50.165

XVIII. ÉVFOLYAM, 8. SZÁM, 237–268 OLDAL
BUDAPEST, 1967. AUGUSZTUS HÓ 8

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET LAPJA

1967. augusztus, XVIII. évfolyam, 8. szám

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADASTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

BARANYI ANDRÁS: Szimmetrikus futási idő karakterisztikájú sávszűrő 237
Szovjet tudomány-technika hónapja 245
BÓKA ANDRÁSNÉ: Információ tárolására alkalmas, széles hőmérséklet-tartományban használható négyszögletes hiszterézishurkú ferritek 246
Dr. Barta István kitüntetése 248
MIHÁLYI ANTAL: Nagystabilitású fémréteg-ellenállások hazai kutatásának néhány kérdése 249
KAREL TOMAŠEK: Nomogramok Zener-diódás stabilizáló kapcsolások számításához 255
MUSZTÁCS ISTVÁN: Mikrohullámú oszcillátorcsövek zajának mérése 258
A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Évkönyve 263
A HTE 1967. szeptember havi rendezvényei 264
Tartalmi összefoglalások 264
Обобщения 264
Zusammenfassungen 265
Summaries 265
Résumés 266

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, SÁRKÖZY GÉZA kandidátus és MÁY PÉTER tudományos szerkesztők, FLESCH ISTVÁN, RUPPENTHAL PÉTER, VÁSÁRHELYI PÁL szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség címe: Budapest, V., Október 6. utca 7. IV. 421. Telefon: 183-772 — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest, V., Szabadság tér 17. Telefon: 113-027

Szerkesztő bizottság tagjai: ALMÁSSY GYÖRGY kandidátus, BARTA ISTVÁN akadémikus, BATTISTIG GYÖRGY, BÍRÓ FERENC, BUDAI LAJOS, CZEGLÉDY GYÖRGY, ERDÉLYI JÁNOS kandidátus, GERGELY ÖDÖN, GIBER JÁNOS kandidátus, KATONA JÁNOS, a műszaki tudományok doktora, KŐMŰVES FRIGYES kandidátus, LAJKÓ SÁNDOR, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VIG ISTVÁN

Index: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA
Kiadja a Lapkiadó Vállalat Budapest, VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 24 Ft, egész évre 48 Ft. Egyes szám ára: 4 Ft. Megjelenik havonta. Csekkszámlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA": P. O. B. 149 Budapest 62.

67.931 Egyetemi Nyomda, Budapest

HÍRADÁSTECHNIKA
A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

BARANYI ANDRÁS
Távközlési Kutató Intézet

Szimmetrikus futási idő karakterisztikájú sávszűrő*

ETO 621.372.543.2.001.24:621.376.3:621.396.4

Frekvenciamodulációs hírközlésnél az áramkör futási idő karakterisztikájának ingadozása és az ingadozás frekvencia aszimmetrikus összetevője az átvitt jel nemlineáris torzítását okozza. Frekvenciamodulációt alkalmazó rendszereknél — így sokcsatornás telefonátvitelre vagy televízió műsorátvitelre szolgáló mikrohullámú berendezéseknél — elsőrendű követelmény, hogy a vivőfrekvenciás részek futási idő karakterisztikája minimális ingadozású és a vivőfrekvenciára nézve a lehető legnagyobb mértékben szimmetrikus legyen. Mikrohullámú rendszerek tervezésénél a rendelkezésre álló frekvenciasáv jó kihasználása érdekében az egyes rádiócsatornák közti frekvenciatávolság csökkentésére törekszenek, ehhez meredek csillapítás karakterisztikájú sávszűrők szükségesek. Az említett okok miatt nagy jelentőségük van azoknak a sávszűrő méretezési eljárásoknak, melyekkel előírt zárócsillapítás és az áteresztő sávban aritmetikusan szimmetrikus futási idő karakterisztika biztosítható.

A szimmetrikus sávszűrők tervezésével az utóbbi időben több publikáció foglalkozott. Carassa [1] és Szentirmai [2] megadták a szimmetria feltételét a sávközép frekvenciától távol levő pólusok esetére, így eredményeik elsősorban kevésbé meredek csillapításmenetű szűrők tervezésénél alkalmazhatók. A feladat általános megoldásával Szentirmai [3] és Pietralunga [4] foglalkozott. Szintézis módszereik a csillapítás pólusok tetszőleges elrendezése esetén is érvényesek, alkalmazásukhoz azonban bonyolult numerikus approximációra, illetve próbálgatásra van szükség. A meredek csillapítás karakterisztikához szükséges magasabb fokszámú szűrők számításánál ezeket az eljárásokat nehéz alkalmazni.

Az említett nehézségek kiküszöbölésére számítástechnikailag egyszerű, frekvencia transzformáción alapuló méretezési eljárást ismertetünk. Az ismertetendő módszer tetszőleges fokszámú szűrő tervezésére alkalmazható az aluláteresztő szűrőkre kidolgozott eredmények közvetlen felhasználásával.

* A cikk a szerzőnek a III. Mikrohullámú Kollokviumon (Budapest, 1966. április) tartott előadása alapján készült.

A szokásos sávszűrő transzformáció

Az irodalomból ismert és a gyakorlatban elterjedt módszer szerint a sávszűrők tervezését az

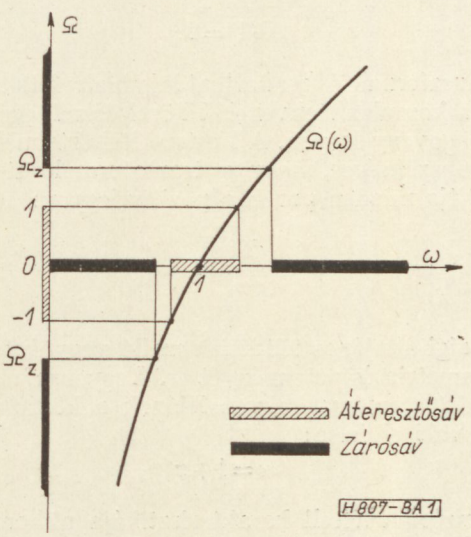
$$\Omega = \frac{\omega^2 - 1}{b\omega} \tag{1}$$

frekvencia transzformáció alkalmazásával aluláteresztő szűrő tervezésére vezetik vissza.

A transzformáció kifejezésében Ω az aluláteresztő tartomány, ω a sáváteresztő tartomány normalizált frekvenciája, b a relatív sávszélesség. A függvénykapcsolat ábrázolása (1. ábra) szemléletesen mutatja, hogy a transzformáció az aluláteresztő tartomány -1 és $+1$ frekvenciák közti áteresztősávját egységnyi középfrekvenciával rendelkező áteresztősávba viszi át. A frekvenciatranszformáció konform leképzés, ezért az amplitúdó- és fázis-karakterisztika a transzformációra nézve invariáns:

$$a(\omega) = a(\Omega) \tag{2}$$

$$\varphi(\omega) = \varphi(\Omega) \tag{3}$$



1. ábra. A szokásos aluláteresztő-sáváteresztő transzformáció

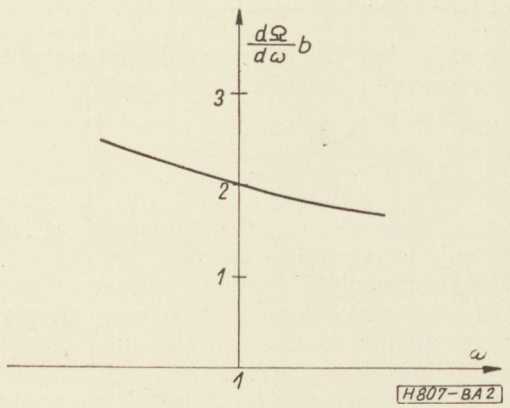
A futási idő a fázis-karakterisztika frekvencia szerinti differenciálásával adódik, így a sávszűrő futási idő karakterisztikája:

$$\tau(\omega)=\frac{d\varphi}{d\omega}=\frac{d\varphi}{d\Omega}\frac{d\Omega}{d\omega}=\tau(\Omega)\Omega'(\omega) \qquad (4)$$

Az eredményből kitűnik, hogy a futási idő karakterisztika a transzformációra nézve nem invariáns, kifejezésében szerepel a transzformáció függvény deriváltja is. A deriváltat az (1) egyenletből számíthatjuk:

$$\frac{d\Omega}{d\omega}=\frac{1}{b}\left(1+\frac{1}{\omega^2}\right) \qquad (5)$$

A kapott kifejezés frekvenciafüggését a 2. ábra mutatja. Az ábráról megállapítható, hogy a szokásos transzformáció a középfrekvenciára nézve aszimmetrikus futási idő karakterisztikát eredményez.



2. ábra. A transzformáló függvény deriváltja a szokásos transzformáció esetében

Szimmetrikus sávszűrő transzformáció

Válasszuk a sávszűrő tartomány frekvenciaegységének továbbra is az áteresztősáv közepes frekvenciáját. Ezt a frekvenciát a transzformációnak az aluláteresztő tartomány zérus pontjába kell átvinnie:

$$\Omega(1)=0 \qquad (6)$$

A transzformáció realizálhatóságának feltétele az, hogy a komplex frekvenciák közti összefüggés reaktáns függvény legyen. A Foster-tétel értelmében ehhez az szükséges, hogy a transzformáló függvény deriváltja minden pontban pozitív legyen:

$$\frac{d\Omega}{d\omega}>0 \qquad (7)$$

Az eddigi általános feltételek mellé vegyük fel most a szimmetria követelményét is. Legyen x a sáváteresztő tartomány frekvenciájának a középfrekvenciától való eltérése:

$$\omega=1+x \qquad (8)$$

A sávszűrő átviteli karakterisztikája akkor lesz a középfrekvenciára nézve aritmetikusan szimmetrikus, ha a transzformáló függvény x-nek páratlan függvénye:

$$\Omega(1-x)=-\Omega(1+x) \qquad (9)$$

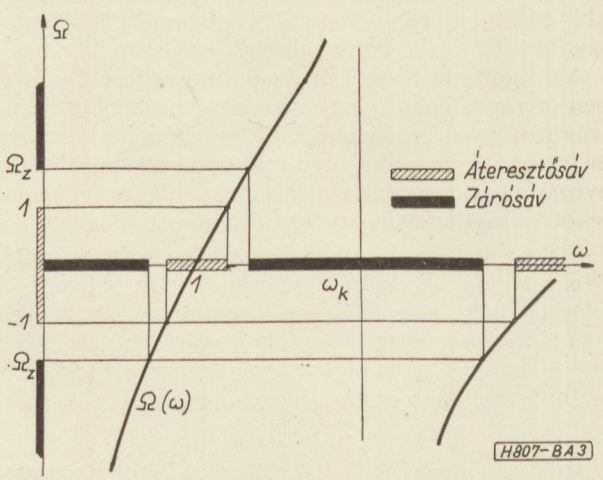
Ekkor természetesen nemcsak az amplitúdó, hanem a futási idő karakterisztika is szimmetrikus, hiszen a futási idő kifejezésében szereplő $d\Omega/d\omega$ derivált x-nek páros függvénye.

Az irodalomból ismeretes [3], hogy transzcendens függvény-transzformációval a szimmetria feltétele pontosan teljesíthető. A transzcendens transzformáció megvalósítása azonban csak elosztott paraméterű hálózattal lehetséges. Mi a megoldást koncentrált paraméterekkel realizálható racionális törtfüggvény alakjában keressük. Ezért a pontos szimmetriát biztosító (9) feltétel helyett csak azt a követelményt támasztjuk, hogy a tarnszformáló függvény x-szerinti sorfejtésében másodfokú tag ne szerepeljen:

$$\left(\frac{d^2\Omega}{d\omega^2}\right)_{\omega=1}=0 \qquad (10)$$

Az állandó tag eltűnését már a (6) összefüggés biztosítja. A (6), (7) és (10) egyenleteket kielégítő transzformációt a továbbiakban röviden szimmetrikus transzformációnak nevezzük.

A szokásos transzformáció másodfokú reaktáns függvénnyel történik. Ha a transzformáció fokszámát eggyel növeljük és harmadfokú reaktáns függvényt alkalmazunk, akkor az elsőrendű szimmetria feltételét már kielégíthetjük. A (6) (7) és (10) feltételnek eleget tevő harmadfokú függvény menetét a 3. ábra mutatja. Az ábra szerint a függvény két zérussal és két pólussal rendelkezik. A zérus frekvenciánál, valamint az egységnyi és végtelen frekvenciánál levő szinguláritásokon kívül itt egy véges ω_k frekvenciánál fellépő pólus is adódik. Az ábrából leolvasható a transzformált sávszűrő csillapítás-jelleggörbéje. Az egységnyi frekvencia környezetében levő áteresztősávon kívül — egy meghatározott frekvencia felett — újabb áteresztősáv következik, más szóval a nagyfrekvenciás oldalon a szűrő csak véges szélességű zárósávval rendelkezik. Ez sok esetben, így pl. mikrohullámú rendszerek középfrekvenciás szűrőinél egyáltalán nem zavaró, egyébként pedig egy jóval enyhébb specifikációjú, járulékos aluláteresztő szűrővel megszüntethető.



3. ábra. Harmadfokú aluláteresztő-sáváteresztő transzformáció

A transzformációt a pólusok és zérusok egy β állandótól eltekintve egyértelműen meghatározzák:

$$\Omega(\omega)=\frac{1}{\beta}\frac{\omega^2-1}{\omega(\omega_k^2-\omega^2)} \tag{11}$$

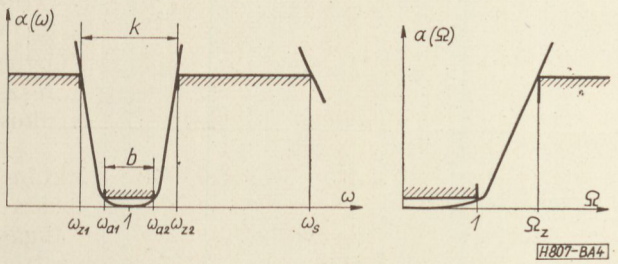
A sávszűrő karakterisztika közelítő szimmetriáját az ω_k pólusfrekvencia megfelelő megválasztásával biztosítjuk. A (10) feltételi egyenlet alkalmazásával a pólusfrekvenciára az

$$\omega_k=\sqrt{5} \tag{12}$$

érték adódik. Eszerint a szimmetrikus transzformáció kifejezése:

$$\Omega(\omega)=\frac{1}{\beta}\frac{\omega^2-1}{\omega(5-\omega^2)} \tag{13}$$

A szimmetrikus sávszűrő méretezéséhez szükséges paraméterek értelmezését a 4. ábrán foglaltuk össze.



4. ábra. A csillapításkarakterisztika tolerancia-sémája, *a)* a szimmetrikus sávszűrőnél, *b)* az aluláteresztő szűrőnél

A baloldali ábra a sávszűrő csillapítás-karakterisztikáját mutatja. Az áteresztő és záró sáv előírt határrekvenciái a középfrekvenciára szimmetrikusan helyezkednek el.

A tolerancia-séma szerint az áteresztősáv szélessége:

$$\omega_{a2}-\omega_{a1}=b \tag{14}$$

a zárósáv határainak frekvencia távolsága:

$$\omega_{z2}-\omega_{z1}=k \tag{15}$$

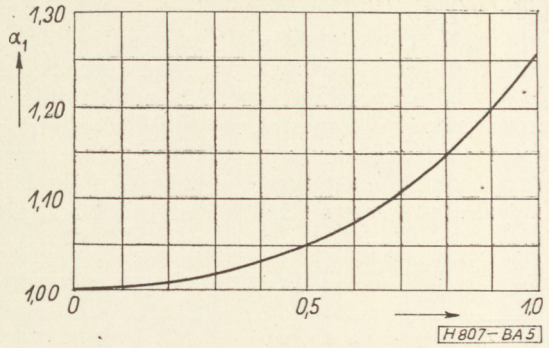
A szimmetrikus transzformáció alkalmazásából adódik, hogy a megvalósított szűrő zárósávja a nagyfrekvenciás oldalon véges szélességű. A zárósáv felső határát az ω_s frekvencia jelöli. A jobboldali ábra szerint az aluláteresztő tartományban az áteresztősáv határa az egységnyi frekvenciánál van, a zárósáv határa az Ω_z frekvencia.

Az aluláteresztő szűrőt az Ω_z frekvencia ismeretében méretezhetjük. A sávszűrő kapcsolási elemeinek számításához a transzformáció β együtthatóját kell meghatároznunk. Az alkalmazás szempontjából lényeges az ω_s frekvencia ismerete is. Fenti paramétereket — a **Függelék** *A)* pontjában részletezett számítások szerint — az alábbi összefüggések adják meg:

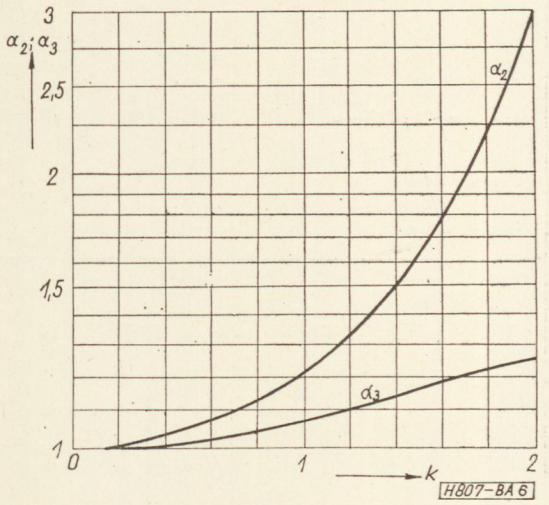
$$\beta=\alpha_1\frac{b}{4} \tag{16}$$

$$\Omega_z=\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\frac{k}{b} \tag{17}$$

$$\omega_s=\frac{4\alpha_3}{k} \tag{18}$$



5. ábra. Az α_1 paraméter b függvényében



6. ábra. Az α_2 és α_3 paraméterek k függvényében

Az α_1, α_2, α_3 együtthatók kifejezését a Függelék (28), (30) és (36) képletei szolgáltatják. Az együtthatók numerikus értéke az 5. és 6. ábrából olvasható le.

A szimmetrikus sávszűrő struktúrája

A szimmetrikus sávszűrő strukturáját a 7. ábrán egy példán bemutatjuk be. Az összehasonlítás kedvéért az ábrán a szokásos transzformáció eredményét is feltüntettük. A megadott esetben az aluláteresztő szűrő transzfer függvénye másodfokú, a szűrő két csillapításpólussal rendelkezik. A véges frekvenciánál levő pólust a söntág soros rezgőköre, a végtelenben levő pólust a soros induktivitás biztosítja. A szokásos transzformációnál minden egyes aluláteresztő pólusnak két sávszűrő pólus felel meg. A szimmetrikus transzformáció ezzel szemben az aluláteresztő szűrő véges frekvenciánál levő pólusát három különböző frekveciához tartozó pólusba viszi át, ezeket a söntág soros rezgőkörei hozzák létre. Az aluláteresztő szűrő végtelennél levő pólusa a sávszűrő tartomány zérus és $\sqrt{5}$ értékű frekvenciájához kerül, ezeket a soros ág elemei realizálják. Az ábrából kitűnik, hogy a szimmetrikussávszűrő kapcsolási elemeinek száma 50%-kal nagyobb, mint a szokásos sávszűrőé. A harmadfokú frekvencia transzformációval az elemszám növekedése árán érjük el a szimmetrikus átviteli karakterisztikát.

A szimmetrikus sávszűrő impedancia-elemeinek számítását az 1. táblázatban megadott összefüggések

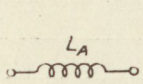
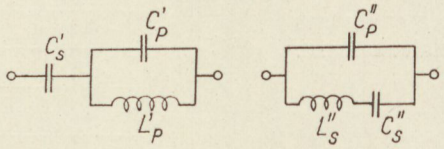
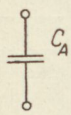
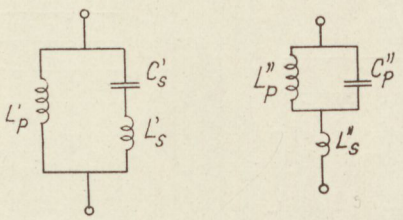
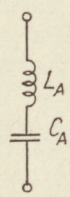
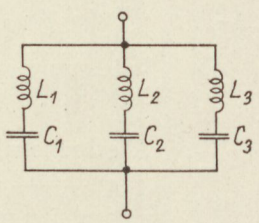
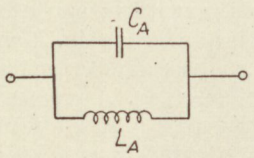
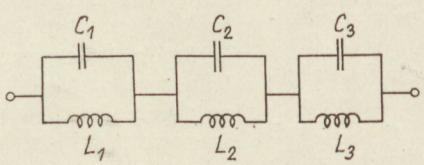
alapján végezhetjük el. A táblázat tartalmazza az aluláteresztő szűrő induktivitásának, kapacitásának, valamint soros és párhuzamos rezgőkörének megfelelő sávszűrő impedanciákat. Az induktivitás és a kapacitás sávszűrő transzformáltjainál két ekvivalens kapcsolást adtunk meg, a rezgőkörök transzformáltjainál a többféle lehetséges ekvivalens kapcsolás közül a gyakorlati szempontból legkedvezőbb realizációt tüntettük fel. A táblázatban szereplő méretezési képletek levezetését a **Függelék** *B)* pontja tartalmazza.

A szimmetria pontossága

A (13) egyenletben megadott frekvencia transzformációval a szimmetrikus futási idő karakterisztikát elsőrendben közelítjük. A közelítés hibájára a futási

1. táblázat

A szimmetrikus sávszűrő kapcsolási elemeinek számítása

Aluláteresztő szűrő impedancia-eleme	Szimmetrikus sávszűrő impedancia-eleme	A sávszűrő kapcsolási elemek normalizált értéke *
		$C'_s = \frac{5\beta}{L_A}$ $\quad C''_s = \frac{4\beta}{L_A}$ $C'_p = \frac{5\beta}{4L_A}$ $\quad C''_p = \frac{\beta}{L_A}$ $L'_p = \frac{4L_A}{25\beta}$ $\quad L''_s = \frac{L_A}{4\beta}$
		$L'_p = \frac{5\beta}{C_A}$ $\quad L''_p = \frac{4\beta}{C_A}$ $L'_s = \frac{5\beta}{4C_A}$ $\quad L''_s = \frac{\beta}{C_A}$ $C'_s = \frac{4C_A}{25\beta}$ $\quad C''_p = \frac{C_A}{4\beta}$
 $\Omega_\infty^2 = \frac{1}{L_A C_A}$	 $\omega_{\infty i}^2 = \frac{1}{L_i C_i}$	$L_i = \frac{L_A}{\beta} \frac{1}{W_i} \frac{\left(1-\frac{W_i}{W_k}\right)\left(1-\frac{W_i}{W_l}\right)}{(1-W_i)(5-W_i)}$ ** $C_i = \frac{\beta}{L_A} \frac{(1-W_i)(5-W_i)}{\left(1-\frac{W_i}{W_k}\right)\left(1-\frac{W_i}{W_l}\right)}$ $W_{\infty i}^2 = W_i$ $i, k, l = 1,2,3 \qquad i \neq k \neq l$
 $\Omega_\infty^2 = \frac{1}{L_A C_A}$	 $\omega_{\infty i}^2 = \frac{1}{L_i C_i}$	$C_i = \frac{C_A}{\beta} \frac{1}{W_i} \frac{\left(1-\frac{W_i}{W_k}\right)\left(1-\frac{W_i}{W_l}\right)}{(1-W_i)(5-W_i)}$ ** $L_i = \frac{\beta}{C_A} \frac{(1-W_i)(5-W_i)}{\left(1-\frac{W_i}{W_k}\right)\left(1-\frac{W_i}{W_l}\right)}$ $W_{\infty i}^2 = W_i$ $i, k, l = 1,2,3 \qquad i \neq k \neq l$

H 807 táblázat

* Az induktivitás és a kapacitás egysége:

$$L_0 = \frac{R_0}{\omega_0}; \quad C_0 = \frac{1}{R_0 \omega_0}$$

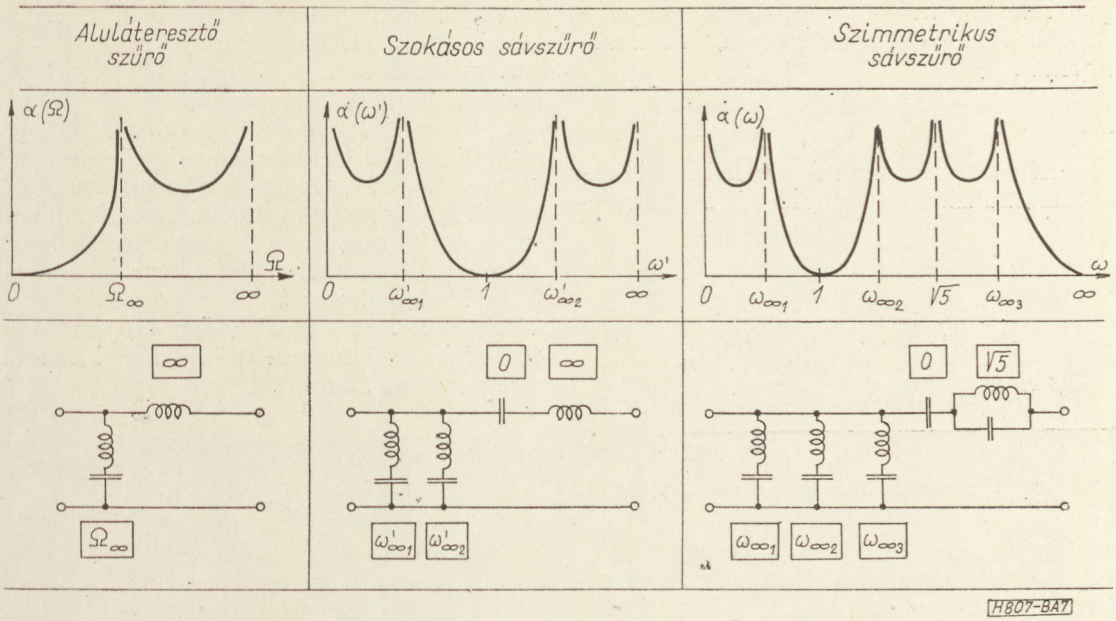
ahol ω_0 a sávszűrő áteresztő sávjának közepes frekvenciája, R_0 a választott ellenállás egység.

** w_1, w_2, w_3, az

$$1-(25m+2)w+(10m+1)w^2-mw^3=0$$

egyenlet gyökei, ahol $m=\beta^2\Omega_\infty^2$

(lásd **Függelék** *B)* pontjában az (50) egyenletet



7. ábra. A szokásos és a szimmetrikus sávszűrő struktúrája

idő karakterisztika aszimmetriája jellemző. A következőkben a frekvenciatranszformációból eredő aszimmetriát kívánjuk meghatározni, ezért feltételezzük, hogy az aluláteresztő tartományban a futási idő állandó:

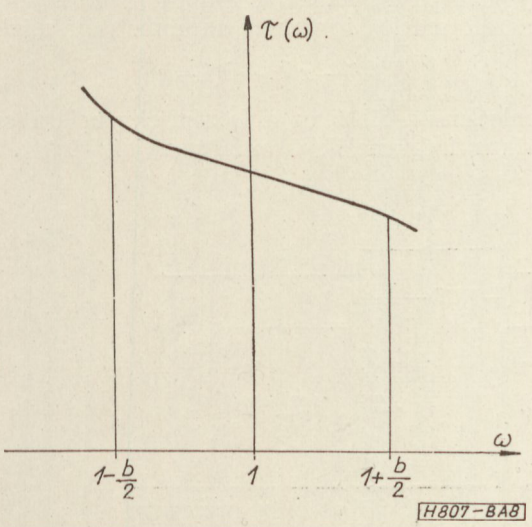
$$\tau(\Omega)=T_A \tag{19}$$

Ekkor

$$\tau(\omega)=T_A\Omega'(\omega) \tag{20}$$

A sávszűrő futási idő karakterisztikáját a 8. ábra mutatja. A szimmetria közelítésének hibájára jellemző ε értéket az áteresztősáv határfrekvenciáihoz tartozó futási idők eltérésének és a sávközépi futási időnek hányadosaként definiáljuk:

$$\varepsilon=\frac{\left|\tau\left(1+\frac{b}{2}\right)-\tau\left(1-\frac{b}{2}\right)\right|}{\tau(1)} \tag{21}$$



8. ábra. A sávszűrő futási idő karakterisztikája

A (20) összefüggés alapján:

$$\varepsilon=\frac{\left|\Omega'\left(1+\frac{b}{2}\right)-\Omega'\left(1-\frac{b}{2}\right)\right|}{\Omega'(1)} \tag{22}$$

A **Függelék** *C)* pontjában részletezett számítások szerint a szimmetrikus transzformáció alkalmazása esetén:

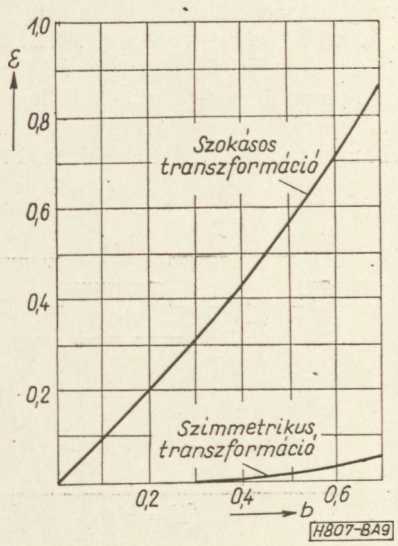
$$\varepsilon\cong\frac{1}{8}b^3+\frac{21}{256}b^5 \tag{23}$$

Az összehasonlítás kedvéért megadjuk az (1) egyenletben felírt szokásos transzformációra jellemző aszimmetriát is:

$$\varepsilon\cong b+\frac{1}{2}b^3 \tag{24}$$

A fenti képletek pontossága $b\leqq 0{,}7$ esetén 5%.

Az ε paramétert a relatív sávszélesség függvényében a 9. ábrán rajzoltuk fel. Az ábrából megállapítha-



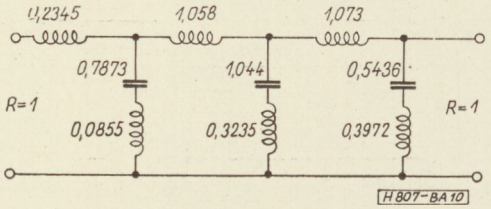
9. ábra. Az aszimmetriára jellemző ε paraméter b függvényében

tó, hogy a szimmetrikus transzformáció nagyságrendileg kisebb aszimmetriát eredményez, mint a szokásos megoldás.

Számpélda

A szimmetrikus transzformáció alkalmazását sokcsatornás mikrohullámú FM rendszer középfrekvenciás szűrőjének példáján mutatjuk be. A szűrőre vonatkozó előírások a következők:

Sávközép frekvencia	70 MHz,
Áteresztősáv	55—85 MHz
Reflexió az áteresztősávban	max 10%
Szelektivitás a középfrekvenciától ±28 MHz távolságban	min. 40 dB



10. ábra. Hatodfokú, inverz-Csebisev karakterisztikájú aluláteresztő szűrő

Fenti adatokból:

$$b=\frac{30}{70}=0{,}429 \qquad k=\frac{2\cdot 28}{70}=0{,}8$$

A transzformáció paraméterei a (16), (17) és (18) egyenletek valamint az 5. és 6. ábrák felhasználásával:

$$\beta=1{,}03\,\frac{0{,}429}{4}=0{,}110$$

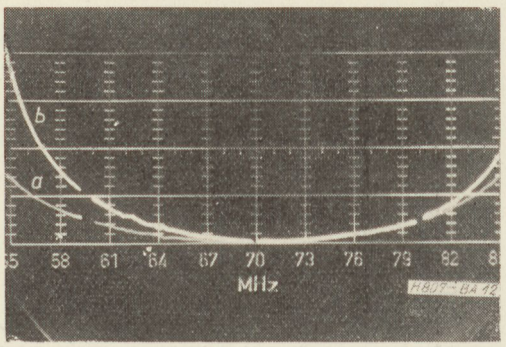
$$\Omega_z=\frac{1{,}13}{1{,}03}\,\frac{0{,}8}{0{,}429}=2{,}05$$

$$\omega_s=\frac{4\cdot 1{,}04}{0{,}8}=5{,}20$$

A feladat megoldására az áteresztősávban maximálisan lapos, a zárósávban egyenletes hullámosságú, inverz-Csebisev karakterisztikájú szűrőt választottunk, e szűrő-típus kedvező futási idő karakterisztikája miatt. A specifikációs adatokból az aluláteresztő tartományban hatodfokú szűrő adódott (10. ábra).

A szimmetrikus transzformációval nyert sávszűrő kapcsolását a 11. ábra mutatja.

A megvalósított szűrő futási idő karakterisztikájának szimmetriáját, valamint az ismert megoldáshoz viszonyított javulást a 12. ábrából ítélhetjük meg. Az ábrán elektronkapcsolóval készített kettős görbe látható: egyrészt a szimmetrikus szűrő futás idő görbéje, másrészt a 10. ábra szerinti aluláteresztő szűrőből a szokásos transzformációval számított szűrő futási karakterisztikája. A szimmetrikus szűrő futási idő ingadozása 30 MHz-es sávban 14 ns, a szokásos transzformációval kapott értéknek mindössze 40%-a. Az aszimmetria 0,5 ns. szemben a szokásos esetben adódó 20 ns-al.



12. ábra. A sávszűrő mért futási idő karakterisztikája *a)* a példa szerinti szimmetrikus sávszűrő esetében, *b)* a 10. ábra aluláteresztő szűrőjéből szokásos transzformációval nyert sávszűrő esetében. A függőleges tengelyen egy kis osztás 2 ns-nak felel meg

A szimmetrikus szűrő zárócsillapítása 360 MHz felett az előírt 40 dB-es érték alá csökken, ez a jelenség azonban alkalmazás szempontjából nem zavaró.

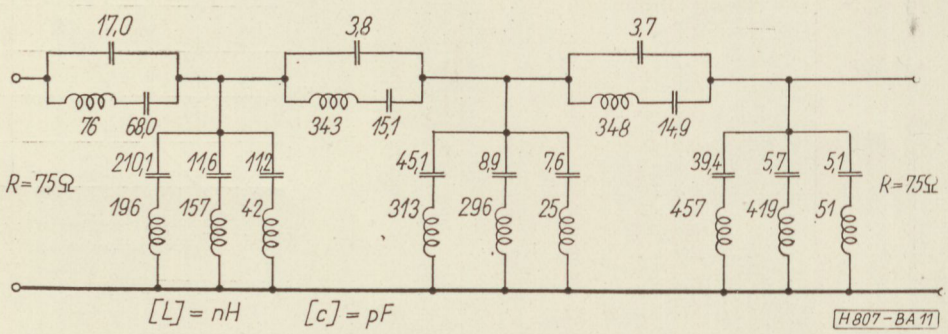
Függelék

A) A transzformáció paramétereinek meghatározása

A (13) transzformáló egyenlet β együtthatóját az áteresztősávra vonatkozó előírásból határozzuk meg. A *C)* pont (52) összefüggése alapján igazolható, hogy a transzformáció kismértékű aszimmetriája miatt az

$$|\Omega(1-x)|>|\Omega(1+x)| \qquad (25)$$

egyenlőtlenség áll fenn a középfrekvenciára szimmetrikus frekvenciák transzformáltjai között. Így



11. ábra. A számpélda előírásainak megfelelő szimmetrikus sávszűrő

az áteresztősáv transzformációjánál az ω_{a1} alsó határfrekvenciát kell figyelembe vennünk:

$$\left|\Omega(\omega_{a1})\right| = \left|\Omega\left(1-\frac{b}{2}\right)\right| = 1 \tag{26}$$

A 3. ábra szerint $0<\omega<1$ esetén Ω negatív, így az alábbi egyenlet adódik:

$$\frac{1}{\beta}\,\frac{\left(1-\frac{b}{2}\right)^2-1}{\left(1-\frac{b}{2}\right)\left[5-\left(1-\frac{b}{2}\right)^2\right]} = -1 \tag{27}$$

Az egyenletet β-ra megoldva

$$\beta = \alpha_1 \frac{b}{4} \tag{16}$$

ahol

$$\alpha_1 = \frac{1-\frac{1}{4}b}{1-\frac{1}{4}b-\frac{3}{16}b^2+\frac{1}{32}b^3} \tag{28}$$

Az Ω_z frekvenciát a (25) egyenlőtlenség miatt a zárósáv felső oldali határfrekvenciájából számítjuk:

$$\Omega_z = \frac{1}{\beta}\,\frac{\left(1+\frac{k}{2}\right)^2-1}{\left(1+\frac{k}{2}\right)\left[5-\left(1+\frac{k}{2}\right)^2\right]} \tag{29}$$

β-t a (16) egyenletből behelyettesítve és az egyszerűsítéseket elvégezve, az

$$\Omega_z = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}\,\frac{k}{b} \tag{17}$$

összefüggést kapjuk, ahol

$$\alpha_2 = \frac{1+\frac{1}{4}k}{1+\frac{1}{4}k-\frac{3}{16}k^2-\frac{1}{32}k^3} \tag{30}$$

Az ω_s frekvencia transzformáltja a 13. ábra szerint $-\Omega_z$. Így ω_s-re a

$$-\Omega_z = \frac{1}{\beta}\,\frac{\omega_s^2-1}{5\omega_s-\omega_s^3} \tag{31}$$

egyenlet adódik. β és Ω_z értékét a (16) és (17) összefüggésekből helyettesítve és az egyenletet rendezve kapjuk, hogy:

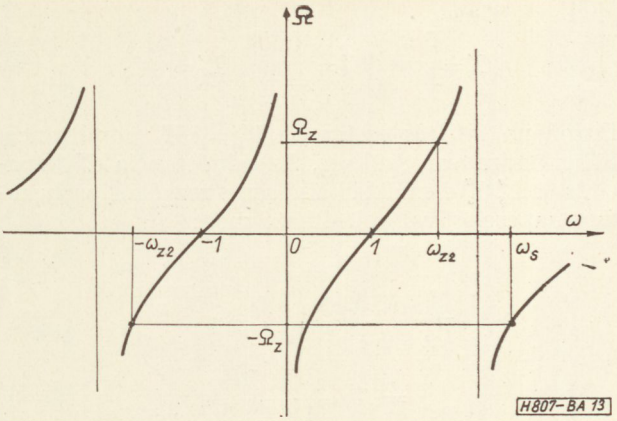
$$\omega_s^3-\frac{4}{\alpha_2 k}\,\omega_s^2-5\omega_s+\frac{4}{\alpha_2 k}=0 \tag{32}$$

A harmadfokú egyenlet gyökei közül azt a gyököt kell kiválasztanunk, melyre

$$\omega_s > \sqrt{5} \tag{33}$$

A 13. ábra szerint az egyenlet gyökei között szerepel a

$$-\omega_{z2} = -\left(1+\frac{k}{2}\right) \tag{34}$$



13. ábra. Ábra az ω_s frekvencia számításához

frekvencia is. Az ehhez tartozó gyöktényezővel egyszerűsítve és α_2 kifejezést behelyettesítve az

$$\omega_s^2-\frac{4}{k}\,\frac{1+\frac{1}{2}k}{1+\frac{1}{4}k}\,\omega_s+\frac{4}{k}\,\frac{1-\frac{1}{4}k-\frac{1}{16}k^2}{1+\frac{1}{4}k}=0 \tag{35}$$

másodfokú egyenlethez jutunk. A (33) feltételnek megfelelő megoldás

$$\omega_s = \frac{4\alpha_3}{k} \tag{18}$$

alakban írható fel, ahol

$$\alpha_3 = \frac{1+\frac{1}{2}k+\sqrt{1+\frac{1}{4}k^2+\frac{1}{8}k^3+\frac{1}{64}k^4}}{2\left(1+\frac{1}{4}k\right)} \tag{36}$$

B) A sávszűrő kapcsolási elemeinek számítása

A sávszűrő impedancia-elemeit a (13) transzformációs egyenlet komplex alakjának alkalmazásával nyerjük:

$$P = \frac{1}{\beta}\,\frac{1+p^2}{p(5+p^2)} \tag{37}$$

A kifejezésben P az aluláteresztő, p a sáváteresztő tartomány komplex frekvenciája. A sávszűrő impedancia-elemeit oly módon kapjuk, hogy az aluláteresztő szűrőt alkotó elemek impedancia függvényére a (37) transzformációt alkalmazzuk.

Az aluláteresztő szűrő L_A induktivitásának a sávszűrő kapcsolásban

$$Z_L = L_A P = L_A\,\frac{1}{\beta}\,\frac{1+p^2}{p(5+p^2)} \tag{38}$$

impedancia felel meg. Antirezonáns kifejtést alkalmazva, az impedancia C_s' kapacitás és C_p', L_p' elemekből álló párhuzamos rezgőkör soros kapcsolásával valósítható meg:

$$Z_L = L_A\,\frac{1}{\beta}\,\frac{1+p^2}{p(5+p^2)} = \frac{1}{\frac{5\beta}{L_A}p}+\frac{\frac{4L_A}{25\beta}p}{1+\frac{p^2}{5}} =$$

$$= \frac{1}{C_s' p}+\frac{L_p' p}{1+L_p' C_p' p^2} \tag{39}$$

ahol

$$C'_s=\frac{5\beta}{L_A} \quad C'_p=\frac{5\beta}{4L_A} \quad L'_p=\frac{4L_A}{25\beta} \tag{40}$$

Rezonáns kifejtés esetén az $Y_L=1/Z_L$ admittancia felbontására van szükség. Az admittancia C''_p kapacitás és $L''_s C''_s$ elemekből álló soros rezgőkör párhuzamos kapcsolásával valósítható meg:

$$Y_L=\frac{\beta}{L_A}\frac{p(5+p^2)}{1+p^2}=\frac{\beta}{L_A}p+\frac{\frac{4\beta}{L_A}p}{1+p^2}=$$
$$=C''_p p+\frac{C''_s p}{1+L''_s C''_s p^2} \tag{41}$$

ahol

$$C''_p=\frac{\beta}{L_A} \quad L''_s=\frac{L_A}{4\beta} \quad C''_s=\frac{4\beta}{L_A} \tag{42}$$

A fentiekhez hasonlóan történik az aluláteresztő szűrő $Y_C=C_A P$ admittanciájának transzformációja. A számítások eredményét a 3. pont táblázata tartalmazza.

Az aluláteresztő szűrő L_A és C_A elemekből álló soros rezgőkörének transzformációjánál a rezonáns kifejtést célszerű alkalmazni, ezért az admittancia transzformáltját vizsgáljuk. A rezgőkör admittanciája az aluláteresztő tartományban:

$$Y_{sr}=\frac{C_A P}{1+L_A C_A P^2}=\frac{C_A P}{1+\frac{P^2}{\Omega_\infty^2}} \tag{43}$$

ahol Ω_∞ a rezgőkör rezonanciafrekvenciája. A (37) transzformáció alkalmazásával

$$Y_{sr}=\frac{\frac{C_A}{\beta}\frac{1+p^2}{p(5+p^2)}}{1+\frac{1}{\Omega_\infty^2}\frac{1}{\beta^2}\frac{(1+p^2)^2}{p^2(5+p^2)^2}}=$$

$$=\frac{\beta}{L_A}\frac{p(1+p^2)(5+p^2)}{1+(25\Omega_\infty^2\beta^2+2)p^2+(1+10\Omega_\infty^2\beta^2)p^4+\Omega_\infty^2\beta^2 p^6} \tag{44}$$

A kapott hatodfokú admittancia három soros rezgőkör párhuzamos kapcsolásával valósítható meg:

$$Y_{sr}=\sum_{i=1}^{3}\frac{\frac{1}{L_i}p}{\omega_{\infty i}^2+p^2} \tag{45}$$

Feladatunk a rezgőkörök L_i induktivitásának és ω_∞ rezonancia frekvenciájának meghatározása.

Vezessük be az

$$m=\beta^2\Omega_\infty^2 \tag{46}$$
$$w=-p^2 \tag{47}$$
$$w_i=\omega_{\infty i}^2 \tag{48}$$

jelöléseket. A (44) és (45) egyenletek egybevetésével kapjuk, hogy:

$$\frac{\beta}{L_A}\frac{(1-w)(5-w)}{1-(25m+2)w+(1+10m)w^2-mw^3}=\sum_{i=1}^{3}\frac{\frac{1}{L_i}}{w_i-w} \tag{49}$$

Az összefüggés szerint w_1, w_2 és w_3 az

$$1-(25m+2)w+(1+10m)w^2-mw^3=0 \tag{50}$$

egyenlet gyökei. Így a harmadfokú egyenletet megoldva w_i számítható. Ebből a sávszűrő kapcsolás rezonanciafrkevenciái a (48) képlet felhasználásával határozhatók meg. A rezgőkörök L_i induktivitás értékét a (49) egyenletből a részlettörtre bontást elvégezve kapjuk:

$$L_i=\frac{L_A}{\beta}\frac{1}{w_i}\frac{\left(1-\frac{w_i}{w_k}\right)\left(1-\frac{w_i}{w_l}\right)}{(1-w_i)(5-w_i)} \tag{51}$$

$i,\ k,\ l=1,\ 2,\ 3,\ i\neq k\neq l$

A fentiekhez hasonló módon számítható az aluláteresztő szűrő L_A és C_A elemekből álló, párhuzamos rezgőkörének sávszűrő transzformáltja. A számítások eredményét a 3. pont táblázata tartalmazza.

C) A szimmetria közelítésének hibája

A futási idő karakterisztika aszimmetriájára jellemző

$$\varepsilon=\frac{\left|\Omega'\left(1+\frac{b}{2}\right)-\Omega'\left(1-\frac{b}{2}\right)\right|}{\Omega'(1)} \tag{22}$$

értéket a transzformáció

$$\Omega=\frac{1}{\beta}\frac{\omega^2-1}{\omega(5-\omega^2)} \tag{13}$$

egyenletéből számítjuk. Az Ω függvényt az $\omega=1$ pont környezetében Taylor-sorba fejtve:

$$\Omega(1+x)=\frac{1}{4\beta}\left[2x+\frac{3}{2}x^3-\frac{1}{4}x^4+\frac{10}{8}x^5-\frac{7}{16}x^6\pm\ldots\right] \tag{52}$$

Ebből a transzformáló függvény aderiváltja:

$$\Omega'(1+x)=\frac{1}{2\beta}\left[1+\frac{9}{4}x^2-\frac{1}{2}x^3+\frac{25}{8}x^4-\frac{21}{16}x^5\pm\ldots\right] \tag{53}$$

A (22) egyenletbe való behelyettesítéssel az alábbi közelítő összefüggés adódik:

$$\varepsilon\cong\frac{1}{8}b^3+\frac{21}{256}b^5 \tag{23}$$

A kifejezés pontossága $b\leqslant 0{,}7$ esetén 5%.

A szokásos sávszűrő transzformáció aszimmetriájának meghatározása az előbbiekhez hasonlóan történik. Az (1) egyenletben megadott transzformáló függvény Taylor-sora:

$$\Omega(1+x)=\frac{1}{b}[2x-x^2+x^3-x^4+x^5-x^6\pm\ldots] \tag{54}$$

Ennek deriváltja:

$$\Omega'(1+x)=\frac{2}{b}\left[1-x+\frac{3}{2}x^2-2x^3+\frac{5}{2}x^4-3x^5\pm\ldots\right] \quad (55)$$

Így a (22) egyenletből ε értéke:

$$\varepsilon\cong b+\frac{1}{2}b^3 \quad (24)$$

ami $b \leq 0{,}7$ esetén 5% pontosságú.

IRODALOM

1. *F. Carassa:* Band-pass filters having quasi-symmetrical attenuation and group delay characteristics, Alta Frequenza, Vol. 30. July 1961.
2. *G. Szentirmai:* A group of arithmetically symmetrical band-pass filter functions. IEEE Trans. on CT. vol. CT-11 Marc 1964.
3. *G. Szentirmai:* The design of arithmetically symmetrical band-pass filters. IEEE Trans on CT, vol. CT-10 Sept. 1963.
4. *E. Pietralunga:* About band-pass filters showing a quasy-symmetrical attenuation, Alta Franquenza, Volt 34. May 1965.

Szovjet tudomány-technika hónapja

1967. szeptember 1–24.

Az illetékes szovjet és magyar szervek megállapodásai alapján, a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 50. évfordulója alkalmából, 1967. évi szeptember hó 1. és 24. között mutatják be a szovjet tudomány és technika 50 éves fejlődését a Budapesti Nemzetközi Vásár központi főterén és a környezetében levő nyolc pavilonban. Csupán a fedett terület nagysága megközelíti a 10 000 négyzetmétert.

A Szovjetunió tudományos-műszaki eredményei elnevezésű kiállításon a szovjet tudomány és technika legújabb eredményeivel, a fejlődés fő irányaival és szakaszaival ismerkedhetnek meg a látogatók. Bemutatják ezenkívül azt is, hogyan lett a tudomány a szovjet állam fél évszázados fennállása alatt a társadalom közvetlen termelőereje. A kiállítás közérthetően, áttekintő rendszerben foglalja össze a lényeges és közérdekű ismereteket.

A kiállítás főbb témakörei az alábbiak:

A tudomány fejlődése a Szovjetunióban

A Szovjetunió anyagi tartalékai

— *a föld és annak kincsei*
— *tengerek és óceánok*
— *új anyagok*
— *a SZU energetikájának fejlődése*

A természeti erők meghódításának új útjai

— *az atommag fizikája*
— *kvantum elektronika*

Ember a világűrben,

— *fejlődés 100 év múlva*
— *szovjet űrrepülések*
— *az űr sokoldalú feltárása*

Ilyen méretű kiállítást, amely ennyire átfogóan összegezné a szovjet tudomány és technika fejlődését, eddig még sehol sem rendeztek.

A hónap alatt 30 szovjet tudós jön hazánkba és a tudomány és technika ágaiból műszaki tudományos előadásokat tartanak. Az előadások magyar nyelven jegyzetek alakjában is megjelennek. A Szovjetunióból 30 műszaki tudományos film is érkezik, melyek *„Szovjet műszaki filmnapok"* keretében Budapesten és vidéki városokban — magyar szinkron hanggal — kerülnek levetítésre.

Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság elnökének vezetésével az MTESZ, a Kulturális Kapcsolatok Intézete, a Kohó- és Gépipari Minisztérium Műszaki Tudományos Tájékoztató Intézete és a Magyar Vásár- és Kiállításrendező Iroda szakemberei vezetik ezt az előkészítést. A Szovjetunió részéről a Tudományos Akadémia, a Szovjetunió Minisztertanácsa mellett működő tudományos és műszaki állandó Bizottság, a tudósok központi tanácsa, a Szovjetunió szinte valamennyi ipari és mezőgazdasági jellegű minisztériuma, az össz-szövetségi műszaki tudományos társulat, az atomenergia-felhasználási állami bizottság s még sok más tudományos egyesület és főhatóság készíti elő a kiállítás anyagait.

BŐKA ANDRÁSNÉ
Távközlési Kutató Intézet

Információ tárolására alkalmas, széles hőmérséklettartományban használható négyszögletes hiszterézishurkú ferritek

ETO 621.318.134:681.327.66'2

A modern digitális technikában a nagyobb memória kapacitás, a ciklusidő megrövidítése és a környezeti hőmérséklet nagyobb tűrése érdekében, a ferritmagoknak kis átbillenési idővel, magas jel/zaj viszonnyal és jó hőmérséklet stabilitással kell rendelkezniök.

Kísérleteinknél vizsgálat tárgyává tettük, hogyan lehet a mágneses tulajdonságok hőmérséklet függőségét befolyásolni, ill. megfelelő paraméterekkel rendelkező anyagot előállítani.

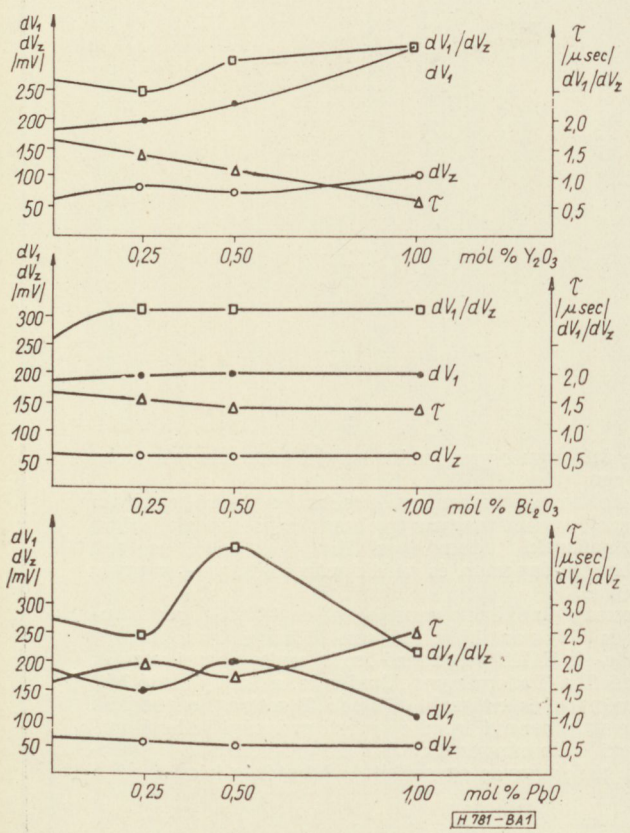
Áramköri szempontból mindenekelőtt a H_c-nek kell a hőmérséklet hatására lehetőleg kevéssé változnia. Ha a gyűrűket áramkoincidens üzemmódban alkalmazzák, a H_c értékének nem szabad a kritikus érték alá csökkennie, mivel a fél áramimpulzus a beírt információt zavarná.

A szokványos MgO-MnO-Fe_2O_3 és MgO-MnO-ZnO-Fe_2O_3 ferritek karakterisztikái a környezeti hőmérséklet változása esetén erősen változnak. A szélesebb megengedhető hőmérséklet-intervallum elérése érdekében különböző olvadáspontú és ionrádiuszú (Y_2O_3, Bi_2O_3 és PbO) adalék anyagok hatását tanulmányoztuk, kiindulási alapanyagként egy általunk kikísérletezett MgO-MnO-ZnO-Fe_2O_3 rendszerű ferritet választva. Hipotézisünk szerint ugyanis a választott adalékanyagok hatása a mágneses paraméterekre különböző. Részben az olvadáspont függvényében befolyásolja az anyagok hőmérséklet-függőségét, részben a kristály struktúra kialakítását befolyásolja.

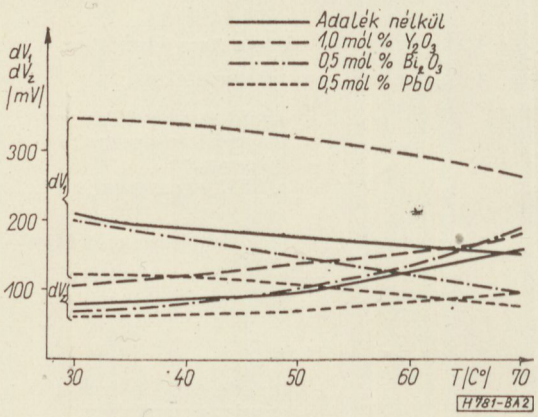
Néhány ábrán szemléltetjük az adalékanyagok hatását, melyekkel a mágneses paramétereket előnyösen sikerült befolyásolni. A következő ábrákon látható impulzus karakterisztikák a működési körülményekre jellemzőek és a négyszögferritek működési feltételeinek értékelésénél jól használhatóak.

Az 1. ábrán a dinamikus tulajdonságok változását ábrázoljuk az adalék fémoxid mennyiségének függvényében. A dinamikus mérések, $p=0{,}55$ zavararány mellett $tr=0{,}08$ μs felfutási idővel történtek.

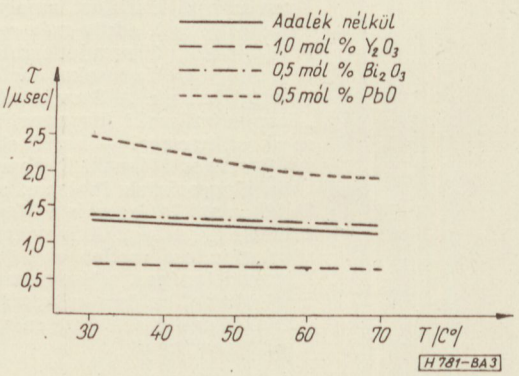
A 2. és 3. ábrán a különböző adalékanyagos, ill. adalék nélküli ferritminták dinamikus paramétereit



1. ábra



2. ábra



3. ábra

a hőmérséklet függvényében ábrázoltuk. A legjobb eredményt az yttriumoxid hatására sikerült elérni. A legnagyobb ionrádiusszal (1,06 Å) rendelkező yttriumoxid feltételezhetően zárványokat eredményez, ezáltal a mágnesezési folyamat rotációval történik, aminek a következtében csökken az átbillenési idő. Míg a kisebb 0,84 Å ionrádiuszú Pb^{+} és a 0,74 Å ionrádiuszú Bi^{3+} ionok a kristályrács torzulása nélkül helyettesítik az Fe^{3+} iont.

Az alkalmazhatóság hőmérséklet intervallumának további kiszélesítésére F. E. Vinal és D. L. Brown a lithium-nikkel-ferriteket ajánlotta [1]. Ezeknél a ferriteknél fontos követelmény a telítési mágnesezettség kis hőmérséklet-függése és a magas Curie-hőmérséklet. A magas Curie-hőmérséklet lehetőséget ad arra, hogy a hőmérséklet függvényében stabil mágneses tulajdonságokat nyerjünk, ezáltal az adattáraknál gerjesztő áramok és a kiolvasó értékek alig változnak. A fenti követelményeknek Smith és Wijn [2] vizsgálatai szerint a lithium nikkel-ferritek tesznek eleget.

Kísérletsorozatot végeztünk Li-Ni-ferritek előállítási technológiájának kidolgozása céljából a kémiai összetétel arány és a technológiai lépések variálásával.

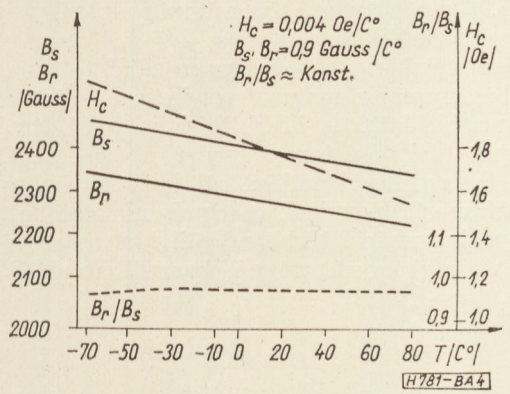
A 4. ábrán a J-71 jelű minta statikus paramétereinek változását ábrázoltuk —70—+80 C° között. A jelzett hőmérséklet-intervallumban az ábrából egyértelműen kitűnik, az anyag jó termostabil tulajdonsága. Gyakorlatilag a négyszögességi tényező konstans, míg a többi paraméter abszolút változása egy C°-ra vonatkoztatva

H_c ..... 0,004 Oe/C°
B_s ..... 0,9 gauss/C°
B_r ..... 0,9 gauss/C°

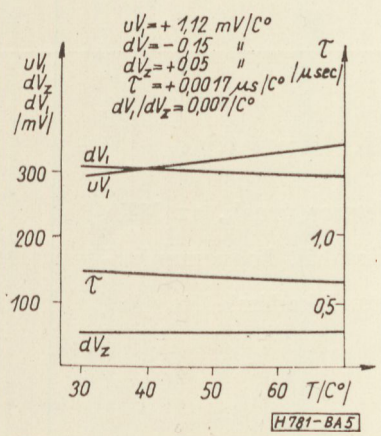
Az 5. ábrán a dinamikus paraméterek hőmérséklet függőségét mutattuk be 30 és 70 C° között. Megfigyelhető, hogy dV_z feltűnően stabil, ami magas jel/zaj viszonyt eredményez. A dinamikus paraméterek abszolút változása 1 C° hőmérsékletre vonatkoztatva

dV_1 ..... 0,150 mV/C°
dV_z ..... 0,050 mV/C°
dV_1/dV_z ..... 0,007 C°
τ ..... 0,001 μsec/C°

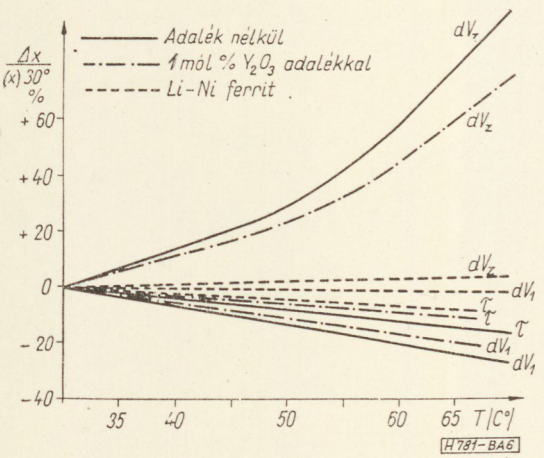
A kísérleteink folyamán vizsgált három legjellemzőbb anyag dinamikus paramétereinek viszonylagos hőmérséklet függőségét illusztrálja a 6. ábra. A 30 C°-on mért értékeket vettük 100%-os szintnek és a



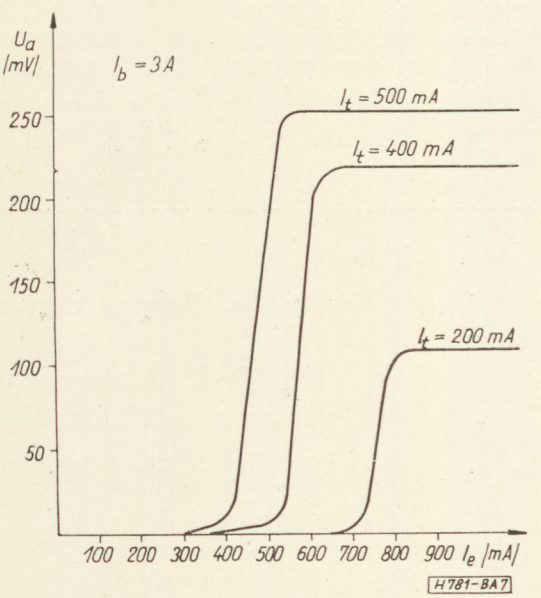
4. ábra



5. ábra



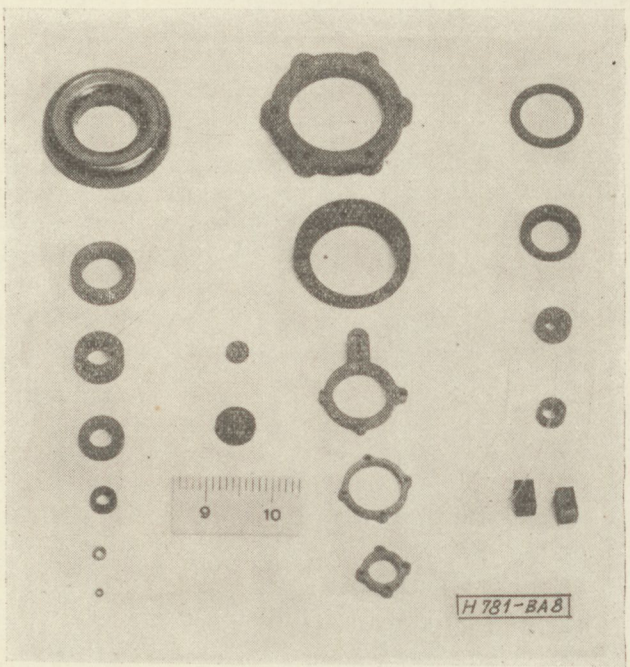
6. ábra



7. ábra

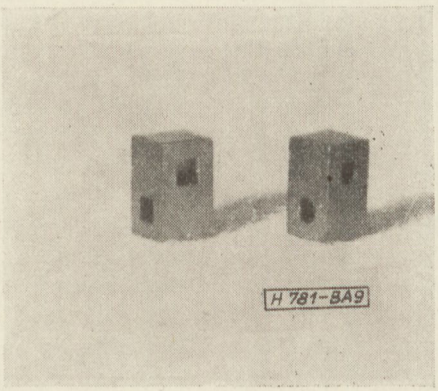
1. táblázat

Megnevezés	Külső ∅ mm	uV_1 mV	dV_1 mV	dV_z mV	uV_1/dV_z	τ µsec
L-tárológyűrű	1,3	95	87	20	4,8	1,05
J-1 tárológyűrű	2	400	375	80	5	0,78
L-tárológyűrű	2	192	190	60	3,2	1,6
J-2 tárológyűrű	2	400	380	45	8,4	0,5



8. ábra

relatív eltéréseket tüntettük fel. Általában a dV_z-nek a többi paraméterhez viszonyított nagy hőmérsékleti változása a jellemző. A grafikonból egyértelműen kitűnik, hogy termostabilitás szempontjából az yittriumoxid hatása jól érzékelhető a Li-Ni-ferritek pedig fokozott javulást eredményeztek.



9. ábra

A 7. ábrán ötnyílású transzfluxor dinamikus paraméterei láthatóak.

Kísérleteink eredményeképpen előállítottunk „koincidens memória matrix" rendszer követelményeinek megfelelő 1,0 és 1,3 és 2,0 mm külső átmérőjű, jó termostabilitású torroid gyűrűket (lásd az 1. táblázatot), ezenkívül különböző két és többnyílású transzfluxort, biaxokat, és egyéb alakzatokat, melyek az információ törlés nélküli kiolvasásával működő memória-rendszereknél használhatóak (8. és 9. ábra).

IRODALOM

1. *P. Baba:* Journal of the Amer. Soc. Vol. 48. N°6 1965.
2. *J. Smith, Wijn:* Ferites, Edition Philips 1960.

Dr. Barta István külföldi kitüntetése

Örömmel gratulálunk *dr. Barta István* professzor úrnak, az MTA lev. tagjának, a HTE elnökének abból az alkalomból, hogy munkássága elismeréseként a Lengyel Tudományos Akadémia tagjává választotta.

MIHÁLYI ANTAL
Hiradástechnikai Ipari Kutató Intézet

Nagystabilitású fémréteg-ellenállások hazai kutatásának néhány kérdése

ETO 621.316.849

Világviszonylatban egyre inkább terjednek a fémrétegellenállások, elsősorban műszer célokra, de az elektronikai nagy berendezésekben és az ún. tartós közfogyasztású készülékekben is. Bár előállítási költségeik jelenleg még nagyobbak, mint a kirstályos szén ellenállásoké, várható, hogy a jövőben számos előnyük révén sok területről ki fogják ezeket szorítani és rövidesen a legelterjedtebb és legnagyobb darabszámban használt ellenállástípusok közé fognak tartozni. A fémrétegellenállások jelentőségét az is alátámasztja, hogy az egyre inkább terjedő passzív és kombinált áramköri elemek R tagjai ugyancsak fémrétegellenállások.

Az ellenállások stabilitásán az ellenállásértékek különböző igénybevételek melletti értékállandóságát értjük. Általában stabilitáson elsősorban időben lejátszódó igénybevételekkel szembeni ellenállóságot értenek, azaz a raktározás, nedvesedés, terhelés hatására bekövetkező értékváltozások nagysága jelzi a stabilitást. A mai megnövekedett igények mellett azonban a nagystabilitású ellenállásokat nem jellemzi kellőképpen a nagy időbeli állandóság, mivel számos olyan követelményt támasztanak velük szemben, amelyek az időbeli állandóságon kívül jelentékenyen befolyásolják az ellenállások felhasználhatóságát. Ilyen paraméterek a hőmérsékleti együttható értéke, amely reverzibilis ellenállásváltozásokat jelent a hőmérséklet hatására, valamint a szélső hőmérséklethatárokon való ellenállásváltozás is. A korszerű fémrétegellenállásokat jellemzi emellett a kis ellenállászajfeszültség, a széles üzemeltetési hőmérséklethatárok, valamint a meglehetősen nagy fajlagos terhelhetőség is. Ezen tulajdonságaikban a fémrétegellenállások jóval fölülmúlják a műanyagbázisú és kristályszén ellenállásokat és előreláthatólag ezen a területen további fejlődés is várható.

NiCr fémrétegellenállások kutatásával hazánkban először a HIKI-ben kezdtek foglalkozni 1963-ban. A kutatás eredményeképpen a Remix Fejlesztési Osztályával együttesen kidolgoztunk egy ún. középstabilitású ellenállástípust, melynek gyártását a Remix kísérleti üzemében 1966. év folyamán beindították. A legyártott ellenállások messzemenően kielégítették a híradástechnikai nagyberendezésekhez szükséges ellenállások minőségi paramétereit. További kutatással, ugyancsak a HIKI és Remix közös munkájának eredményeképpen a HIKI kísérleti üzemében 1967-ben kerül sorra a nagystabilitású fémrétegellenállások kísérleti üzemi gyártása is.

Jelen közleményünkben szeretnénk röviden áttekinteni a nagystabilitású ellenállások egyes tulajdonságait befolyásoló tényezők hatásmechanizmusát, valamint azon elvi megfontolásokat és kísérleti munkát, melyeket ezen típus kidolgozása során végeztünk. Anélkül, hogy teljes részletességgel foglalkoznánk a kutatás különböző fázisaival, rátérünk néhány olyan tényezőre, amelyek vizsgálataink alapján a legnagyobb mértékben befolyásolták a tulajdonságokat és amelyek alapos elemzése tette lehetővé a nagystabilitású fémrétegellenállás típus kidolgozását.

1. Az ellenállásértéket és hőmérsékleti együtthatót befolyásoló tényezők

Az ellenállásértéket és értékszórást befolyásoló tényezőket két csoportba oszthatjuk: a réteg szerkezetével, és a további megmunkálással kapcsolatos behatásokra. A hőmérsékleti együtthatót az utóbbi behatások kevésbé befolyásolják. Az ellenállásértéket, és a hőfoktényezőt (Tk) azért tárgyaljuk együttesen, mert az irodalom szerint éppúgy, mint tapasztalataink szerint, a fajlagos ellenállás és a Tk összefüggésben vannak egymással és a réteg szerkezetével [1, 2].

A réteg ellenállása természetesen a geometriai méretek függvénye. Ennek megfelelően az egyes terhelhetőségekhez tartozó geometriai méretek elsősorban a hossz/átmérő viszony, adott rétegvastagság, ill. előállítási körülmények mellett, ún. alapértéket adnak. Az ellenállások geometriai méretei nem befolyásolják a Tk-t és csak kismértékben vannak hatással az értékszórásra.

A rétegvastagság szerepe már lényegesen nagyobb, ugyanis bizonyos rétegvastagság alatt a Tk-t és a fajlagos ellenállást is befolyásolja. Miután a fémrétegellenállások hordozó teste hengeres kivitelű kerámia, az erre gőzölt rétegek tényleges vastagsága nem határozható meg pl. optikai úton, csak a felvitt réteg mennyiségéből számítható ki. Ebben az esetben azonban a felület morfológiája is szerephez jut, mert a síkhoz képest a tényleges felület nagyobb.

A különböző felületkezelések hatását vizsgálva kerámiára gőzölt rétegellenállásoknál megállapíthatjuk, hogy a réteg ellenállását a hordozó morfológiája jelentősen befolyásolja [4]. A fajlagos ellenállásra vonatkozó vizsgálati eredmények csak akkor helytállóak, ha a vizsgálatok azonos morfológiájú kerámiára gőzölt rétegeken történnek. Megállapítottuk tehát a kísérletekhez használt kezeletlen kerámiahordozók felületi durvaságára vonatkozó tényezőt, melyet úgy kaptunk meg, hogy üvegre gőzölt ellenállás-értékkel hasonlítottuk össze az ugyanezen tételben a kerámiára gőzölt ellenállásértékeket.

A fentiek figyelembevételével vizsgálva a rétegvastagság függvényében a fajlagos ellenállást és a hőmérsékleti együtthatót, arra a következtetésre jutottunk, hogy 200—250 Å-nél nagyobb rétegvastagságoknál a fajlagos ellenállás már csak igen keveset változik és megfelel a számítottnak, megközelíti

a mintegy 150 μohmcm értéket. A hőmérsékleti együttható, amely kezdetben nagy negatív értéket mutat, növekvő rétegvastagságnál pozitív irányban változik és 200 Å-nél nagyobb értékeknél gyakorlatilag állandónak tekinthető. Ezek az eredmények tehát azt mutatják, hogy néhány 100 Å vastag rétegek esetén a rétegvastagság szerepe a fajlagos ellenállás és *Tk* szempontjából gyakorlatilag elhanyagolható.

A rétegvastagság természetesen az értékszórást is befolyásolja, hiszen vékonyabb réteg esetén kisebb réteghibák és a hordozó felületi egyenetlenségei is fokozottabban érvényesülnek. A hordozó felületi morfológiájának hatása elsősorban a felületi egyenetlenségekben jelentkezik, melyek a gőzölés során, mint árnyékoló tényezők szerepelnek és a réteg vastagságbeli inhomogenitásának előidézői. A réteg tapadásának szempontjából a morfológián kívül, a felület fizikai-kémiai tulajdonságai is szerepet játszanak, nem kevésbé az esetleges adszorbeált szennyeződések.

A hordozó felületek hatása azonos alapú és felületű hordozót tekintve kétféleképpen érvényesülhet: A durva szerkezeti egyenetlenségek révén, melyek a gőzölésnél árnyékhatásként jelentkeznek és a rétegvastagsággal összemérhető nagyságrendű finom szerkezet révén.

Miután egyes eljárások egyenesen a felület durvítására törekszenek, ezzel szabályozva a réteg ellenállását, megvizsgáltuk, hogyan alakulnak a villamos tulajdonságok — mint pl. rétegellenállás, hőmérsékleti együttható, stabilitás — a felület makro-, ill. mikroszerkezetének befolyásolása során. A felület makrostruktúráját a polírozás és a maratás befolyásolja, míg a nagyhőmérsékletű megömlesztés kizárólag a mikrostruktúrára hat [4].

A vizsgálatok világosan mutatták, hogy a réteg ellenállását a megömlesztés és polírozás egyaránt csökkenti. A hőmérsékleti együtthatóra csak az ömlesztésnek van jelentős hatása. Az ömlesztés hatását tanulmányozva megállapítható volt, hogy az ömlesztési hőmérséklet növelésével a *Tk* csökken, mint azt az 1. táblázat mutatja.

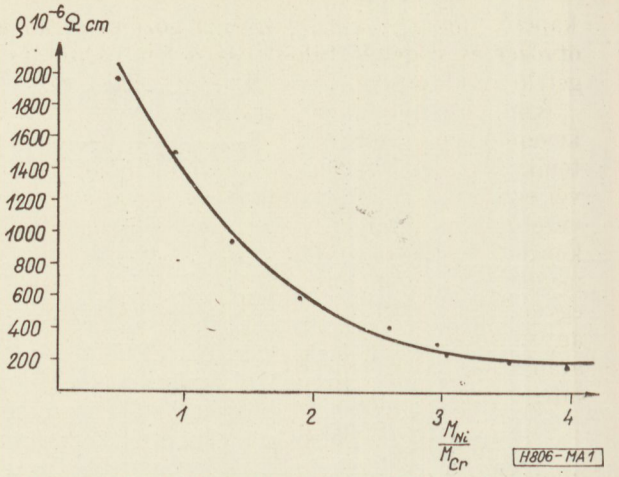
1. táblázat

Ömlesztési hőfok (C°)	*Tk*—10^{-6}/C°
1050	103
1100	78
1150	49
1200	31

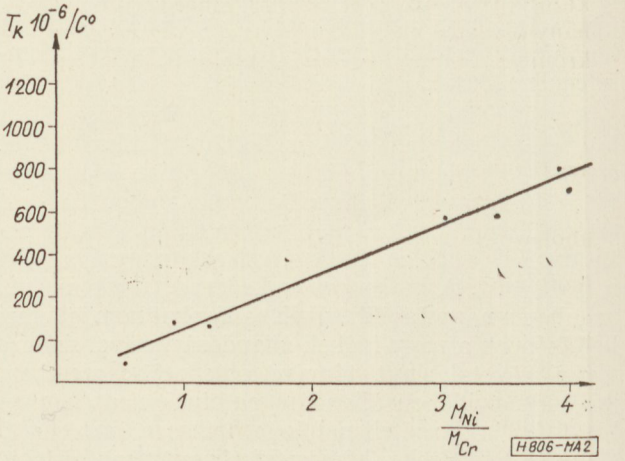
A *Tk* csökkenése a hordozó felület mikrostruktúrájának finomodásával magyarázható. A hőmérséklet növelésének a kerámiafelület lágyulási hőmérséklete szab határt, mivel ennek közelében már kismértékű összetapadás tapasztalható.

Vizsgálataink azt mutatták, hogy a réteg fajlagos ellenállására és hőmérsékleti együtthatójára elsődlegesen a réteg összetétele van hatással, vagyis a gőzölési körülmények a réteg összetételének megváltoztatása révén befolyásolják az elektromos tulajdonságokat.

Az összetétel hatását a fajlagos ellenállásra az 1. ábra mutatja, ahol a fajlagos ellenállást a réteg Ni/Cr



1. ábra. A réteg fajlagos ellenállása a Ni/Cr mólarány függvényében



2. ábra. A réteg hőmérsékleti együtthatója a Ni/Cr mólarány függvényében

molarányának függvényében tüntettük fel. Az ábrából látható, hogy a növekvő krómtartalommal a fajlagos ellenállás jelentősen növekszik.

A hőmérsékleti együttható és az összetétel összefüggését a 2. ábrán láthatjuk. Az ábrán látható, hogy a Ni/Cr molaránnyal a *Tk* lineárisan változik, a növekvő krómtartalommal csökken és meghatározott értéknél 0-án keresztül negatívvá válik.

A fajlagos ellenállásnál tapasztalt monoton növekedés és az a tény, hogy a tömör fém fajlagos ellenállása több, mint egy nagyságrenddel kisebb, a megnövekedett krómtartalom miatti fokozottabb oxidációval magyarázható.

A kiértékelésnél alkalmazott gőzölési körülmények között számításaink szerint minden három fématomra jut egy maradék gázmolekula. Tekintetbe véve az eredetileg a felületen adszorbeált gázszennyezést, valamint a gőzölés utáni lehűtés idejét, jelentős mennyiségű oxidbeépülésre számíthatunk. Ezt igazolják egyébként a rétegről készült elektrondiffrakciós felvételek is. Az oxidáció azonban csak krómnál mutatható ki a diffrakciós felvételeknél, NiO-ra jellemző vonalak nem jelennek meg. Ennek oka a két fém képződéshője, ill. szabad energiája közötti különbség. Emiatt tehát a Ni oxidációja elhanyagolható a krómé mellett. Az oxidáció révén egyes részek ki-

kapcsolódnak a vezetésből és a gőzölés során fémötvözet és szigetelő tulajdonságú fémötvözet és szigetelő tulajdonságú fémoxid keletkezik.

Kiindulva abból, hogy szigetelő és vezető anyagok keverékében a vezetés vezetőláncokon keresztül történik és a vezetőanyag koncentrációjának növelésével egyre újabb láncok kapcsolódnak a vezetésbe, a vezetőláncok számának változása a szigetelőanyag koncentrációváltozása függvényében arányos a már meglevő vezetőláncok számával [5]. A fentieket egyenletben kifejezve, a vezetőláncok a szigetelőanyag koncentrációja szerinti differenciál hányadosa arányos a vezetőláncok számával, amely egyenlet integrálásával a következőket kapjuk:

$$N = Ae^{-aC_{sz}}$$

ahol N a vezetőláncok száma, C_{sz} a szigetelő anyag koncentrációja, A és a állandók. Minthogy a keletkező NiO mennyisége a Cr_2O_3 mennyisége mellett elhanyagolható, a keletkező oxidmennyiség arányos a krómtartalommal és így a fajlagos ellenállás

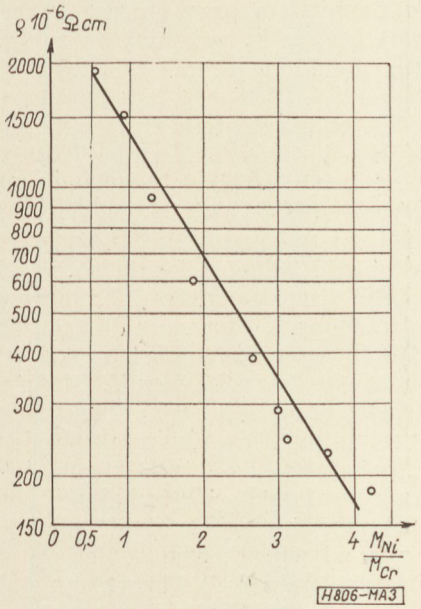
$$\varrho = Be^{-b\frac{m_{Ni}}{m_{Cr}}}$$

azaz $\log \varrho = -b' \frac{m_{Ni}}{m_{Cr}} + \log A'$

ahol ϱ a fajlagos ellenállás $\frac{m_{Ni}}{m_{Cr}}$ pedig a Ni, ill. Cr moltörtjének hányadosa.

Az egyenletekből arra következtethetünk, hogy legalábbis egészen kis krómkoncentrációig, ahol már a keletkező NiO mennyisége nem elhanyagolható a krómoxidhoz képest, a fajlagos ellenállás a krómkoncentráció növelésével exponenciálisan nő. Ha már most az 1. ábrán látható görbét logaritmikus léptékben visszük fel, egyenest kapunk. Ez bizonyítja feltevésünk helyességét (3. ábra).

A hőmérsékleti együttható változásának jellege a Ni/Cr arány függvényében ugyancsak magyarázható az oxidációval. Az előbbiek alapján ugyanis a krómtartalom növekedésével egyre inkább kezd ún. keverék rétegellenállás kialakulni. A keverék rétegellenállásoknál viszont a Tk elsősorban a dilatációs viszonyoktól függ. Ha a vezetőanyag hőtágulási együtthatója nagyobb, mint esetünkben is, a hőmérséklet növelése újabb kontaktusok kialakításával szaporítani fogja a vezetőláncok számát, ami negatív hőmérsékleti tényezőt eredményez. Ezt ellensúlyozza a fém saját pozitív hőfokténye zője. Ezenkívül szerepet játszanak még egyéb tényezők, melyek elsősorban az érintkezésnél fellépő vezető effektusok hatására jönnek létre, a szigetelőanyag mennyiségek függvényében. A hőmérsékleti együttható tehát az ilyen keverék rendszereknél a fémes és a szigetelőanyag által előidézett nem fémes jellegű hőmérsékleti együttható eredője. A nem fémes rész mennyiségének növelésével az eredő érték negatívvá válhat, ami megmagyarázza a 2. ábrán látható görbe lefutását.



3. ábra. A fajlagos ellenállás a Ni/Cr mólarány függvényében, logaritmikus léptékben

A fentiekben ismertetett eredmények egyértelműen mutatják, hogy a réteg összetételének hatása elsősorban az oxidációval kapcsolatban érvényesül. Éppen ezért az összetételen kívül szerepet kapnak itt mindazok a gőzölési paraméterek, melyek a gőzölés alatti, vagy az azt követő oxidációt jelentősen befolyásolják. Ezek: a hordozó hőmérséklete gőzölés alatt, a gőzölés közben alkalmazott vákuum, ill. a rendszer vákuumtartása, a gőzölés ideje, sőt jelentékeny mértékben a gőzölést követő stabilizáló hőkezelés is. Ezek a tényezők együttesen határozzák meg a réteg tulajdonságait, de elsősorban a fajlagos ellenállást és Tk-t.

Az ellenállások tulajdonságainak stabilizálása céljából hőkezelést szoktak alkalmazni. A hőkezelés során részben a rétegben levő feszültségek egyenlítődnek ki, részben a felületen levő oxidréteg vastagsága nő.

Az előbbi folyamatokkal párhuzamosan azonban belső oxidáció és agglomerizáció is végbemegy a rétegben. A rendeződéssel járó ellenállás csökkenés és az oxidációval járó ellenállásnövekedés eredőjeként jött létre az ellenállásváltozás. Az ellenállásváltozás ugyancsak a réteg összetételének függvénye.

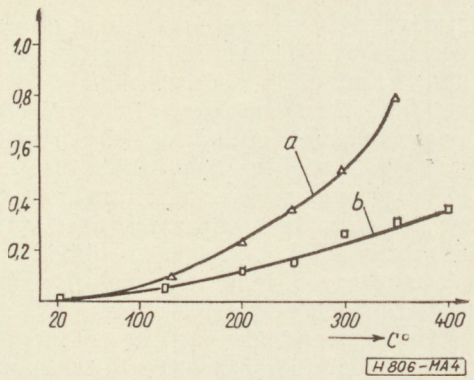
A hőkezelés során a rétegben lejátszódó folyamatok röviden a következőkben összegezhetőek:

Tömör NiCr esetén a Ni oxidálódási sebessége kb. 6% krómtartalomig növekszik. Itt az oxidálás során króm-ionokat tartalmazó NiO réteg keletkezik. Nagyobb krómtartalomnál azonban $NiCr_2O_4$ képletű spinell szerkezet keletkezik, amely csökkenti az oxigénbehatolás sebességét és így a további oxid képződését.

Az oxidréteg kialakulását, elektrondiffrakcióval is tudjuk követni.

Nagyobb krómtartalomnál már csak a Cr_2O_3-ra jellemző vonalak találhatók meg a hasonlóan hőkezelt rétegeknél. Vizsgáltuk a 300 C° 0,5 órás hőkezelés hatására bekövetkezett ellenállásváltozást a réteg összetételének függvényében. 50—60% Ni tartalom körül minimumot kaptunk, sőt az általunk vizsgált rétegeknél itt a rendeződési folyamat látszik dominálni, ezért kismértékű ellenállás csökkenés is tapasztalható volt.

Az előző vizsgálatok során optimálisnak talált mintegy 40% Ni tartalmú ötvözet esetében az ellen-



4. ábra. Ellenállásváltozás levegőn (*a*), ill. $5 \cdot 10^{-3}$ Hgmm vákuumban (*b*) a hőkezelés hőmérsékletének függvényében

állásérték a hőkezelés során megnövekszik, tehát itt az oxidáció játssza a főszerepet.

Az oxidáció időbeli lefutása vizsgálataink szerint parabolikus. Vizsgáltuk a hőkezelés hőmérsékletének hatását is. A hőkezelést 100 és 400 C° közötti atmoszferikus nyomáson, ill. $5 \cdot 10^{-3}$ Hgmm vákuumban végeztük 4 órán át. A hőkezelés hatására fellépő ellenállásváltozást a hőkezelés hőmérsékletének függvényében a 4. ábra mutatja.

A *Tk*-nak a réteg összetételétől való függését már ismertettük. Adott összetétel mellett a *Tk* ugyancsak függ a hőkezelés hőmérsékletétől, idejétől és a rétegvastagságtól is. A hőkezelés, ill. az ennek hatására fellépő oxidáció következtében ugyanis a hőmérsékleti együttható az eredeti kis pozitív, ill. kis negatív értéktől pozitív irányban eltolódik, a belső oxidsziget képződése miatti krómtartalom csökkenés, illetve a beépült oxid külön fázisban való kiválása miatt.

Az előbbiekből megállapítható tehát, hogy a hőmérsékleti együttható sok paramétertől függ: az összetételtől, a gőzölési körülményektől, a hőkezelés hőmérsékletétől, idejétől és a rétegvastagságtól. Ezen tényezők hatása mind a rétegoxidációval magyarázható.

A fentiekben jelzett összefüggések alapján igyekeztünk megkeresni azokat az optimális körülményeket, melyeknél megfelelő nagy fajlagos ellenállás érhető el, valamint amelyek segítségével a hőmérsékleti együttható mértéke a lehetőségekhez képest minimálisra csökkenthető. Az előbbiekben jelzett főbb paramétereken kívül számos kevésbé jelentős tényező befolyása is érvényesült, azonban ezeknek részletes ismertetésére jelen közlemény terjedelménél fogva nem alkalmas.

2. Az időbeli stabilitást befolyásoló tényezők

A stabilitás szempontjából legfontosabb, és egyúttal a réteg tulajdonságaira legjellemzőbb igénybevételek: a raktározás és a nedves térben való tárolás. Ehhez járul természetesen még a villamos terhelés hatása, mely elsősorban a termelt Joule-hő révén hat az ellenállásértékre. Ezért a továbbiakban a stabilitáson az előbbi három igénybevétellel szembeni értékállandóságot értjük.

Míg a hőmérsékleti együttható a hőmérséklet reverzibilis hatását mutatja, a stabilitás az irreverzibilis változások nagyságát jellemzi. A stabilitást befolyásoló tényezők két fő csoportra oszthatóak:

Az első csoportba azok a tényezők tartoznak, amelyek az igénybevétel folyamán fennálló hő, vagy villamos hatás révén belső feszültségek, ill. rendezetlenségek megszűnését idézik elő. Ezek a tényezők a réteg összetételbeli, esetleg vastagságbeli inhomogenitása, rendezetlen szerkezet stb. Hatásai elsősorban az időben végbemenő spontán átrendeződésben nyilvánulnak meg, melyet a villamos terhelés hő- és elektromos hatása csak elősegít. Hatásukra általában ellenálláscsökkenés megy végbe.

A második csoportba a külső tényezők, a környezet oxidáló hatása, agresszív behatások, mint nedvesség stb. tartoznak. Ezek ellen védőbevonattal védekezhetünk, de a védekezés nem teljes értékű. Hatása elsősorban a nedvességállóságban mutatkozik, de szerepet játszik a többi igénybevételnél is. A külső tényezők hatása, miután oxidatív jellegű, ellenállásnövekedést idéz elő. Az előbb említett három igénybevételnél a fenti két hatás eredője jentkezik.

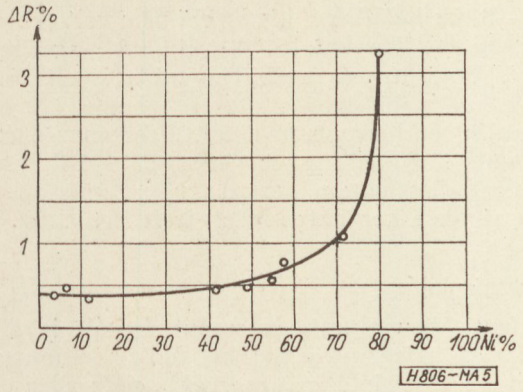
Az ellenállás geometriai méretei nem játszanak szerepet a raktározási és nedvesedési igénybevételnél. Annál nagyobb a jelentősége a terhelésnél, ahol az ellenállásváltozást közvetlenül előidéző felületi hőmérséklet az adott felületre jutó terhelés nagyságától és a kivezetők útján elvezetett hőmennyiségtől függ.

A rétegvastagság szerepe a stabilitásnál abban nyilvánul meg, hogy a vékonyabb rétegek általában érzékenyebbek az oxidációra. Az oxigén behatolási mélysége ugyanis független a réteg vastagságától, független tehát annak a rétegnek a vastagsága is, amely az oxidáció folyamán kikapcsolódik a vezetésből. Így vékony rétegeknél ugyanazon behatásra az ellenállásváltozás százalékosan sokkal nagyobb. A rétegvastagság hatása a terhelésen kívül nedvesedésnél és raktározásnál egyaránt érvényesül. Megfelelő burkolás és stabil réteg esetén azonban néhány 100 Å-es rétegvastagságon felül már nem mutatkozik jelentős különbség, ami azzal is magyarázható, hogy a stabilizáló hőkezelés, valamint az előterhelés alkalmával ezen oxidréteget már előzetesen kialakítottuk.

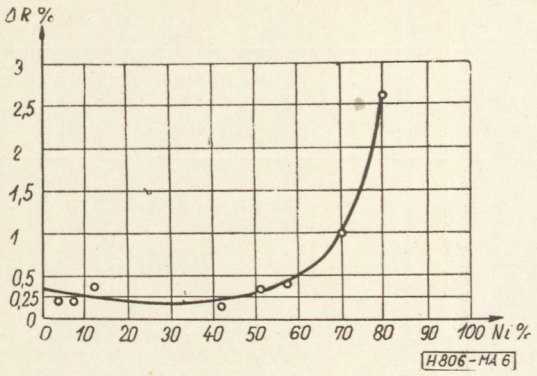
Az előzőekben már foglalkoztunk a hordozófelület struktúrájának hatásával. Megállapítottuk, hogy a hőmérsékleti együtthatót elsősorban a mikrostruktúra befolyásolja. Vizsgálataink szerint a stabilitás viszont inkább a makroszerkezet függvénye [4].

A hordozótest felületének minősége leginkább a terhelési stabilitásra van hatással. Ez megmutatkozik a makrostruktúrának durvulása következtében növekvő felületi egyenlőtlenségben is, de jelentkezik a hordozó kémiai összetételében is. Míg a váltakozó áramú terhelésnél ugyanis csak a felület morfológiája játszik szerepet, az egyenáramú terhelés esetén a hordozó kerámia alkáliiontartalma is jelentős tényező. Az egyenfeszültségű terhelés során ugyanis az ellenálláson aránylag rövid idő alatt, anódikus korrózió nyomai mutatkoznak.

Mint az ellenállásérték és *Tk* esetén, a stabilitásnál is elsősorban az összetétel játszik szerepet és a gőzölési körülmények elsősorban ezen keresztül hatnak,



5. ábra. Lakkozatlan NiCr rétegek ellenállásváltozása 10 napos, 40 C°-os, 96% rel. nedvességű térben való tárolás után, az összetétel függvényében



6. ábra. Lakkal burkolt NiCr rétegek ellenállásváltozása 10 napos, 40 C°-os, 96% rel. nedvességű térben való tárolás után, az összetétel függvényében

Az 5. és 6. ábra lakkal burkolt, ill. lakkal nem védett ellenállások nedvesedési stabilitását mutatja az összetétel függvényében.

Világosan látszik, hogy a nagy krómtartalom esetén kedvezőbbek a tulajdonságok.

Mint az előzőekben részletesen tárgyaltuk, a nagyobb krómtartalom melletti jobb eredmények a kialakult védőoxidréteggel magyarázhatóak. Így a hordozó fűtése, vákuum, gőzölési sebesség itt is ezen keresztül hatnak. Mivel azonban a gőzölés közbeni oxidáció csak kismértékben befolyásolja a külső védőréteg alakulását, ezen paraméterek hatása stabilitás szempontjából kevésbé jelentős.

Vizsgálva a hőkezelés hatását a stabilitásra azt látjuk, hogy a várakozásnak megfelelően a hőkezelés intenzitásának növekedésével javul a stabilitás. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja, melyben a különböző hőmérsékleten hőkezelt ellenállások változásai láthatóak 2000 óra 40 C° környezeti hőmérsékletű 1 W/cm² terhelés mellett.

2. táblázat

Hőkezelés		Ellenállásváltozás %
C°	óra	
hőkezeletlen		4,56
120	4	2,50
200	4	0,65
250	4	0,42
300	4	0,36
350	4	0,18
400	4	1,10

A külső védőréteg kialakulása és a belső Cr_2O_3 szigetek képződése, oxigénnyomástól és hőmérséklettől függően egyidőben játszódik le. Alacsonyabb hőmérsékleten inkább a külső rétegképződés dominál, amíg a hőmérséklet növelésével a belső szigetképződés kerül előtérbe. Ez az oka annak, hogy a 400 C°-os, atmoszferikus körülmények között hőkezelés hatására a belső nagyfokú szigetképződés miatt a stabilitás újra csökken.

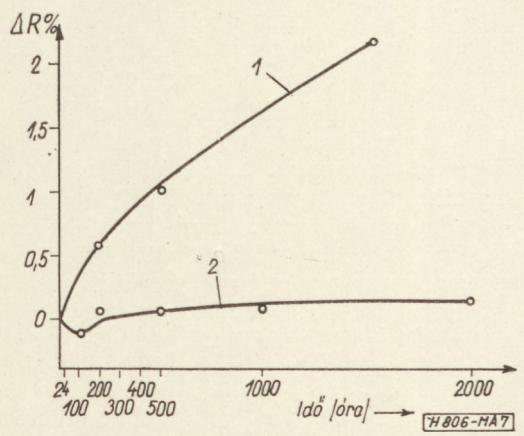
Az oxidáció mechanizmusára vonatkozó elektromos vizsgálatokat elektrondiffrakciós felvételekkel is igyekeztünk alátámasztani. A diffrakciós vizsgálatokból levonható következtetések megegyezésben vannak az elektromos vizsgálatokból levonható következtetésekkel és azt mutatják, hogy levegőn való hőkezelés hatására a rétegben fémoxid, elsősorban Cr_2O_3 szigetek képződnek, míg a réteg felületén védőoxidréteg alakul ki, hasonlóan a tömör NiCr rétegekben lejátszódó folyamatokhoz.

Az ellenállásérték stabilitásában szerepe van a kialakított kontaktusnak is. Ez azonban a kontaktus ellenállás kicsiny értékénél fogva, csak kis értékeknél jelentkezik, ill. az értéknek spirál köszörüléssel való növelése során egyre kisebb mértékben játszik szerepet. Ezt mutatják azon vizsgálataink, melyeket ugyanazon gőzölésből származó, de utólagosan köszörüléssel különféle ellenállásértékre beállított ellenállásokon végeztünk.

A stabilitás szempontjából jelentékeny szerepe van a védőlakkozásnak is, amely elsősorban az oxidációt gátolja meg. Erre mutat lakkozatlan és lakkozott rétegeken mért, raktározás hatására fellépő ellenállásváltozások összehasonlítása is, amit a 7. ábrán mutatunk be.

A bevonó lakkrétegek számának hatását vizsgálva azt találtuk, hogy többszöri lakkozás nem javítja észrevehetően az ellenállások stabilitását. Erre vonatkozó eredmények a 3. táblázatban láthatók.

Az eredmények világosan mutatják, hogy a stabilitás több védőréteg esetén sem javul. Ennek ma-



7. ábra. Az ellenállásérték változása raktározás során, az idő függvényében. *1* — lakkozatlan; *2* — lakkozott

3. táblázat

Lakk védőréteg száma	Ellenállásváltozás, % (21 nap 40 C°, 96% rel. nedv. térben való tárolás után)
1	0,184
2	0,206
3	0,196
4	0,190
5	0,182

gyarázata, hogy az első lakkréteg leköti a felület aktív helyeit s így ezeken a helyeken meggátolja az oxidációt. A védőlakkon keresztül később behatolt oxigén vagy nedvesség csak azokon a helyeken fejtheti ki oxidáló hatását, amelyekre tisztátalanságok, vagy egyéb oknál fogva nem tapadt tökéletesen a felvitt védő lakkréteg.

Fentiekben röviden összefoglaltuk az ellenállások stabilitását befolyásoló néhány fő tényezőt is. Itt is éppúgy, mint az ellenállásérték és hőmérsékleti együttható tárgyalásánál, nem tértünk ki részletesen kevésbé jelentős vizsgálatokra és tapasztalatokra, valamint konkrét technológiai megoldásokra sem.

3. A nagystabilitású ellenállások egyéb fontos paraméterei és az azokat befolyásoló tényezők vizsgálata

Néhány szóval rá kell mutatnunk azokra a paraméterekre, amelyek ugyan nem szorosan kapcsolatosak az ellenállásértékek akár időbeli, akár hőmérsékleti stabilitásával, de amelyek ma már korszerű nagystabilitású fémrétegellenállásoknál nem nélkülözhetőek. Ezek közül a paraméterek közül egyik legjellemzőbb a fémrétegellenállások különös előnyét képező nagy hőmérsékletállóság, ill. széles hőmérséklethatárok közötti felhasználhatóság. Általánosságban −55 C° és +150 C° között szokásos a fémrétegellenállásokat felhasználni. A nagy hőmérsékletállóságra a fémréteg kedvező kémiai tulajdonságai teszik alkalmassá az ellenállásokat, megfelelő védőlakkot kell azonban alkalmazni, amely az alacsony és magas hőmérsékleteken egyaránt kedvező tulajdonságokat mutat. Erre általában epoxi, szilikon, ill. egyéb lakkok kombinációját szokásos felhasználni. Az ellenállások nagy hőmérséklettűrése egyúttal lehetővé teszi a nagy fajlagos terhelhetőséget is, ami természetesen méretcsökkenést tesz lehetővé.

A nagystabilitású ellenállásokkal szemben támasztott másik nagy követelmény az ellenállás-zaj megfelelő kis értéken tartása. Így az általunk kifejlesztett nagystabilitású típus zajának felső határát 0,1 μV/V-ban határozták meg. Vizsgálataink szerint az ellenállás-zajt két tényező befolyásolta lényegesen. Az egyik a rétegvastagság, amely egy bizonyos határnál, mintegy 100 Å-nél vékonyabb rétegeknél nagyobb ellenállás-zajt eredményezett, másrészt a különböző kontaktus hibák. A kontaktus hibák az ellenállás köszörülésre való értékbeállításából is adódhattak, azonban fokozottabban érvényesülhetnek az ellenállás és a kivezető kontaktusok között. Így a tapasztalatok szerint sapkás kivezető érintkező esetén 2—3 tized μV/V-nál kisebb zaj nem volt elérhető, ugyanakkor forrasztott kivezetések esetén a 0,1 μV/V-nál lényegesen kisebb zajok is elérhetőek voltak.

A zajjal párhuzamosan a feszültségtényező érték is igen alacsony kell hogy legyen, amit az előbbiekhez hasonlóan vizsgálataink szerint ugyancsak a rétegvastagság és a kontaktus befolyásolt leginkább.

4. Összefoglalás

A fentiekben a kutatás során vizsgált kérdések közül csak a legfontosabbakkal foglalkoztunk részletesen; ezeken kívül számos kisebb, elsősorban technológiai jellegű problémát oldottunk meg.

A kutatási feladatok megoldása lehetővé tette olyan fémrétegellenállás típus kidolgozását, amely nemzetközi szinten is teljes mértékben kielégíti a nagystabilitású fémrétegellenállásokkal kapcsolatos követelményeket.

Ennek a típusnak terhelhetőségi tartománya 1/16 W-tól 2 W-ig terjed. Legkisebb méretű ellenállás 2,6×6,2 mm, legnagyobb 10×30 mm. Az ellenállások beforrasztott kivezetésűek; értéktartományuk 1 ohm-tól 1 Mohm-ig terjed, a terhelhetőségtől függően. Ebből az ellenállás-típusból nagyszámú mintadarabot készítettünk és az elvégzett vizsgálatok átlageredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

Vizsgálati igénybevétel	Átlagos ellenállásváltozás %
Terhelés (szobahőm. 2000 óra).	0,15
70 C° névl. terh. 1000 óra	0,3
Raktározás 2000 óra	0,05
25 szörös névleges impulzus terhelés	0,05
Tartós nedves meleg (96% rel. nedv. 40 C°) 21 nap	0,3
Klímaállóság (2 klímaciklussal)	0,3
Gyors hőmérséklet változás −55 C° ... +155 C° között	0,1%
Hőmérsékleti tényező	$25 \cdot 10^{-6}$/C°
Feszültségtényező	$3 \cdot 10^{-5}$%/V
Zajtényező	0,1 μV/V

A nagystabilitású fémrétegellenállás típus kísérleti üzemi gyártása a HIKI és a Remix közös munkájának eredményeként korszerű kisüzemi technológiával még ez év folyamán megindul a HIKI kísérleti üzemében. Reméljük, hogy ez teljes mértékben ki fogja váltani az eddigi nyugati, milliós darabszámú importot.

IRODALOM

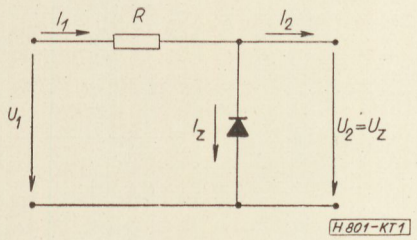
1. *Mayer H.:* Proc. Int. Conf. Structure and Properties of Thin Films. 1959. Wiley New York.
2. *Mihályi A.:* 1964. HIKI Int. Közlemények 3. sz.
3. *Moriya Y.—Honda S.:* 1963. Le Vide No. 104.
4. *Mihályi A.—Stark Gy.:* 1966. Finommechanika 8. sz.
5. *Berghammer A.—Kollár S.—Mihályi A.—Neuhof Suski L.:* 1961. Híradástechnikai Konferencia. Budapest.
6. *Hauffe K.:* Oxydation von Metallen 1956. Springer Vly. Berlin.

KAREL TOMAŠEK (PRÁGA)

Nomogramok Zener-diódás stabilizáló-kapcsolások számításához

ETO 621.311.6:621.316.722.1(083.57):621.382.2

Elektronikus berendezésekben, melyek üzembiztos működéséhez stabil tápfeszültség szükséges, gyakran használnak Zener-diódás feszültségstabilizáló kapcsolásokat. Ezek pontos és gyors méretezését szolgálják az alábbi nomogramok.



1. ábra

Az egyenáramú feszültségstabilizáló Zener-diódás kapcsolás az 1. ábrán látható. A Zener-dióda kis dinamikus ellenállása és R előtét ellenállás feszültségosztót képez U_z kapocsfeszültséggel a tápfeszültség ΔU_1 ingadozására.

A Zener-dióda feszültségét az R_Z lezáró ellenálláson szükséges feszültség szerint kell megválasztani.

Az R előtétellenállást az alábbi egyenletből lehet meghatározni

$$R=\frac{U_1-U_Z}{I_2+I_Z} \tag{1}$$

ahol U_1 a bemenőfeszültség legkisebb megengedett értéke V-ban,

U_Z a Zener-feszültség V-ban,

$\underline{I_2}$ a kimenő áram megengedett felső határértéke A-ban,

$\underline{I_Z}$ a Zener-dióda minimális árama (úgy szokás felvenni, hogy $I_F \geqq 0{,}2\,\bar{I}_2$) A-ban.

A vonás a mennyiség jele felett a felső, alatta az alsó értékhatárt jelenti.

Az R ellenállás toleranciatartományának határához tartozó $\underline{I'_Z}$ és $\bar{I}'_Z$ áramok, melyeket az alábbi egyenletekből lehet meghatározni:

$$\underline{I'_Z}=\frac{\bar{U}-U_Z}{R}-\underline{I_2} \tag{2}$$

és

$$\bar{I}'_Z=\frac{\underline{U}-U_Z}{\bar{R}}-\bar{I}_2 \tag{3}$$

Ezeknek eleget kell tenni az alábbi feltételeknek is:

$$\bar{I}'_Z \leqq I_{Zmax}=P_{dmax}/U_Z \tag{4}$$

$$\underline{I'_Z} \geqq 0{,}1\,\bar{I}_2 \tag{5}$$

A (4) egyenlőtlenségben I_{Zmax} a választott Zener-diódára megengedett maximális Zener-áram, P_{dmax} az üzemi hőmérsékleten megengedett maximális diszszipáció.

A Zener-feszültség változásának abszolút értékét a környezeti hőmérséklet függvényében az alábbi összefüggés fejezi ki:

$$|\Delta U_{ZT}|=\frac{k_Z.\Delta T.U_Z}{100} \tag{6}$$

ahol T a hőmérsékletváltozás és k_Z a Zener-feszültség hőmérsékleti együtthatója %-ban. Egyes katalógusok k_Z értékét 10^{-4}-ben adják meg, a (6)-hoz ez esetben a megadott értéket 100-al szorozni kell.

A Zener-feszültség ΔU_{Zr} változása I_Z függvényében alábbi módon határozható meg:

$$\Delta U_{Zr} \approx r_Z(\bar{I}'_Z-\underline{I'_Z}) \tag{7}$$

Azt, hogy milyen mértékben csökkenti a kapcsolás a bemenő feszültség ingadozását az S stabilizálási tényező fejezi ki. Definiciója:

$$S=\frac{\Delta U_1/U_1}{\Delta U_Z/U_Z}=\frac{U_Z}{U_1}.\frac{r_Z+R}{r_Z} \tag{8}$$

A fenti összefüggések gyors kiértékelésére valók a 2—5. ábra nomogramjai.

Példa

Méretezendő stabilizáló kapcsolás, mely a $T_a=20 \div 40$ C° hőmérséklettartományban működjön, melynél $U_1=12\text{V}\pm10\%$, $U_2=6$ V és $I_2=80 \div 100$ mA.

A BZY88/C5V6 Zener-diódát választjuk. $\underline{I_Z}=20$ mA esetén $r_Z<2{,}5\Omega$ és $k_Z \approx 0{,}02\%/\text{C}°$.

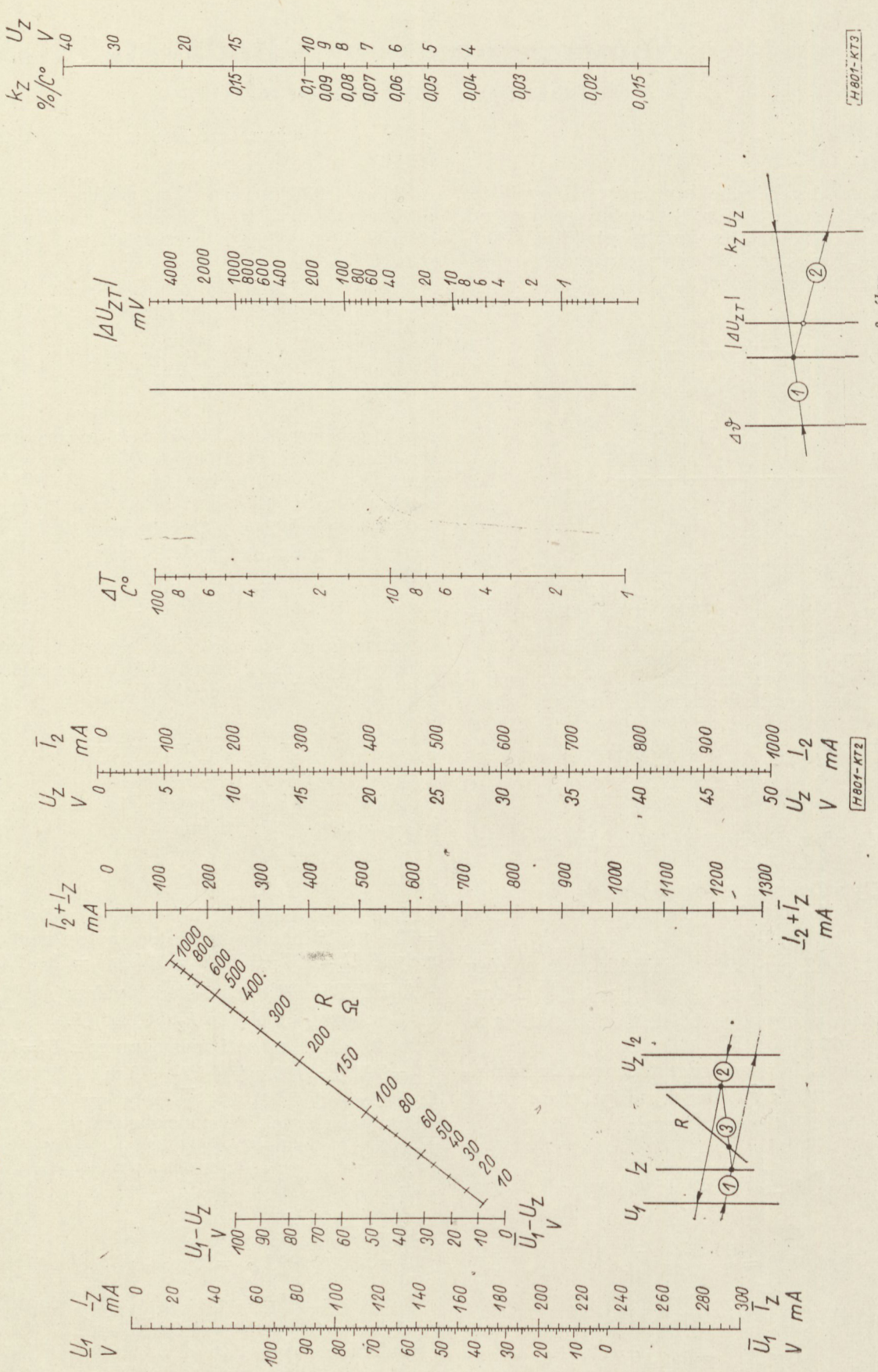
A 2. ábra szerinti nomogramról: $U_1=10{,}8$ V, $U_Z=6$ V, $\bar{I}_2=100$ mA és $\underline{I_Z}=20$ mA értékek $R=40$ Ω értéket adnak. A 10%-os szabványsorból 39 Ω-ot választunk, ennek toleranciahatárai: $\underline{R}=35{,}1$ Ω, $\bar{R}=42{,}9$ Ω. Ezen értékekkel a 2. ábráról $\bar{I}'_Z=125$ mA és $\underline{I'_Z}=12$ mA. Az alábbi ellenőrzés szerint ez megfelelő:

$\bar{I}'_Z=125$ mA $<I_{Zmax}=250$ mA,

$\underline{I'_Z}=12$ mA $>0{,}1.\bar{I}_2=10$ mA.

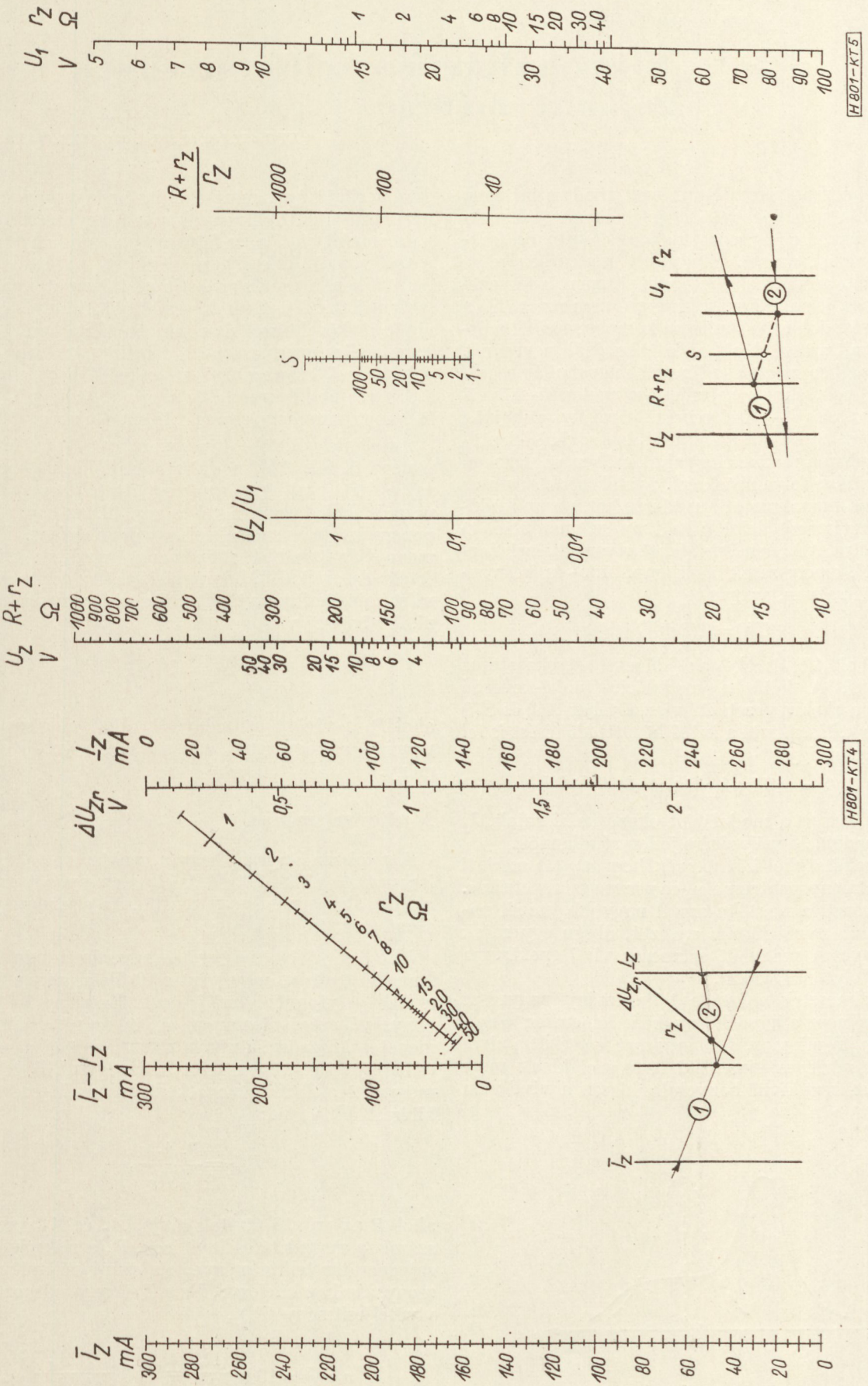
A 4. ábráról $\bar{I}'_Z=125$ mA és $\underline{I'_Z}=12$ mA, valamint $r_z<2{,}5$ Ω értékekkel kapjuk: $\bar{\Delta U}_Z \leqq 0{,}27$ V. A (6) egyenletnek megfelelően a 3. ábráról $\Delta T=20$ C° és $k_Z \approx 0{,}02\%/\text{C}°$ értékekkel: $|\Delta U_{ZT}|=24$ mV.

Végül az 5. ábráról $S=8{,}5$.



2. ábra

3. ábra



4. ábra

5. ábra

MUSZTÁCS ISTVÁN
BME Elektroncsövek és Félvezetők Tanszék

Mikrohullámú oszcillátorcsövek zajának mérése

ETO 621.373.42.029.6: 621.385.6: 621.391.822.08

A mikrohullámú oszcillátorcsövek rendszerint nem tekinthetők monokromatikus jelet előállító elemeknek, a kimenőteljesítmény ugyanis folytonos frekvenciaeloszlást mutat. Szigorúbb értelemben véve a spektrum azért sem lehet vonalas, mert a kimeneten zaj van jelen akkor is, ha a cső nem rezeg. Ez a zaj a belső zajok mikrohullámú komponenseiből származik, amit a továbbiakban háttérzajnak nevezünk. (Ez lényegében megfelel a lineáris mikrohullámú erősítők zajának, ahol a zajteljesítményeloszlás követi a cső erősítés — frekvencia karakterisztikáját.) A folytonos spektrum szempontjából sokkal jelentősebb azonban a modulációs zaj. A csőben végbemenő sztochasztikus folyamatok (pl. nyalábzajok) ugyanis a névleges, monokromatikus kimenőjelen amplitúdó- és frekvenciamodulációt (általában szögmodulációt) hoznak létre. A kimenőjelet tehát olyan vivőnek foghatjuk fel, amely zajok által amplitúdó- és frekvenciamodulálva van, vagyis

$$U(t)=A(t)e^{j\Theta(t)}$$

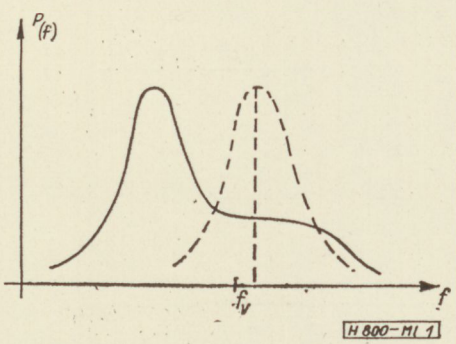
alakú, ahol $A(t)$ és $\Theta(t)$ az időnek sztochasztikus függvényei. A kétfajta moduláció többé-kevésbé ugyanazon okokra vezethető vissza, tehát $A(t)$ és $\Theta(t)$ korreláltak. Ezenkívül a kettő közötti időkésést is fel kell tételezni, így

$$U(t) = A_0[1+\lambda_1 z_1(t+\tau)]e^{j[\omega_v t+\lambda_2 z_2(t)]}, \qquad (1)$$

ahol $z_1(t)$ és $z_2(t)$ a modulációt okozó belső zajok, λ_1 és λ_2 a moduláció mélységére jellemző állandók.

A korreláltságból következik, hogy az (1) szerinti jel teljesítményspektruma ω_v-re nézve aszimmetrikus. Az aszimmetria mértéke annál nagyobb, minél nagyobb λ_1 és minél kisebb τ. Az 1. ábrán egy zajok által vegyesen modulált színuszos vivő spektruma látható (folytonos vonal).

Az aszimmetria miatt a teljesítmény nagyrésze láthatóan nem a vivő környékén, hanem az oldalsávokban jelenik meg, általános esetben tehát a vivő, vagyis a névleges kimenőjel frekvenciájának meghatározása rendkívül bonyolult, hiszen a vivő nem értelmezhető úgy, mint a teljesítménycsúcs közepéhez tartozó jel. A viszonyok némileg egyszerűsödnek, ha a moduláció Gauss-folyamatok eredménye (szaggatott vonal). Az eddigi mérések azt mutatták, hogy esetünkben a moduláció Gauss-folyamatoknak tulajdonítható. Továbbá λ_1 rendkívül kicsiny, tehát a vivőt jó közelítéssel úgy tekinthetjük, mint a keskeny teljesítménycsúcs közepéhez tartozó jelet. A háttérzaj természetéből következik, hogy eloszlása a fehérzajétól kismértékben fog különbözni, tehát $P(f)$ maximumhelyét nem változtatja meg.



1. ábra

Az oldalsávok teljesítménye tehát háromféle komponensből áll: AM modulációs zaj, FM modulációs zaj és háttérzaj. A hármat együtt teljes zajnak nevezzük. Feladatunk a teljes zaj, ill. az egyes komponensek frekvenciaeloszlásának mérése. Fontos mennyiség továbbá a frekvenciaingadozás effektív értéke és az AM-FM korreláció is. Az adott sávban mért zajteljesítményt célszerű a vivőre vonatkoztatni. A vivő-zaj viszony tehát:

$$v/z^{[\mathrm{dB}]}=10\lg\frac{P_v}{P_0},$$

ahol P_v a vivőteljesítmény, P_0 adott oldalsáv frekvencián az egységnyi sávszélességre jutó teljesítmény.

A teljes zaj mérése

A módszer lényege, hogy a spektrumot alacsonyfrekvenciás (100—200 MHz) tartományba transzponáljuk, ahol a mérés egyszerűbb. Az elrendezést a 2. ábra mutatja.

Ha a cső jelét közvetlenül a keverőre adnánk, nem lenne biztosítva, hogy szintje 10 dB-el legyen alatta a HO (helyi oszcillátor) jelének. Ezért a vivőt keskenysávú szűrővel elnyomjuk. A szűrő, csillapításmenetétől függően, a vivőhöz közeli zajt is jelentősen csillapítja, ezért korrekciót kell végezni. A teljesítményeket a Z síkra vonatkoztatva és M-en azonos kitérést állítva be:

$$P_{telj}=\frac{P_g A_H a}{B A_g}, \qquad (2)$$

ahol B az erősítő átviteli sávja, A_g és A_H viszonyszámban megadott csillapítások, P_g a mikrohullámú zajgenerátor teljesítménye, a a szűrő csillapítása viszonyszámban kifejezve. Ha a Z síkra vonatkoztatott vivőteljesítmény $(P_v)_z$,

$$v/z^{[\mathrm{dB}]}=10\lg\frac{(P_v)_z}{P_{telj}}=10\lg\frac{(P_v)_z A_g B}{a P_g A_H}.$$

AM és háttérzaj mérése

KF kalibrációs módszer

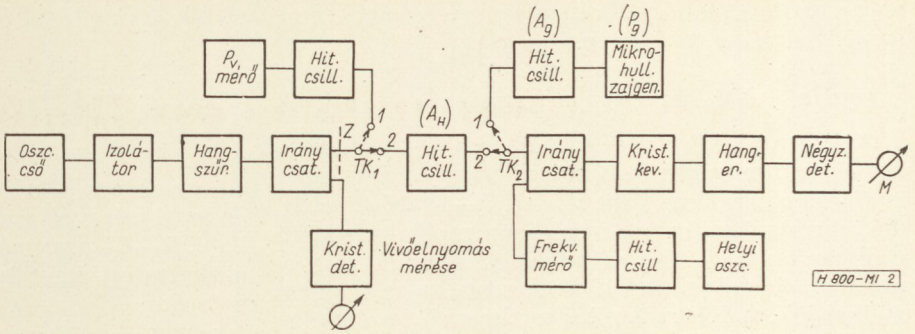
Mint ismeretes, ha egy színuszosan amplitúdó- és frekvenciamodulált jelet keverőre adunk, az oldalsávok és a vivő kikeveredése folytán a kimeneten csak az AM produktumok jelennek meg, feltéve, hogy az FM modulációs index elegendően kicsiny. Zajmoduláció esetén is hasonló meggondolást tehetünk, hiszen a zajintenzitás jóval alatta van a vivőjének, azaz a viszonyok lényegében megfelelnek a keskenysávú AM-nek, ill. FM-nek. Esetünkben az AM és háttérzaj együttesen fog megjelenni a keverő kimenetén, a háttérzaj nem modulációs volta miatt. A legegyszerűbb megoldás a 3. ábrán látható. A teljesítményeket ismét a Z síkra vonatkoztatva és M-en azonos kitérést állítva be,

$$P_{AM+H}=\frac{(P_gA_H-P_KA_g)L_K}{BA_g},$$

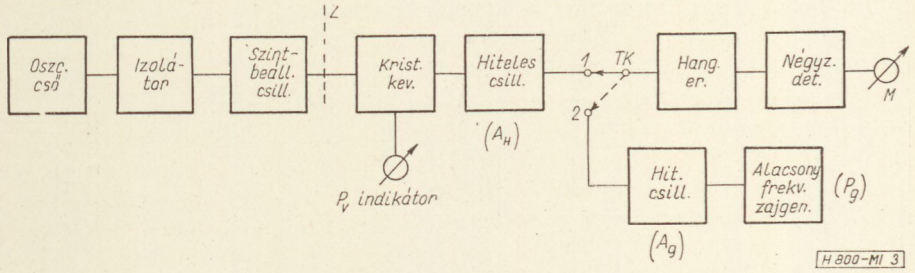
$$v/z^{[\mathrm{dB}]}=$$

$$=10\lg\frac{(P_v)_zBA_g}{(P_gA_H-P_KA_g)L_K}, \qquad (3)$$

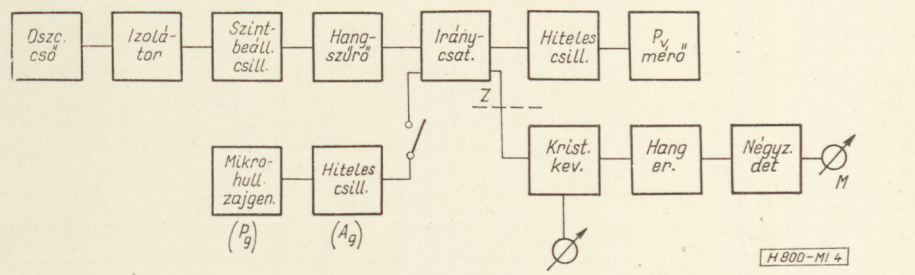
ahol P_K a keverő kimenetére vonatkoztatott kristályzajnak az erősítő sávjába eső része, L_K a keverési veszteség.



2. ábra



3. ábra



4. ábra

Üregszűrős módszer

Ha a teljesítmények összehasonlítása a keverő előtt történik, P_K és L_K kiküszöbölhető. A méréshatárnak korlátot szab a mikrohullámú zajgenerátor, melynek szintje legfeljebb 15—18 dB-lel van felette a termikus szintnek, így a módszer csak kis zajú csöveknél, vagy a vivőtől távol alkalmazható. A blokksémát a 4. ábra mutatja. Ha az üregszűrőt a vivőre hangoljuk, csak a vivő körüli keskeny sáv jut a keverőre. Elhangolt állapotban a vivő és zaj oldalsávjai gyakorlatilag változatlanul jutnak tovább.

Az előzőekhez hasonló módon

$$P_{AM+H}=\frac{\gamma P_g}{A_gB(\gamma-1)};$$

$$v/z^{[\mathrm{dB}]}=10\lg\frac{(P_v)_zA_gB(\gamma-1)}{\gamma P_g}, \qquad (4)$$

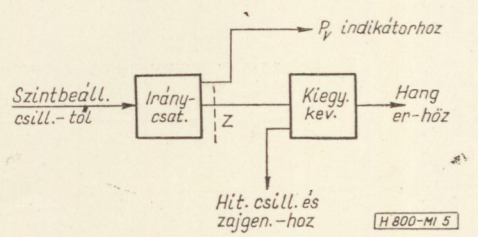
ahol γ az üregszűrő oldalsávelnyomási tényezője ($\gamma\gg1$).

Kiegyenlített keverős módszer

Az oldalsávok elnyomása kiegyenlített keverővel is elvégezhető. A 4. ábra elrendezését az 5. ábra szerint módosítjuk.

Azonos kristálypolaritások mellett (kiegyenlített állapot) a keverésben gyakorlatilag csak a vivő és zajoldalsávjai vesznek részt. Egyik kristály polaritását megcserélve, a vivő és a zajgenerátor jele keveredik ki. Az oldalsávnyomás itt sem tökéletes, de mindenesetre jobb, mint üregszűrő esetén. A módszer tehát a vivőhöz közeli méréseknél előnyös. A már látott módszerrel

$$P_{AM+H}=\frac{P_g}{BA_g};\quad v/z^{[\mathrm{dB}]}=10\lg\frac{(P_v)_zA_gB}{P_g}, \qquad (5)$$



5. ábra

ahol a kristályadatok láthatóan nem szerepelnek, ami a módszernek nagy előnye.

Nagyszintű AM+háttérzaj mérése

O-típusú (pl. klisztron), s különösen *M*-típusú csöveknél (pl. magnetron) a zajszint lényegesen felülmulhatja a termikus szint feletti 15—18 dB-t, tehát mikrohullámú zajforrás a méréshez nem alkalmazható. A csillapítás vagy a keverő után végezhető el, vagy a vivőt és oldalsávokat különválasztva, a zajt külön csillapítjuk. A KF csillapítós módszernél az elrendezés abban különbözik a 4. ábrán látottól, hogy a keverő és az erősítő közé egy járulékos csillapítót teszünk be. A teljesítményeket a keverő bemenetére vonatkoztatjuk. A teljesítmények az erősítő bemenetén:

1. Zajgenerátor be, kiegyenlített állapot, KF csillapítás ki,

$A_g=1$:

$$P_1=\frac{P_{AM+H}}{\sigma L_K}+\frac{P_g}{L_K}+P_{KB},$$

ahol σ a kiegyenlített keverő oldalsávelnyomási tényezője ($\sigma\gg 1$).

2. Zajgenerátor be, kiegyenlítetlen állapot, KF csillapítás be:

$$P_2=\left(\frac{P_{AM+H}}{L_K}+P_{KB}\right)\frac{1}{A_{KF}}.$$

A KF csillapítóval P_1-t és P_2t egyenlővé téve

$$P_{AM+H}=\frac{A_{KF}(P_g+L_KP_{KB})-L_KP_{KB}}{1-\frac{A_{KF}}{\sigma}}. \qquad (6)$$

Ebben sajnos a kristályadatok szerepelnek. Egy kiegészítő méréssel azonban $P^*_{KB}=P_{KB}L_K$ meghatározható. $P_{KB}L_K$ nem más, mint a keverő bemenetére vonatkoztatott kristályzaj. Az erősítő bemenőteljesítménye:

1. Zajgenerátor ki, KF csillapítás ki, keverő kiegyenlített

$$P'=\frac{P_{AM+H}}{\sigma L_K}+\frac{P^*_{KB}}{L_K}. \qquad (7)$$

2. Zajgenerátor be, KF csillapítás be, keverő kiegyenlített

$$P''=\left(\frac{P_{AM+H}}{\sigma L_K}+\frac{P^*_{KB}}{L_K}+\frac{P_g}{L_K}\right)\frac{1}{A^*_{KF}}. \qquad (8)$$

A KF csillapítóval a két esetben azonos kitérést állítva be, (7) és (8)-ból

$$P^*_{KB}=\frac{\frac{P_{AM+H}}{\sigma}(1-A^*_{KF})+P_g}{A^*_{KB}-1},$$

amit (6)-ba helyettesítve

$$P_{AM+H}=\frac{A_{KF}\left[P_g+\frac{\frac{P_{AM+H}}{\sigma}(1-A^*_{KF})+P_g}{A^*_{KF}-1}\right]-\frac{\frac{P_{AM+H}}{\sigma}(1-A^*_{KF})+P_g}{A^*_{KF}-1}}{1-\frac{A_{KF}}{\sigma}}.$$

Innen P_{AN+H}-t kirendezve

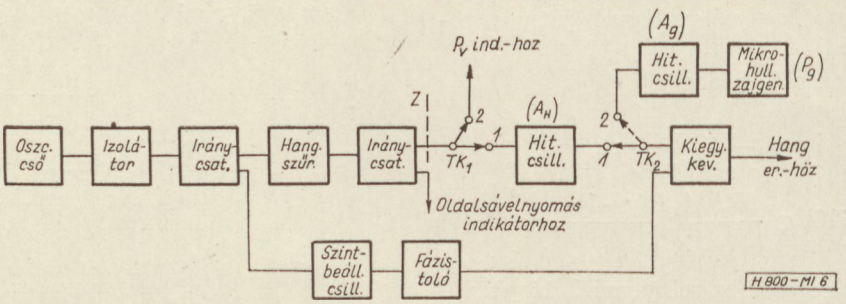
$$P_{AM+H}=\frac{P_g(A_{KF}A^*_{KF}-1)}{A^*_{KF}-1-\frac{A^*_{KF}+1}{\sigma}}. \qquad (9)$$

FM és háttérzaj mérése

Tekintve, hogy a viszonyok lényegében megfelelnek a keskenysávú AM, ill. FM-nek, a vivő fázisát $\pm k\pi\left(k=\frac{1}{2},\ \frac{3}{2},\ \frac{5}{2},\ldots\right)$-vel eltolva, és az eredeti oldalsávokhoz hozzárendelve, FM-AM konverzió jön létre. A mérés tehát ugyanolyan séma szerint történhet, mint az AM és háttérzajnál láttuk, azt csupán egy fázistolóval kell kiegészíteni. A módosított elrendezést a 6. ábra mutatja.

A szűrőt a vivőre hangolva, kimenetén csak a zajoldalsávok jelennek meg. A keverő kiegyenlített állapotában a keverésben gyakorlatilag csak a vivő és az oldalsávok vesznek részt. A zajteljesítményt a Z-síkban számítjuk ki. Ehhez a keverő 1.-es bemenetére jutó teljesítményeket felírva:

$$P_{FM+H}=\frac{\alpha A_H P_g}{A_g}. \qquad (10)$$



6. ábra

Összetevőkre bontás kérdése

Ha a zajspektrumból egy keskeny sávot vizsgálunk (7. ábra), az illető sávhoz tartozó teljesítmény, mint látjuk, három komponensből tevődik össze. Célunk ezek meghatározása. Egy ilyen sávnak három fluktuáló jel felel meg. Jelölje a felső sávhoz tartozó AM miatti fluktuáló jelet az $\alpha_f(t)$, az FM miattit a $\varphi_f(t)$, a háttérzajból eredőt pedig a $h_f(t)$ sztochasztikus függvény. Ugyanígy az alsó sávhoz tartozót rendre az $\alpha_a(t)$, a $\varphi_a(t)$ és a $h_a(t)$ függvény. Az alsó és felső sávban megjelenő megfelelő jelek az aszimmetria miatt általában nem egyenlőek, jelen esetben azonban ettől eltekinthetünk, tehát

$$\alpha_a(t)=\alpha_f(t)=\alpha(t)$$
$$\varphi_a(t)=\varphi_f(t)=\varphi(t)$$
$$h_a(t)=h_f(t)=h(t).$$

Ezek közül $\alpha(t)$ és $\varphi(t)$ korreláltak, $h(t)$ egyikkel sem korrelált. Természetesen

$$P_{AM}=k\overline{\alpha^2(t)};\quad P_{FM}=k\overline{\varphi^2(t)};\quad P_H=k\overline{h^2(t)}.$$

a) A teljes zaj mérésénél a spektrumot egészében transzponáltuk, vagyis a sávokat egyenként mértük. Egy ilyen sávban $\alpha(t)$, $\varphi(t)$ és $h(t)$ együttesen van jelen. A hozzájuk tartozó teljesítmény kiszámításánál $\alpha(t)$ és $\varphi(t)$ korreláltsága ellenére négyzetesen összegezhetünk, ugyanis az AM és FM modulációs vektorok közötti fáziskvadratúrát tételeztünk fel. (Ez a feltevés ekvivalens azzal, hogy a két moduláció közötti τ időkésés elhanyagolható.) Márpedig két fáziskvadratúrában levő jel négyzetes átlaga egyenlő a két négyzetes átlag összegével, vagyis

$$\overline{[\alpha(t)+\varphi(t)]^2}=\overline{\alpha^2(t)}+\overline{\varphi^2(t)}.$$

Mivel $h(t)$ egyikkel sem korrelált,

$$P_{telj}=k[\overline{\alpha^2(t)}+\overline{\varphi^2(t)}+\overline{h^2(t)}]=P_{AM}+P_{FM}+P_H \quad (11)$$

b) Az AM+ háttérzaj mérésénél a 7. ábra szerinti két, szimmetrikusan elhelyezkedő sávhoz tartozó teljesítményt mértük. Itt $\varphi(t)$ nem jelent meg a keverő kimenetén, tehát

$$P_{AM+H}=k\{\overline{[2\alpha(t)]^2}+2\overline{h^2(t)}\}=4P_{AM}+2P_H. \quad (12)$$

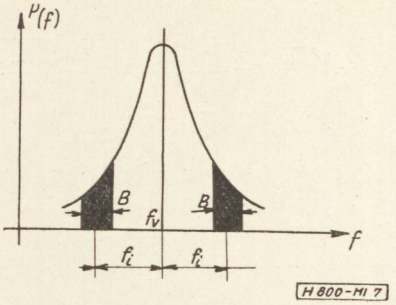
c) Az FM+ háttérzaj mérésénél FM-AM konverzió történt, vagyis

$$P_{FM+H}=k\{\overline{[2\varphi(t)]^2}+2\overline{h^2(t)}\}=4P_{FM}+P_H. \quad (13)$$

A háromfajta méréseredmény tehát különböző módon tartalmazza az egyes összetevőket. Ezeket (11), (12) és (13)-ból kellene meghatároznunk. E három egyenlet azonban a korreláció miatt várhatóan nem lesz független. Valóban, (12) és (13) összeadásával:

$$P_{AM+H}+P_{FM+H}=4P_{telj},$$

ami éppen a függőséget jelenti. Az összetevőkre bontás tehát a korreláció miatt elvileg nem oldható meg. A felbontás csak akkor lehetséges, ha valamelyik ismert, vagy elhanyagolható. Így pl. ha a vivőtől távol P_{AM+H} és P_{FM+H}-t mérünk, s a kettő már megegyezik, a mért érték P_H-val egyenlő. P_H menetét a hozzávetőlegesen a vivőhöz közel is berajzolhatjuk, ugyanis $P_H(f)$ feltehetően rezgési állapotban sem változik meg lényegesen. P_H ismeretében (11), (12) és (13)-ból



7. ábra

$$P_{AM}=P_{telj}-\frac{P_{FM}+3P_H}{4}=\frac{P_{AM+H}-2P_H}{4},$$
$$P_{FM}=\frac{P_{FM+H}-P_H}{4}. \quad (14)$$

Frekvenciaingadozás effektív értékének mérése

Egyelőre tegyük fel, hogy a jel tisztán FM modulált, tehát frekvenciája f_v körül statisztikusan ingadozik. Ha ilyen jelet üregdiszkriminátorra adunk, kimenetén ennek megfelelő amplitúdóingadozást, burkológörbét kapunk. A kimeneti amplitúdó:

$$A(f)=U_0\frac{1}{\sqrt{1+\frac{2Q}{f_0}|f-f_0|}}=U_0|Y_n|,$$

ahol Y_n az üreg normalizált admittanciája, f_0 az üreg rezonanciafrekvenciája. Az amplitúdóváltozás

$$\Delta A=\frac{dA}{df}\Delta f=U_0\frac{d}{df}|Y_n|\Delta f.$$

Jelen esetben $\Delta f=F(t)$, ahol $F(t)$ sztochasztikus függvény. A burkológörbe kifejezése tehát

$$b(t)=U_0\left(\frac{d}{df}|Y_n|\right)F(t)=\xi F(t),$$

Mivel $|Y_n|$ a 3 dB-es pontokban a leglineárisabb, célszerű ide hangolni. Az üreget követő burkolódetektor karakterisztikáját lineárisnak véve, a kimeneten levő váltójel jó közelítéssel:

$$U(t)=Kb(t)=K\xi F(t),$$

és az egyenjel:

$$U_{egy}=K\frac{Q_0}{\sqrt{2}}.$$

Az ezeknek megfelelő váltó-, ill. egyenteljesítmény:

$$P_{\sim FM}=\frac{1}{R}\overline{u^2(t)}=\frac{K^2\xi^2}{R}\overline{F^2(t)}, \quad (15)$$

$$P_{egy}=\frac{1}{R}\frac{K^2U_0^2}{2} \quad (16)$$

(15) és (16) alapján

$$\Delta f_{eff}=\sqrt{\overline{F^2(t)}}=\frac{1}{\left[\frac{d}{df}|Y_n|\right]_{3dB}}\sqrt{\frac{P_{\sim FM}}{2P_{egy}}}. \quad (17)$$

$P_{\sim FM}$ azt a teljesítményt jelenti, amely kizárólag FM miatt lép fel a detektor kimenetén. A valóságban azonban teljesítmény lép fel az AM és a háttérzaj miatt is. A továbbiakban a háttérzajt nem vesszük figyelembe. Írja le az üreg kimenetén az AM miatti amplitúdóingadozást az $A(t)$ sztochasztikus függvény. Ha az üreget a felső 3 dB-es pontra hangoljuk, a burkolódetektor kimenetén kapott burkológörbe kifejezése:

$$b(t)_{fels}=\eta A(t)+\xi F(t)$$

és a hozzá tartozó váltóteljesítmény [$A(t)$ és $F(t)$ korreláltak]:

$$P_{\sim fels}=\frac{1}{R}\overline{[Kb(t)_{fels}]^2}=\frac{K^2\eta^2\overline{A^2(t)}}{R}+\frac{K^2\eta^2\overline{F^2(t)}}{R}+\frac{2K^2\xi\eta\overline{F(t)A(t)}}{R}. \quad (18)$$

Az alsó 3 dB-es pontban: $b(t)_{als}=\eta A(t)-\xi F(t)$, és

$$P_{\sim als}=\frac{1}{R}\overline{[Kb(t)_{als}]^2}=\frac{K^2\eta^2}{R}\overline{A^2(t)}+\frac{K^2\xi^2}{R}\overline{F^2(t)}-\frac{2K^2\xi\eta\overline{A(t)F(t)}}{R}. \quad (19)$$

(18) és (19) összeadásával

$$P_{\sim fels}+P_{\sim als}=\frac{2K^2\eta^2}{R}\overline{A^2(t)}+\frac{2K^2\xi^2}{R}\overline{F^2(t)}.$$

Ha csak AM lenne jelen, mindkét 3 dB-es pontban

$$P_{\sim AM}=\frac{1}{R}\overline{[K\eta A(t)]^2}=\frac{K^2\eta^2}{R}\overline{A^2(t)} \quad (20)$$

lenne.

(16) és (20) figyelembevételével:

$$P_{\sim FM}=\frac{1}{2}(P_{\sim fels}+P_{\sim als})-P_{\sim AM}, \quad (21)$$

ami a tisztán FM miatt fellépő teljesítmény. (21)-et (17)-be beírva:

$$\Delta f_{eff}=\frac{1}{\frac{d}{df}|Y_n|}\sqrt{\frac{P_{\sim fels}+P_{\sim als}-P_{\sim AM}}{P_{egy}}}. \quad (22)$$

A mérés tehát a következő: az üreget a felső, majd az alsó 3 dB-es pontra hangolva megmérjük a burkolódetektor kimenetén a váltóteljesítményeket. Majd az üreget a vivőre hangolva, a mért teljesítmény gyakorlatilag $P_{\sim AM}$-mel egyenlő. Természetesen, a detektor kimenőteljesítményei sztochasztikus folyamatokból származnak, ezért szélessávú erősítőre van szükség. Továbbá a háttérzaj elhanyagolása csak a vivőhöz közel indokolt, mivel a modulációs zaj itt van túlsúlyban. Célszerű nagy Q-jú üreget használni, mert a konverzió a nagyobb meredekség miatt hatásosabb, s az AM jelenléte kevésbé zavaró.

A korreláció mérése

A korreláció jelen esetben $A(t)$ és $F(t)$ korreláltságát jelenti. A definícióból kiindulva

$$r=\frac{\overline{AF}}{\sqrt{\overline{A^2}}\sqrt{\overline{F^2}}}\left(\frac{\xi\eta}{\xi\eta}\right)=\frac{\overline{(\eta A+\xi F)^2}-\overline{(\eta A-\xi F)^2}}{4\sqrt{\eta^2\overline{A^2}\left[\frac{1}{2}\overline{(\eta A+\xi F)^2}+\frac{1}{2}\overline{(\eta A-\xi F))^2}-\eta^2\overline{A^2}\right]}}.$$

$\frac{K^2}{R}$-rel bővítve és (18), (19), valamint (20) figyelembevételével:

$$r=\frac{P_{\sim fels}-P_{\sim als}}{4\sqrt{P_{\sim AM}\left(\frac{1}{2}P_{\sim fels}+\frac{1}{2}P_{\sim als}-P_{\sim AM}\right)}} \quad (23)$$

A mérés tehát ugyanazzal a berendezéssel történhet, mint a Δf_{eff} mérése. Ott a háttérzajt elhanyagoltuk, emiatt a ténylegesnél nagyobb teljesítményt mértünk. Ezért (23) a ténylegesnél kisebb értéket ad, a teljes korreláltság ezzel a módszerrel tehát nem mutatható ki.

A mérések folyamán a zajmodulációt kizárólag a belső sztochasztikus folyamatoknak tulajdonítottuk, az egyéb hatásoktól (tápfesz, ingadozás, mechanikai rezgések stb.) eltekintettünk. E hatások jelentős mérési hibát okozhatnak, ezért azokat a lehető legkisebbre kell csökkentenünk. Ugyanígy pontatlanság forrása lehet a transzponáló oszcillátor zaja is.

IRODALOM

1. *Middleton:* An Introduction to Statistical Communication Theory McGraw-Hill, N. Y., 1960.
2. *O. Rice:* Statistical Properties of a Sine Wave Plus Random Noise Bell Syst. Techn. J. 1948. jan.
3. *Gembling:* Techniques of Microwave Noise Measurements Journal of Brit. IRE. 1962. nov.
4. *Court, W.:* A Tunable Filter for Use in the Measurement of Excess Noise from Local Oscillators El. Engng. 30, 1958.

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Évkönyve

A közelmúltban jelent meg a Híradástechnikai Tudományos Egyesület Évkönyve. Saját kiadás, Budapest, 1967, Athenaeum Nyomda, 388 oldal, vászonkötés, ára: 52— Ft.

Ez az első évkönyv. Igen gazdag tartalommal és nagyon szép kiállításban. Története a Híradástechnikai Tudományos Egyesület 1965. május 8-i közgyűlésén kezdődött. Az újonnan választott főtitkár javaslatát az évkönyv kiadására vonatkozólag a vezetőség elfogadta. Rendkívül sok nehézséget kellett leküzdeni az elhatározástól a megvalósulásig, de Váradi Imre főtitkár, a szerkesztő bizottság vezetője, lelkesedésével, szívós alapossággával minden akadályt elhárított, munkatársaival, elsősorban Pogány Károly felelős szerkesztővel, maradandót alkotott. Ez az évkönyv a magyar híradástechnikai ipar, kutatás és társadalmi szervezkedés történetének egyik leggazdagabb forrása. Csak üdvözölni lehet a szerkesztők szándékát, hogy ezután rendszeresen jelentetnek meg évkönyvet.

Az évkönyv célját illetően a kötet bevezető soraiból idézzük *dr. Barta Istvánnak*, az egyesület elnökének szavait:

„A magyar híradástechnikai ipar és kutatás több évtizedes múltra és különféle mutatószámokkal kifejezhető fejlődésre tekinthet vissza. Mindazok akik hosszabb ideje tevékeny részesei, munkájukkal segítői is e fejlődésnek, jól ismerik útját, és sok tapasztalattal és emlékkel rendelkeznek. Nincs azonban hasonló áttekintésük azoknak, akik például csak a legutóbbi 10 évben — igaz, hogy a legmeredekebben ívelő fejlődés időszakában — léptek szorsabb kapcsolatba a híradástechnikai iparral és kutatással. Ezért régóta érzett hiányt kívántak pótolni ezen évkönyv anyagának összeállítói és szerzői..."

Az évkönyv első fejezete 60 oldalon az egyesületi élettel foglalkozik. Ismerteti az egyesület szervezetét, vezetőit, közli az egyesület kitüntetettjeinek névsorát, valamint az állandó bizottságok, szakosztályok és vidéki csoportok beszámolóit.

A második fejezet az egyesület akadémikusainak székfoglaló beszédeiből közöl szemelvényeket. Barta István, Bognár Géza, Kozma László, Millner Tivadar, Szigeti György és Winter Ernő tudománytörténeti szempontból is fontos anyaga található ebben a fejezetben.

A harmadik fejezet tanulmányok címen az alábbi dolgozatokat közli:

Gergely Ödön: A magyar híradástechnikai ipar fejlődése;

Váradi Imre: A híradástechnikai ipar helye és szerepe a magyar népgazdaságban;

Susánszky László: A híradástechnikai ipar kutatási bázisai;

Nádas Tibor: A híradástechnikai ipar alkatrészbázisainak értékelése;

Dr. Sárközy Géza: A híradástechnikai ipar nagyberendezéseinek műszaki színvonala és fejlesztési iránya;

Marót Zoltán: Híradástechnikai tartós közszükségleti cikkek jelenlegi helyzete és fejlesztésük irányelvei;

Pogány Károly: A műszaki-gazdasági tevékenység tervezési módszerei fejlesztésének iránya a híradástechnikai iparban;

Dr. Valkó Iván Péter: Cső és tranzisztor — békés egymás mellett élés a technikában;

Dr. Kocsis Miklós: P-N-P-N, négyrétegű diódák;

Heckenast Gábor: Mágneses jelrögzítés;

A most megjelent évkönyv fontos állomás a HTE életében, mert nemcsak híven dokumentálja az egyesület életének fellendülését, hanem egyben új eredmények forrásává válhat azáltal, hogy a múlt tapasztalataiból ötleteket ad, hogy új és fiatal kollégák körében toboroz híveket a Tudományos Egyesület társadalmi tevékenységéhez.

SZEMLE

Összeállította: VÁSÁRHEYI PÁL

A svájci Rádió a Léman-tó közelében felállítandó új adóállomás berendezéseinek szállítására mintegy 64 000 angol font értékű megrendelést adott az angol Marconi cégnek. A megrendelt berendezéseket ez év júliusában szállítják le. A Marconi cég már 1920 óta exportál adó, illetve adó-vevő berendezéseket Franciaország, Spanyolország és Svájc rádiótársaságai számára.

*

A General Electric cég megállapította, hogy 1966. júniusa és 1967. között gyártott televízió-készülékei „túlzott" röntgensugárzást bocsátanak ki. Ezért most arra törekszik, hogy felkutassa azt a mintegy 90 000 vásárlót, aki a fenti időszakban gyártott készülékeket megvásárolta. A megtalált készülékeket a sugárzás csökkentésére megfelelő árnyékolással látják el.

*

A Pilkington Brothers angol cég 3,5 millió angol fontot fektetett be olyan berendezések beszerzésére, melyek a ravenhead-i üzemegységben a színes televízió-képcsövek alkatrészeit fogják előállítani. Az üzemegység a termelést a tervek szerint 1968. elején kezdi meg: kizárólag a képcsövek alkatrészeit fogja előállítani, míg az összeszerelést más gyárak végzik.

A HTE 1967. szeptember havi rendezvényei

Összeállította: VALKÓ PÉTERNÉ

Az előadások helye: TECHNIKA HÁZA Budapest, V., Szabadság tér 17., III. 376.

Konstr.:	Konstrukció Szakosztály	Elnök:	Dr. Almássy György
Félvez.:	Félvezető Szakosztály	Titkár:	Kocsis Miklós
R. TV:	Rádió és TV Szakosztály	Elnök:	Makó Zoltán
Távb.:	Távbeszélő Szakosztály	Elnök:	Budai Lajos

1967 szeptember	Szakosztály	Előadás
14. csütörtök, 15 ó.	Konstr.	*Hetényi László* (EMV) Klubbdélután-sorozat I. rész. Korszerű URH-technika konstrukció
19. kedd, 17 ó.	Félvez.	*Dr. Bodó Zalán* (MÜFI) Heteró-átmenetek I. Elméleti kérdések. Energiasávok alakja hőmérsékleti egyensúlyban. Áramfeszültség karakterisztikák. Fényelektromos jelenségek. Gyakorlati alkalmazások
22. péntek, 17 ó.	Távb.	*Balázs János* (TKI) A Reed-jelfogó. A hermetikusan zárt érintkezők sajásosságainak, a telefontechnikai alkalmazási terület és a gyártmányféleségeknek ismertetése.
26. kedd, 17 ó.	Félvez.	*Bertóti Imre* (MÜFI) — *Gutai László* (MÜFI) Hetteró-átmenetek II. Főbb technológiai kérdések. Előállítási módszerek. Az átmenetek szerkezete. Hetteró-átmenetek vizsgálati módszere. Méréstechnikai kérdések

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.372.543.2.001.24:621.376.3:621.396.4

Baranyi A.:

Szimmetrikus futási idő karakterisztikájú sávszűrő

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967.) 8. sz.

Frekvenciamodulációs rendszerek intermodulációs torzításának lényeges forrása a rádiócsatornákban alkalmazott sávhatároló szűrők futási idő karakterisztikájának ingadozása. Különösen nagymértékű a torzítás növekedése akkor, ha a futási idő karakterisztika a vivőfrekvenciára aszimmetrikus. Ezért nagy jelentőségűek azok a sávszűrő méretezési eljárások, melyekkel előírt szelektivitás mellett az áteresztő sávban aritmetikusan szimmetrikus futási idő karakterisztika biztosítható. A cikkben számítástechnikailag egyszerű, frekvenciatranszformáción alapuló eljárást ismertetünk, mellyel tetszőleges közelszelektivitás előírások kielégithetők. Kimutatjuk, hogy a szokásos másodfokú transzformáció helyett harmadfokú transzformáló függvényt alkalmazva a futási idő karakterisztika antiszimmetrikus részének elsőfokú tagja zérussá tehető és így viszonylag nagy sávszélességben nagyfokú szimmetria érhető el. Az eljárás alkalmazását sokcsatornás mikrohullámú berendezés KF szűrőjére vonatkozó számpéldán mutatjuk be.

ETO 621.318.134:681.327.66'2

Bóka A.-né:

Információ tárolására alkalmas, széles hőmérséklet tartományban használható négyszögletes hiszterézis-hurkú ferritek

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 8. sz.

Az általánosan használt négyszögletes hiszterézis-hurkú ferritek karakterisztikái nagy változást mutatnak a hőmérséklet kismértékű megváltozására. A gyors, üzembiztos adattárak megvalósításánál fontos szerepet töltenek be a thermostabil tulajdonságokkal rendelkező négyszögletes hiszterézis-hurkú ferrit elemek. A cikk ismerteti a Távközlési Kutató Intézetben kidolgozott különböző alakzatú négyszögferrit elemeket, amelyek az információ törlés-nélküli kiolvasását teszik lehetővé. Ismerteti továbbá a thermostabil tulajdonságokkal rendelkező anyagokat. Összefüggéseket mutat be a kémiai összetétel és a mágneses paraméterek között.

Обобщения

ДК 621.372.543.2.001.24:621.376.3:621.396.4

А. Барани:

Полосовой фильтр с симметричной характеристикой времени пробега

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967 № 8.

Важной причиной искажений взаимной модуляции систем Ч. М. является флюктуация характеристики времени пробега полосовых фильтров примененных в радиоканалах. Особенно высоко увеличение искажений в случае асимметричной характеристики времени пробега в отношении к несущей частоте. По этому методы проектирования полосовых фильтров очень важные, которые обеспечивают арифметически симметричную характеристику времени пробега в полосе пропускания при предписанной избирательности. Изложен метод простого расчета по трансформации частот, удовлетворяющий любую спецификацию близкой избирательности. Показано, что член первой степени антисимметричной части характеристики времени пробега можно делать равным нулю применением функции трансформации третьей степени вместо трансформации второй степени. Таким образом симметрия высокой степени может быть получена при относительно большой ширине полосы.
Применение метода показано на примере расчета по фильтру промежуточной частоты многоканального микроволного оборудования.

ДК 621.318.134:681.327.66'2

А. Бока:

Ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса, пригодные для хранения информации и используемые в широком температурном интервале

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967) № 8.

Характеристики обычно используемых ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса (ппг) показывают большие изменения при небольшом изменении температуры. При создании быстрых, надежных запоминающих устройств важную роль играют ферритовые элементы с ппг, обладающие термостабильными свойствами. В статье рассматриваются созданные в Научно-исследовательском институте дальней связи (ТКИ) ферриты с ппг разных форм, которые позволяют считывание информации без стирания. В статье сообщается о материалах, имеющих термостабильные свойства. Показывается связь между химическим составом и магнитными параметрами.

ETO 621.316.849

Mihályi A.:

Nagystabilitású fémrétegellenállások hazai kutatásának néhány kérdése

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 8. sz.

A cikk összefoglalja a NiCr fémrétegellenállások stabilitását befolyásoló tényezők vizsgálatára vonatkozó kutatási munkát. Igen jelentősnek találták a réteg összetételének hatását a fajlagos ellenállásra, a hőmérsékleti együtthatóra és a stabilitásra egyaránt. A Ni/Cr mólarány függvényében exponenciális összefüggés volt kimutatható, ami a növekvő krómtartalommal összefüggő fokozottabb oxidációval magyarázható. Ugyanez a magyarázata a hőmérsékleti együttható csökkenésének a krómtartalom függvényében. Vizsgálták a réteg stabilizáló kezelése során lejátszódó oxidációs jelenségeket is. Megállapítható volt, hogy az időbeli stabilitás is az összetétel függvénye, elsősorban a felületen kialakuló védőhatású réteg miatt. A fentieken kívül a cikk röviden érinti a nagystabilitású fémréteg-ellenállások egyéb lényeges tulajdonságait befolyásoló tényezőket, végül a kutatás során elért műszaki paramétereket sorolja fel.

ETO 621.311.6:621.316.722.1 (083.57):621.382.2

K. Tomašek:

Nomogramok Zener-diódás stabilizáló kapcsolások számításához

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 8. sz.

A szerző négy nomogramot közöl Zener-diódás feszültség stabilizáló kapcsolások pontos és gyors méretezésére. Egy példán mutatja be a nomogramok használatát.

ETO 621.373.42.029.6:621.385.6:621.391.822.08

Musztács I.:

Mikrohullámú oszcillátoresövek zajának mérése

HÍRADÁSTECHNIKA XVIII. (1967) 8. sz.

A cikk összefoglalja a legfontosabb mérési módszereket, nevezetesen a teljes zaj, az AM + háttérzaj és az FM + háttérzaj mérését. Foglalkozik továbbá a komponensre bontás kérdésével, kimutatja, hogy az a korreláció miatt elvileg nem oldható meg. Utal a gyakorlati módszerre, amellyel a felbontás a legtöbbször mégis elvégezhető. Végül megvizsgálja a frekvenciaingadozás és a korreláció mérésének módszerét.

Zusammenfassungen

DK 621.372.543.2.001.24:621.376.3:621.396.4

A. Baranyi:

Bandfilter mit symmetrischer Laufzeitcharakteristik

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 8.

Die wesentliche Quelle der Intermodulationsverzerrung in frequenzmodulierten Systemen ist die Schwankung der Laufzeitcharakteristik der in den Radiokanälen angewandten Bandfiltern. Der Mass der Verzerrungserhöhung ist besonders gross, wenn die Laufzeitcharakteristik auf die Trägerfrequenz asymmetrisch ist. Deshalb sind jene Filterentwurfverfahren bedeutend, mit welchem in dem Durchlassband neben vorgeschriebener Selektivität eine aritmethisch symmetrische Laufzeitcharakteristik zu versichern ist. In dem Artikel wird ein vom Standpunkt der Berechnungsmethode einfaches auf dem Grund der Frequenztransformation liegendes Verfahren erörtert, mit welchem beliebige Nahselektivitätvorschriften erfüllbar sind. Es wird bestätigt, dass statt der gewöhnlichen Transformation zweiten Grades eine Transformationsfunktion dritten Grades anwendend kann das Glied ersten Grades des antisymmetrischen Teiles der Laufzeitcharakteristik gleich Null gemacht und so kann in einer relativen grossen Bandbreite eine hohe Symmetrie erreicht werden. Die Anwendung des Verfahrens wird durch ein numerisches Beispiel das sich auf dem ZF-Filter einer Mehrkanalmikrowelleneinrichtung bezieht, dargestellt.

DK 621.318.134:681.327.66'2

Frau A. Bóka:

In einem breiten Temperaturbereiche anwendbare Ferrite mit quadrathysteresisschleife zur Informationsspeicherung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 8.

Die Kennwerte der allgemein angewendeten Ferriten mit quadratischer Hysteresisschleife weisen grosse Abweichungen selbst bei geringen Aenderungen der Temperatur auf. In der Herstellung von raschen und zuverlässigen Speicherelementen spielen thermostabile Ferrite mit quadratischer Hysteresisschleife eine wichtige Rolle. Im Forschungsinstitut für Fernmeldetechnik (Távközlési Kutató Intézet) wurden Quadratferritelemente in verschieden Gestalten entwickelt, welche das Informationsablesen ohne Löschung ermöglichen. Es werden thermostabile Materialien beschrieben. Es werden Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung und magnetischen Parametern gezeigt.

ДК 621.316.849

А. Михайи:

Некоторые вопросы венгерских исследований по сопротивлениям с металлическим слоем, имеющим высокую стабильность

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967) № 8.

Обобщена исследовательская работа по испытаниям условий стабильности сопротивлений с металлическим слоем Ni Cr. Влияние состава слоя на удельное сопротивление является очень значительным. Мол-отношение Ni/Cr показывает экспоненциальную функцию, обяснение которого находится в повышенной оксидации связанной с увеличением содержания Cr. Температурный коеффициент уменьшится с увеличением содержания Cr. Процессы оксидации при стабилизирующей обработке слоя тоже были испытани. Было установлено что временная стабильность завысит тоже от состава, в первую очередь по причине защищающего слоя на поверхности. Кроме этих кратко изложено влияние условий на другие значительные свойства сопротивлений с металлическим слоем и наконец показаны технические параметры полученные в продолжение иследований.

ДК 621.311.6:621.316.722.1(083.57):621.382.2

К. Томашек:

Номограммы к расчёту стабилизирующих схем с Зенер-диодами

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967) № 8.

Автор даёт четыре номограммы к точному и быстрому расчёту схем для стабилизации напряжения с Зенер-диодами. Применение номограмм показано на примере.

ДК 621.373.42.029.6:621.385.6:621.391.822.08

И. Мустач:

Измерение шума микроволновых осцилляторов

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XVIII. (1967) № 8.

Статья обобщает самые важные методы измерения, т. е. измерение полного шума, шума АМ+ фона и шума ЧМ+ фона. Излагается вопрос разложения в составляющие и показывается, что решение этой корреляции не возможно. Упоминяется практический метод, с помощью которого разложение может быть произведено в больших случаях. Наконец испытывается метод измерения флюктуации частоты и корреляции.

Summaries

UDC 621.372.543.2.001.24:621.376.3:621.396.4

A. Baranyi:

Bandpass Filter Having Symmetrical Group Delay Characteristic

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

Group delay distortion of bandpass filters is an essential source of intermodulation in FM systems. Intermodulation distortion is especially high if the group delay characteristic is asymmetrical to carrier frequency. Therefore design methods of bandpass filters providing symmetrical pass band response and fulfilling prescribed selectivity requirements as well are of great importance.
The paper presents a mathematically simple design method based-on frequency transformation, by the use of which arbitrary near selectivity requirements can be fulfilled. It is shown that using a third degree transformation function instead of the conventional quadratic transformation, the first power term of the antisymmetrical part of the group delay characteristic may be eliminated. Thus a high degree of symmetry in a large bandwidth may be attained.
The application of the method is illustrated by a numerical example concerning the IF filter of a multichannel microwave system.

UDC 621.318.134:681.327.66'2

Mrs. A. Bóka:

Square-loop ferrites usable as memory elements in a wide temperature range

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII (1967). No 8.

Characteristics of square-loop ferrites generally used are changing even under small temperature variations. In the realization of quick and reliable storing elements, square-loop ferrites having thermally-stable properties play an important part. Square-loop ferrites of different shapes have been developed at the Research Institute for Telecommunication (Távközlési Kutató Intézet), by which information reading without erasing is rendered possible. Materials having thermally stable properties are described, and relationships between chemical composition and magnetic parameteres are shown.

DK 621.316.849

A. Mihályi:

Einige Fragen der ungarischen Forschungen über Metallschichtwiderstände von hoher Stabilität

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 8.

In dem Artikel werden die Forschungsarbeiten bezüglich der Untersuchung der, die Stabilität der NiCr Metallschichtwiderstände beeinflussenden Faktoren erörtert. Die Wirkung der Schichtzusammensetzung auf den spezifischen Widerstand, auf den Temperaturkoeffizienten und auf die Stabilität wurde sehr bedeutend gefunden. In der Funktion des NiCr Molverhältnisses wurde ein exponentieller Zusammenhang beweisbar, was mit der gesteigerter Oxidation infolge der Erhöhung des Chrominhaltes zu erklären ist. Dieselbe Erklärung gilt für die Verminderung des Temperaturkoeffizienten. Es wurden die Oxidationsprozesse auch untersucht, die sich während der Stabilisationsverhandlung der Schicht abspielten. Es wurde festgestellt, dass auch die zeitliche Stabilität von der Zusammensetzung abhängt, hauptsächlich wegen der Schutzschicht, die sich an der Oberfläche entwickelt. Ausser den oben genannten berührt der Artikel kurzdie Faktoren, welche die anderen wichtigen Eigenschaften der Metallschichtwiderstände von hoher Stabilität beeinflussen. Zuletzt werden die technischen Parameter erörtert, die während der Forschungen erreicht wurden.

DK 621.311.6:621.316.722.1 (083.57):621.382.2

K. Tomašek:

Nomogramme zur Berechnung von Stabilisierschaltungen mit Zener-Dioden

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 8.

In dem Artikel werden vier Nomogramme zum genauen und schnellen Entwurf der Spannungsstabilisierschaltungen mit Zener-Dioden erörtert. Die Anwendung der Nomogramme wird durch ein Beispiel illustriert.

DK 621.373.42.029.6:621.385.6:621.391.322.08

I. Musztács:

Messung des Geräusches von Mikrowellenoszillatorröhren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) Nr 8.

In dem Artikel werden die wichtigsten Messmethoden zusammengefasst. Diese Methoden sind die Messungen des Gesamtgeräusches, des AM + Hintergrundgeräusches und des FM + Hintergrundgeräusches. Ferner wird das Poblem der Zerlegung in Komponente behandelt und és wird bestätigt, dass es wegen der Korrelation theoretisch nicht lősbar ist. Es wird auf die praktische Methode hingewiesen, mit welcher die Zerlegung meistens doch durchführbar ist. Zuletzt wird die Messmethode der Frequenzschwankung und der Korrelation untersucht.

UDC 621.316.849

A. Mihályi:

Certain Problem of the Research of High Stability Metal Film Resistors in Hungary

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

In the paper the research work concerning the investigation of the factors influencing the stability of the NiCr metal film resistors. The influence of the composition of the layer on the specific resistance, on the temperature coefficient and on the stability was found to be considerable. An exponential relation was established as a function of the Ni/Cr mol-rate, which can be explained by the increasing oxidation associated with the increasing Cr content. The explanation applies to the decrease of the temperature coefficient as the function of the Cr contents. The oxidation phenomena in the course of the film stabilizing treatment were also investigated. It was established that the stability in time is also a function of the composition, first of all because of the protective layer developing on the surface. Besides those mentioned above the factors influencing the other important properties of high stability film resistors are briefly described. Finally the technical parameters obtained in the course of the research are presented.

UDC 621.311.6:621.316.722.1 (083.57):621.382.2

K. Tomašek:

Nomograms for the Calculation of Zener-Diode Stabilizing Circuits

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

Four nomograms are presented for the accurate and rapid design fo Zener diode voltage stabilizing circuits. The use of the nomograms is illustrated by an example.

UDC 621.373.42.029.6:621.385.6:621.391.822.08

I. Musztács:

Measurement of the Noise of Microwave Oscillator Tubes

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

In the paper the most important measuring methods of the total noise, namely AM + backround noise and FM + background noise are summarized. The problems of decomposition are dealt with and it is proved that it can not theoretically be solved, because of the correlation. It refers to the practical method by which, however, the decomposition can be performed in most cases. Finally the method of measurement of the frequency variation and correlation is examined.

Résumés

CDU 621.372.543.2.001.24:621.376.3:621.396.4

A. Baranyi:

Filtre passe-bande ayant une caractéristique de temps de transit symétrique

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

Une source essentielle des distorsions d'intermodulation des systèmes à modulation de fréquence est la fluctuation de la caractéristique de temps de transit des filtres passe-bande utilisés dans les voies de radio. L'augmentation de la distorsion est particulièrement haute en cas d'une caractéristique de temps de transit asymétrique rélativement à la fréquence porteuse. Pour cette raison les méthodes de projet, qui assurent une caractéristique de temps de transit aritméthiquement symétrique dans la bande passante avec une selectivité spécifiée, ont une grande importance. L'article expose une méthode simple pour calculer, basée sur une transformation de fréquence, avec laquelle une spécification quelconque de selectivité proche peut être satisfaite. On présente que, en applicant une fonction de transformation de troisième degré au lieu de seconde degré, le membre de premier degré de la partie antisymétrique de la caractéristique de temps de transit peut être faite zéro. De cette manière on peut obtenir une bonne symétrie dans une bande rélativement large. L'application de la méthode est présentée sur un exemple numérique concernant un filtre de fréquence intermédiaire d'un appareil à microondes multiple.

CDU 621.318.134:681.327.66'2

Mme É. Bóka:

Ferrites à cycle d'hystérèse rectangulaire fonctionnant dans un grand intervalle des températures et utilisables pour la mise en mémoire des informations

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

Les caractéristiques des ferrites à cycle d'hystérèse rectangulaire généralement utilisés varient dans une proportion relativement élevée par rapport á un changement faible de la température ambiante. Les ferrites à cycle d'hystérèses rectangulaire conservant des propriétes stables en fonction de la température environnante occupent une place importante lors de la réalisation des mémoires rapides et fiables. L'exposé traite différents éléments en ferrite à cycle d'hystérèse rectangulaire de formes speciales élaborés dans l'Institut de Recherche des Télécommunications (Távközlési Kutató Intézet) afin d'obtenir des lectures non destructives. Différents matérianx ayant des propriétés thermostables sont présentés. Des relations entre les compositions chimiques et les paramètres magnétiques sont mises á jour.

CDU 621.318.849

A. Mihályi:

Quelques questions du recherche des résistances à couche métallique de haute stabilité en Hongrie

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

L'article résume les travaux de recherche concernant essai des facteurs ayants influence sur la stabilité des résistances à couche métallique Ni Cr. L'effet de la composition de la couche sur la résistance spécifique, le coefficient de température et la stabilité a été trouvé considerable. Une rélation exponentielle en fonction du rapport mol Ni/Cr existe, explicable par l'oxydation augmentée en corrélation avec le contenu croissant de Cr. La diminuation du coeficient de température peut aussi être expliqué par la même cause. Les processus d'oxydation, qui se déroulent pendant le traitement de stabilisation de la couche ont été aussi essayés. On pouvait constaté que la stabilité en temps est aussi une fonction de la composition, principalement à cause d'une couche protective laquelle se forme sur le surface. Enfin l'article mentionne brièvement les facteurs influants autres paramètres essentiels des résistances à couche métallique de haute stabilité et donne les caractéristiques techniques obtenues au cours de recherche.

CDU 621.311.6:621.316.722.1 (083.57):621.382.2

K. Tomasek:

Nomogrammes pour le calcul des circuits de stabilisation à diodes Zener

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

L'auteur donne quatre nomogrammes pour le projet précis et rapide des circuits de stabilisation de tension à diodes Zener. L'utilisation des nomogrammes est présentée sur un exemple.

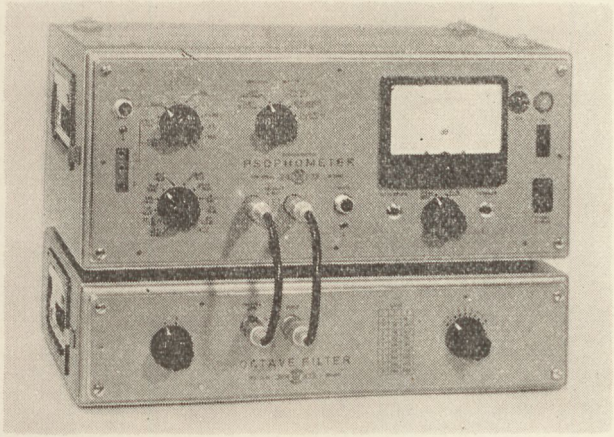
CDU 621.373.42.029.6:621.385.6:621.391.822.08

I. Musztács:

Mesure du bruit des lampes oscillatrices pour microondes

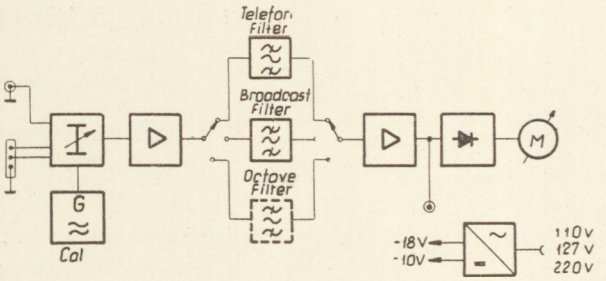
HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XVIII. (1967) No 8.

L'article résume les méthodes de mesure les plus importantes, c'est-à-dire les mesures du bruit total, du bruit AM + bruit de fond et du bruit FM + bruit de fond. La question de décomposition est exposée et il est présenté, que sa solution est impossible en principe à cause de la corrélation. Une méthode pratique est présentée, laquelle est tout de même apte pour la décomposition dans la majoriré des cas. Enfin les méthodes de mesure de la variation de fréquence et de la corrélation sont présentées.



Tranzisztoros
PSOPHOMETER

Zajfeszültségek mérésére és analízisére szolgáló műszer, mely kielégíti a CCITT legújabb ajánlásait (1960. Róma). Ennek megfelelően kiválóan alkalmas műsortovábbító és telefonberendezések vizsgálatára.



MŰSZAKI ADATOK:

Frekvencia tartomány:	15 Hz — 20 kHz
Lineáris torzítás:	± 0.5 dB
Mérési tartomány	100 μV — 10 V
11 fokozatban:	— 80 db-től 20 dB
Legkisebb leolvasható feszültség:	20 μV

BEMENŐ IMPEDANCIÁK:

Szimmetrikus:	600 Ohm ± 2 %
	> 10 kOhm
Aszimmetrikus:	≧ 100 kOhm
Fogyasztás:	5 VA

Gyártja: ELEKTRONIKA
Budapest, VII., Klauzál u. 30.
Telefon: telefonkönyv 31. oldal

1891 75 KMM 1966

MAGYAR KÁBEL MŰVEK

IGAZGATÓSÁG ÉS KÖZPONTI GYÁR

Budapest, XI., Budafoki út 60 • Telefon: 466-770, 266-670

ZOMÁNCHUZALGYÁR
Budapest, XI., Hunyadi J. út 1.
Telefon: 268-930

SZEGEDI KÁBELGYÁR
Szeged, Huszár út 1.

GYÁRTMÁNYOK:

- Erősáramú szigetelt vezetékek
- Jelző, mérő, működtető kábelek
- Erősáramú kábelek 1—35 kV-ig
- Alumínium és acél-alumínium szabadvezetékek
- Tekercselő huzalok
- Switch-kábelek
- Gumitömlő-kábelek
- Híradástechnikai vezetékek
- Távkábelek
- Távbeszélő kábelek
- Hajókábelek
- Szigetelt zománchuzalok
- Mikroszeparátor lemezek
- Zárt-acélkötelek
- Hullámosított lemezek
- Kábeldobok

TRAFO KTSZ

TRANSZFORMÁTOR KTSZ

Budapest, VII., Nefelejts utca 39. Telefon: 428-969, 228-401

Nagyfeszültségű készülékek:
anyagvizsgáló röntgenberendezések
elektrosztatikai készülékek

Feszültség gyorsszabályozók:
váltakozó áramú stabilizátorok
generátor gyorsszabályozók

Feszültségszabályozók:
kézi, motoros és automatikus működésű mozgótekercses vagy toroidrendszerű szabályozó berendezések

Transzformátorok:
egy- és háromfázisú sorozat, különleges transzformátorok, valamint híradástechnikai transzformátorok

HAGY VÁC

HÍRADÁSTECHNIKAI ANYAGOK GYÁRA

VÁC, ZRÍNYI UTCA 1

Ferrit lágymágneses alkatrészek: fazékmagok, árnyékoló serlegek, E-magok, U-magok, eltérítő gyűrűk, antennarudak, menetes magok, ferrit rudak.

Transzformátor alkatrészek, lemezmaglapok, köpeny transzformátorokhoz és fojtótekercsekhez: tekercselt vágott vasmagok, csévetestek, hálózati, valamint hangfrekvenciás transzformátorok és fojtótekercsek.

Fénycsőfojtók.

Nyomtatott áramköri huzalozású lemezek.

Töltött és töltet nélküli forrasztóónok.

ЛУЧ-1
К-ЗМ
ЛУЧ-10

A laser-sugár megméri a távolságot a Holdig.
Azonban még sok a tennivalója a Földön is.

A V/O „TECHMASHEXPORT" által ajánlott K-ZM és Sugár-1 üzembiztos és univerzális laserberendezések elgőzölögtetik, megmunkálják és meghegesztik a legkülönbözőbb keménységű anyagokat.

A széles határok közt változtatható sugárzó energia 0,001-től 5 joule-ig, és az impulzus nagyság 0,8-tól 8 m/mp-ig lehetővé teszi felhasználását az elektroiparban, biológiában és a finommechanikában.

Elegáns formájukkal kitűnően beilleszkednek a korszerű laboratóriumok és üzemi helyiségek stílusába.

Rendeléseikkel forduljanak az alábbi címre:

V/O **TECHMASHEXPORT**

Szovjetunió, Moszkva B-330
Moszfilm u. 35.

И 012009

A moszkvai Osztankinóban, a világ legmagasabb televíziós tornyának építkezésén szovjet gáz lasereket alkalmaznak.

Ezeket sikeresen használják a tudomány és a technika olyan ágaiban mint: fizika, orvostudomány, geodézia, rádióelektronika.

Ajánlunk Önöknek néhány gáz laser-típust széles mérési határokkal:

Teljesítmény 2—25 mW

Sugár széttartás szöge 1—15 szög/perc.

A műszerek jól működnek nagy por- és nedvességtartalmú körülmények között.

Minden kérdéssel forduljanak az alábbi címre:

SZOVJETUNIÓ, MOSZKVA V-330. MOSZFILM U. 35.

V/O TECHMASHEXPORT