

A torony négy egymástól 30 méterre levő, nehéz alapozásra támaszkodik. A 30 méterig terjedő toronytő kiképzése olyan, hogy a toronyra ható összes erő

eredőjét a legkedvezőbb módon tudja a négy alapnak átadni. A toronycső falvastagsága mindenütt 250 mm, 30 méter magasságban 20 méter átmérőjű, míg 400 méter-nél összeszűkül 7 méterre. A felső körkilátó terasz 30 méter átmérőjű és 16 méter magas, több emelettel. A körkilátó fölött még további 84 méterre nyúlik ki a rácsos szerkezetű körkeresztmetszetű acél antennatorony, mely a szilárdsági követelményeknek megfelelően három lépcsőben elvékonyodik; ez is önhordó.

A torony belső fala mentén szabadon, függetlenül 175 darab acélhuzalkábelt (sodronyt) építenek be. Ezek a kábelek egyenként huszonegy 5 mm átmérőjű érből vannak sodorva, és negyvennégyesével 400, 350, 300 és 230 méter magasságban a torony falához vannak erősítve úgy, hogy a húzóerők egyenletesen oszoljanak el a keresztmetszetben. A huzalok alsó végei mind a toronytőben végződnek megfelelő feszítőkkel felszerelve. Ennek a szabadon álló huzalkonstrukciónak az a nagy előnye, hogy a megfeszítést ellenőrizni lehet és szükség szerint utána is lehet szabályozni. A beton körülbelül két év alatt állapodik meg és éri el végső szilárdságát. Ekkor a huzalok feszítettségét újból beszabályozzák és korrozívvédelem céljából betonnal körülövelik.

A huzalok megfeszítése miatt a tornyfal 900 tonnás nyomással terhelődik s így a legnagyobb szélviharok alkalmával sem ébredhetnek repedést okozó húzóerők. A torony maximális kilengése (a legnagyobb lökésszerű szélben) ± 4 méter 12 másodperces lengésideővel, de a napi egyenlőtlen felmelegedés miatt (csak egyik oldalát süti a nap) félméteres kihajlásra számítanak.

A torony épülete egy évig készül, míg a technikai berendezések, beleértve az adó szerelvényeit is, további egy év alatt kerülnek beépítésre. A tornyot a tervek szerint 1961. év tavaszán adják át rendeltetésének.

*

A TELEFUNKEN cég M 23 típusú magnetofonja az összkomfortos házi és a precíziós stúdió készülékek között foglal helyet. Műszaki adatai a következők:

szalagsebesség 9,5 és 19 cm/s

orsók 22 — 18 — 15 cm

játszási idő 9,5 cm/s sebességnél

normál 2×90 , hosszú 2×140 , dupla 2×180 perc

játszási idő 19 cm/s sebességnél

normál 2×45 , hosszú 2×70 , dupla 2×90 perc

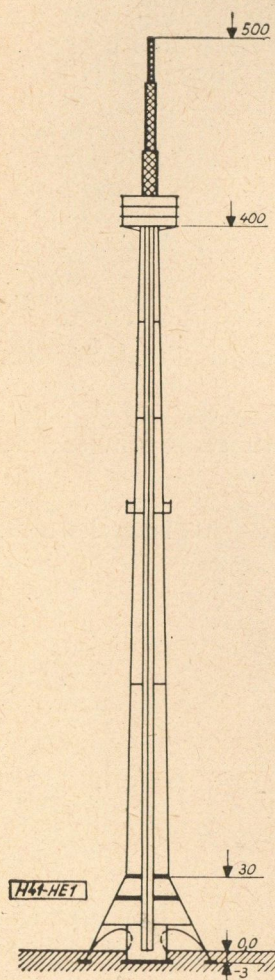
viasszatekeresési idő

normál $< 1,8$, hosszú $< 2,8$, dupla $< 3,6$ perc

hangmagasság ingadozás 9,5 cm/s-nél $\leq \pm 3^0_{00}$

hangmagasság ingadozás 19 cm/s-nél $\leq \pm 1,5^0_{00}$

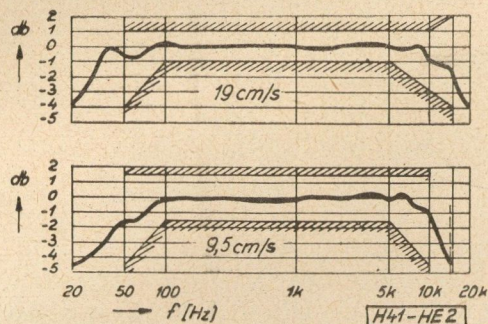
sebességi tűrés $< 0,8\%$



1. ábra

törlőoszillátor frekvenciája 63 kHz
bemenetek 4 csatornás keverőn keresztül

1. csatorna (mikrofon) 0,25 mV (200 Ω)
 2. csatorna (rádió) 5–15–100 mV (500 k Ω)
 3. csatorna (gramofon) 500 mV (500 k Ω)
 4. csatorna (2. magnetofon) 1 V (1 M Ω)
- frekvenciamenet 2. ábra szerint



2. ábra. A tűrések DIN szerint stúdió-készülékekre vonatkoznak

kimenő feszültség

0...1 V ($R_i = 600 \Omega$, $R_a = 5 \text{ k}\Omega$)

kimenő teljesítmény 1 kHz-nél (külön erősítővel)

6 W (3% torzításnál > 4,5 W 4 Ω terhelés esetén)

zajtávolság teljes kivezérlésnél 50 dB

torzítás 9,5 cm/s sebességnél $\leq 5\%$

torzítás 19 cm/s sebességnél $\leq 3\%$

fogyasztás

180 W (teljesítményerősítővel, anélkül 150 W)

méretek (fadobozban, teljesítmény erősítő nélkül) 50 · 41 · 27 cm

súly kb 26 kg

A kényelmet szolgálja a 3 számjegyű méter-számlálás, a kivezérlésmérő műszer dB skálával, lehallgató lehetőség szalag előtt és után, szalag-vég leállító, gyorsleállító, távvezérlésű gyorsleállító, többszörös felvételi lehetőség playback fejjel, bekeverési lehetőségek, minden szalag-továbbítási funkció nyomógombbal elektronikusan vezérelhető.

A hárommotoros megoldás a mechanikát egyszerűbbé teszi s ezzel az üzembiztonságot növeli. A fékek és a gumiból készült nyomóhenger elektromágneses vezérlésűek.

A normálkivitel fadobozba van szerelve, teljesítményerősítő nélkül. Koffer kivitelébe külön 6 W-os erősítőt is beépítettek 4 darab külön hangszóróval (2 magas és 2 mély) sztereofon lejátszáshoz is alkalmas.

A fejszerelvény cserélhető. Ez lehetővé teszi a különféle célú fejekkel a készülék univerzális felhasználását. Minden fejszerelvény szalag-kiemelővel van ellátva, amely a visszateker-cselésnél a szalagot eltávolítja a fejektől és felvételkor lehetővé teszi a „repülő startot”. Ezzel a módszerrel a felvételi helyzetben szaladó szalagot egyenletesen közelítik a felvevő illetve törlőfejhez és ezáltal meglevő felvételekbe a bekeverés zavarmentes.

A készülékkel a következő üzemmódok valósíthatók meg (3. ábra):

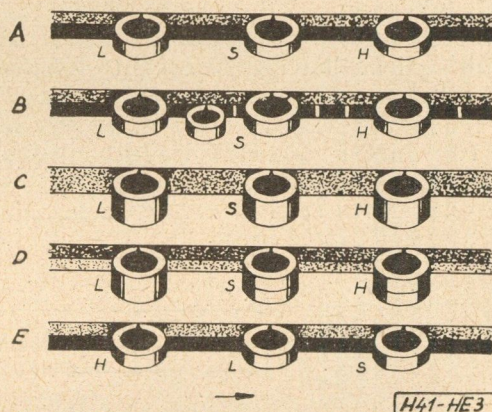
A felsáv, normál üzemmód,

B felsáv és „telechron” fej. Ezzel a tartozékkal a szalag hangfelvétel szempontjából kihasználatlan felén vezérlő impulzusokkal film vagy diapozitív vetítők automatikusan vezérelhetők.

C teljes sáv, stúdióüzemben használható,

D stereofonia, kétszatornás üzem, külön kiégésztő erősítővel (a törlőfej teljes sávú, a felvevő és lejátszó fej kétsávú)

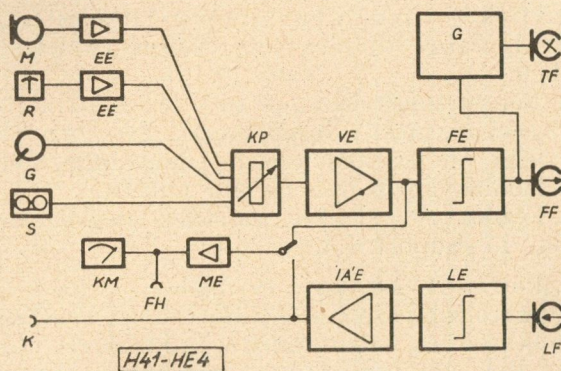
E playback. A meglevő felvételre további külön hangok vehetők fel, például zenei alá-



3. ábra. S felvevő fej, L törlő fej, H lejátszó fej, T telechron fej, a szalag balról jobbra halad

festés céljából. A megoldás olyan, hogy a H lejátszó fej felveszi a meglevő modulációt, az L törlőfej ezután letörli, az S felvevő fej pedig a H fejjel letapogatott modulációhoz kevert új hangokat együttesen viszi fel a szalagra. Természetesen e közben a két moduláció hangerőviszonya a keverővel tetszés szerint beállítható.

A készülék elektromos vázlatát a 4. ábra szemlélteti. A felvevő és lejátszó erősítők külön egységet képeznek építőelemes megoldásban.



4. ábra. M mikrofon, R rádió, G gramofon, S magnetofon, EE előerősítő, KP keverő (4 csatornás), FE felvevő erősítő, VE összegező erősítő, G generátor, LE lejátszó erősítő, IAE impedanciaátalakító erősítő, ME mérőerősítő, FH fejhallgató, KM kivezérlésmérő, K kimenet (6 W-os erősítő felé), TF törlőfej, FF felvevő fej, LE lejátszó fej

feltételeit. Külön kitér a mechanikai konstrukció helyes megválasztására és a miniatürizálásra.

További fejezetek az anyagokkal és azok védelmével foglalkoznak. E fejezetek részletesen tárgyalják a leromlás okait és az ellenük való védekezést.

Az alkatrészek klímaállósági feltételeinek ismertetésével párhuzamosan rámutat azokra a szempontokra, amelyeket a konstruktőröknek figyelembe kell venniük.

Az erősáramú kisfeszültségű készülékek és forgógépek védelme mellett az erősáramú nagyfeszültségű készülékek és erőátviteli transzformátorok klímahatások elleni védelmét is részletesen tárgyalja.

Külön fejezet foglalkozik a híradástechnikai berendezések és műszerek klímaálló kivitelének irányelveivel. Igen tanulságosan — színes ábrasorozattal — rámutat a zárt berendezések mikroklimáit meghatározó tényezőkre, a szerelési szempontokra, és számos megoldást mutat be.

A kondicionálás című fejezet híradástechnikusok és villamosipari szakemberek részére ismerteti a zárt terek klímájának mesterséges befolyásolását oly mértékben, hogy adott esetben igényeiket pontosan meg tudják határozni.

A csomagolástechnikával külön fejezet foglalkozik, amely a szállítások közbeni hatások ismertetése után részletesen tárgyalja azokat a gyakorlati kérdéseket, amelyek főleg a trópusi és arktikus szállításoknál fellépnek. A csomagolásokhoz használatos anyagokat részletes táblázatokba összefoglalva teszi áttekinthetővé.

III. kötet: Vizsgálatok

Az első fejezet a különféle vizsgálati módszereket táblázatba foglalva teszi áttekinthetővé. A könyv használója így azonnal látja a különféle nemzeti és a nemzetközi szabványok előírásai közötti párhuzamosságokat.

A második fejezet részletesen leírja a követendő vizsgálati módszereket — amelyek a hazai iparági szabványosítás alapját is képezték és amelyek a legújabb nemzetközi szabványajánlással is összhangban vannak.

A vizsgáló eszközöket és berendezéseket, a vizsgáló állomások kialakításának irányelveit számos megvalósított példa bemutatásán keresztül külön fejezetek tárgyalják. A könyvet a vizsgálatok kiértékelése című fejezet zárja be.

Minden fejezet után bőséges bibliográfia található azért, hogy a további részletek iránt érdeklődők is megtalálják azok forrását.

A háromkötetes egészvászon kötésű, offset papírra nyomott mű 950 oldal terjedelmű s mintegy 500 ábrát tartalmaz, közöttük számos többszínnyomású térképet.

A könyvet elsősorban ajánljuk minden konstruktőrnek, de mivel igen szerteágazó témát foglal össze, mindazoknak is, akik csak egy-egy részletkérdéssel foglalkoznak (például csomagolás, kondicionálás, vizsgálatok, épületgépészet, hőszigetelések stb.).

(Rendeléseket felvesz a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet, Budapest, VI., Eötvös utca 11, Veszprémi Tiborné, tel.: 420-536).

KÖNYVISMERTETÉS

Picht-Gain: Az elektronmikroszkóp, Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1958. A/5, 207 oldal, ára 16.—Ft.

A szerzők az elektronmikroszkóp kifejlesztésében résztvettek, így a tárgykör legjobb ismerői közé tartoznak. A könyv igen könnyen olvasható stílusban van írva, de ennek ellenére tudományos színvonalú és az egyetemi műveltséget kiegészítő és elmélyítő ismeretanyagot ad. Terjedelmének felében az elektronmikroszkóp működésének fizikai alapjaival foglalkozik, a második rész a technikai kivitel kérdéseit és az alkalmazásokat tárgyalja.

A különben igen szép nyomdai kiállítású kötet fényképei szürkék, jobb nyomdatechnikát érdemeltek volna.

Az elektronmikroszkóp a híradástechnikát két vonatkozásban is érdekelheti: egyrészt, mint a híradástechnikai alapkutatások egyik fontos eszköze, másrészt, mint vákuumtechnikai gyártmány. E kitűnő könyv bizonyára olvasóink közül sokaknak lesz hasznos segédkönyve.

B. Gy.

Обобщение на русском языке

Д. Альмаши: Вычисление специальной питательной линии работающей по принципу «ТЭМ» — вычисление объемного резонатора.

Вычисление электрических параметров питательной линии, работающей по принципу «ТЭМ», состоящей из внутреннего цилиндрического проводника, помещённого между двумя плоскими пластинами. Определение электрической и магнитной напряжённости поля возникающих в питательной линии, с помощью теории отражения. Вычисление волнового сопротивления, тока в стене и потерей питательной линии. Определение коэффициента доброты объёмного резонатора, сформированного из питательной линии. Влияние эксцентричности внутреннего проводника на волновое сопротивление питательной линии, на коэффициент доброты сформированного ею объёма.

Я. Катона: Повышение удельной ёмкости электролитических конденсаторов.

В статье излагаются исследования, проведенные в целях повышения удельной ёмкости электролитических конденсаторов. Одна из возможностей — создание грубой поверхности на аноде. Показываются микроскопические и электронно-микроскопические снимки по химическому и электролитическому травлению и другим процессам для увеличения поверхности. Упоминаются результаты исследований, проведенных на титановых анодах. Применение титанового анода позволяет достичь значительного повышения удельной ёмкости. При электролитических конденсаторах низкого напряжения представляется возможность для повышения удельной ёмкости путем увеличения ёмкости со стороны катода. Результаты проведенных основных опытов и дополнительных исследований показали, что как поляризационная ёмкость так и ёмкость естественного оксидного слоя играют решающую роль. Повышением площади поверхности катода и применением процесса сильного декапирования добились значительного повышения удельной ёмкости. Это повышение бывает 10–20-кратным. На основании этих результатов были разработаны миниатюрные и сверхминиатюрные конденсаторы низкого напряжения.

Г. Пал: Применение отрицательного импеданса в качестве усилителя для двухпроводных электрических схем.

Понятие отрицательного импеданса. Характер и классификация отрицательных импедансов. Осуществление отрицательных импедансов разных типов с помощью разных контуров. Изложение вопроса стабильности. Рассуждения при расчете для осуществления контуров. Вопросы применения отрицательного импеданса. Сравнение возможности исполнений с применением электроламп и транзисторов. Детальное описание контуров усилительной аппаратуры, осуществленной с применением отрицательного импеданса. Изложение функций и возможности применения.

Zusammenfassungen
in deutscher Sprache

Gy. Almásy: Die Berechnung der mit einer TEM Methode arbeitenden speziellen Leitung, bzw. des Hohlraumresonators.

Berechnung der elektrischen Daten einer mit TEM Methode arbeitenden Leitung, die einen zwischen zwei Ebenen gestellten zylindrischen Leiter enthält. Bestimmung der in der Leitung entwickelter elektrischer und magnetischer Feldstärke mit Hilfe der Spiegelbild-Theorie. Berechnung des Verlustes des Wellenwiderstandes, des Wandstromes und der Leitung. Die Ableitung des Gütefaktors des von der Leitung geformten Hohlraumresonators. Der Einfluss der Exzentrizität des inneren Leiters auf den Wellenwiderstand der Leitung, das heisst auf den Gütefaktor des von der Leitung entwickelten Hohlraumes.

J. Katona: Erhöhung der Spezifischen Kapazität Elektrolytischer Kondensatoren

Die Arbeit behandelt die Untersuchungen, welche zwecks Erhöhung der spezifischen Kapazität elektrolytischer Kondensatoren durchgeführt wurden. Eine der sich bietende Möglichkeiten besteht im Aufrauen der Anodenoberfläche. Mikroskopische und elektronenmikroskopische Aufnahmen von chemischen und elektrolytischen Ätzungen und anderen flächenvergrößernden Verfahren werden bekannt gegeben. Der Autor fasst die Resultate der mit Titananoden ausgeführten Experimente zusammen. Die Anwendung von Titananoden ermöglicht eine hochgradige Steigerung der spezifischen Kapazität. Bei Kondensatoren für kleine Spannungen kann die spezifische Kapazität auch durch eine Steigerung der auf der Katodenseite erscheinenden Kapazität erhöht werden. Die entscheidenden Versuche und mit ihnen zusammenhängenden Experimente wiesen darauf hin, dass die Polarisationskapazität und die in Folge der natürlichen Oxydschichten entstandene Kapazität eine entscheidende Rolle spielen. Mit Hilfe der Vergrößerung der Katodenfläche und deren starken Dekapierens wurde es möglich die spezifische Kapazität um sehr grossen Massen zu steigern, und zwar im Vergleich zur Bisherigen auf das 10 bis 20-fache. Auf dieser Grundlage wurden dann die Kondensatoren für kleine Spannungen in miniatur und subminiatur Grösse entwickelt.

G. Pál: Die Anwendung negativer Impedanzen zur doppeldrähtigen Verstärkung der Stromkreise

Der Begriff der negativen Impedanz. Der Charakter und die Verteilung der negativen Impedanzen. Die Realisierung negativer Impedanzen mit verschiedenen Stromkreisen. Erwägungen über die Stabilität. Dimensionierungsgesichtspunkte bezüglich der Realisierung verschiedener negativer Kreisimpedanzen und Methoden der praktischen Dimensionierung. Stromkreisanalyse. Gesichtspunkte im Zusammenhang mit der Anwendung. Vergleich der Lösungsmöglichkeiten mit Elektronröhren und mit Transistoren. Ausführliche Schilderung des Stromkreises der realisierten Verstärkungsanlage mit negativer Impedanz. Eine Beschreibung der Leistung und der Anwendungsmöglichkeiten.

Summaries in english

Gy. Almásy: The Calculation of Special Transmission Line Operating with TEM Method, Respectively Cavity Resonator.

Calculation of the electrical data of transmission line working with TEM method and containing a cylindrical internal conductor, placed between two planes. Definition of electric and magnetic field-strength developed in the transmission line by the help of reflecting theory. Calculation of the losses of characteristic impedance, wall current and transmission line. Deduction of the Q-factor of the cavity resonator formed of the transmission line. The influence of the excentricity of internal conductor on the characteristic impedance of transmission line, respectively on the Q-factor of cavity.

J. Katona: Increase of the Specific Capacity of Electrolytic Condensers

The paper reviews the investigations pursued in order to increase the specific capacity of electrolytic condensers. One of the possibilities is the anode surface roughening. The author presents micrographs and electronmicrographs of chemical and electrochemical etchings and of other surface increasing methods. He gives a summary of experiments performed with titanium anode. He shows that the application of titanium anode leads to a great augmentation of specific capacity. In low voltage capacitors the specific capacity may be increased also by raising the capacity on the cathode side. In the course of the experimental work it was observed that the polarization capacity and the capacity of the natural oxide layer is of great importance. By the increasing of the cathode area and by its strong chemical pickling a considerable augmentation of specific capacity became possible in consequence of which the specific capacity grew to 10–20-fold. Miniature and subminiature capacitors for low voltages have been developed on these grounds.

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

Felölös szerkesztő: Balogh Pál — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, Budapest, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. — Telefon: 113-450

Felölös kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1190 példányban

59,973 Egyetemi Nyomda, Budapest, Dohány utca 12.

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál
Előfizetési díj: félévre 15 Ft, egész évre 30 Ft. Egyes szám ára: 5 Ft. Megjelenik kéthavonta — Csekkzámlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066
vagy átutalás az MNB 47. sz. folyószámlájára)

G. Pál: Application of negative impedances to the double-wired amplification of circuits

The concept of negative impedances. The characteristics of negative impedances and their classification. The realisation of negative impedances of various types with different circuits. Considerations concerning stability. Dimensioning views concerning circuit realisation of different negative impedances and methods of practical dimensioning. Comparison of execution with electronic tubes and transistors. Description of a circuit of a realised amplifying equipment with negative impedance. Description of service and application.

Résumé des articles en langue française

Gy. Almásy: Le calcul de la ligne de transmission particulière fonctionnant d'une méthode de TEM, c'est à dire de la cavité résonnante.

L'article présente le calcul des données électriques de la ligne de transmission fonctionnant d'une méthode TEM qui renferme un conducteur intérieur posé entre deux surfaces planes. L'auteur traite la question de la définition du champ électrique et du champ magnétique, qui s'étaient développés par l'aide de la théorie du miroitement. L'auteur décrit le calcul des pertes de l'impédance caractéristique, des courants dans les cotés et du conducteur. Puis il présente la déduction du coefficient de surtension de la cavité résonnante formée par le conducteur. En fin il fait connaître l'influence de l'excentricité du conducteur intérieur sur l'impédance caractéristique, c'est à dire sur le coefficient de surtension de la cavité formé par le conducteur.

J. Kalona: Augmentation de la capacité spécifique des condensateurs électrolytiques

L'étude résume les essais entrepris pour augmenter la capacité spécifique des condensateurs électrolytiques. L'une des possibilités consiste à rendre la surface de l'anode plus grossière. Il présente des clichés obtenus au moyen de microscopes ordinaires et électroniques, concernant la corrosion chimique et électrolytique, puis d'autres procédés augmentant la surface. Il résume les résultats des essais obtenus, concernant des anodes en titane. Par l'application des anodes en titane une augmentation considérable de la capacité spécifique peut être obtenue. Quant aux condensateurs à basse tension, la capacité spécifique peut être aussi augmentée par l'accroissement de la capacité du côté cathodique. Les essais fondamentaux et les examens suivants ont démontré que le rôle de la capacité composée de la capacité de polarisation et de celle de la couche naturelle d'oxyde est décisif. En augmentant la surface de la cathode et par son fort décapage chimique il a été possible d'augmenter de forte mesure la capacité spécifique. La capacité spécifique a atteint ainsi 10 à 20 fois sa valeur initiale. Les condensateurs miniatures et sous-miniatures à basse tension ont pu être développés par la suite, à partir de ces résultats.

G. Pál: L'application des impédances négatives pour l'amplification des circuits à deux fils

Concept de l'impédance négative. Leur caractère et leurs distributions. Réalisation des impédances négatives de types différents avec des circuits divers. Considérations de mesure concernant la réalisation des circuits des différentes impédances négatives. Analyse de circuit en corrélation avec l'adaptation. Comparaison des modes de solution avec les tubes électriques et des transistors. Description détaillée de circuit d'une installation amplificatrice réalisée. L'article présente des possibilités de service et d'application.

A JÁNLJUK

azonnali szállításra

az alábbi

E. K. M.

illetve

R. F. T.

kapcsolótábla műszereket:

MOD 66 DA 1 mA. 60 mV

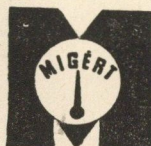
MOD 85 DA 100 μ A
1 mA
5 mA. 60 mV
40 μ A

MOD 125 DA 60 μ A
100 μ A
5 mA. 60 mV

MOD 200 DA 600 A + sh.
1000 A + sh.
4000 A + sh.

MOD 120 DA 100 μ A. késélmutató

MOD 120 DA 50 μ A. késélmutató



Fenti műszerek kaphatók:

MŰSZER ÉS IRODAGÉPÉRTÉKESÍTŐ VÁLLALAT
MŰSZERMINTATERMÉBEN

VI., Népköztársaság u. 2.

