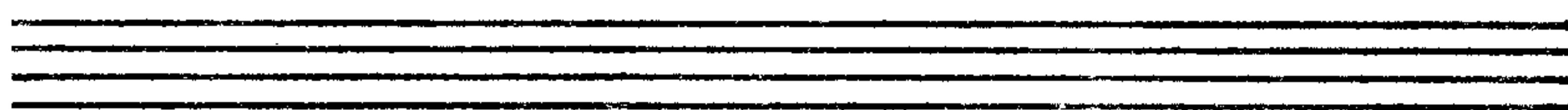


HÍRADÁS- TECHNIKA



A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA

3

TARTALOM

DR. GRAD JÁNOS: A mintavételes fázisszinkronizáció	65
Színes Televízió Vételtechnikai Szeminárium	71
LACZKÓ BÉLA—ÚJVÁRI ANDRÁS—DÁVID BÉLA: Az átmeneti ellenállás változásának mérése — módszer a kötések degradációjának vizsgálatára	72
25 éves a HIKI	78
Az 1977. évi tartalomjegyzék	79
2. Elektromágneses Kompatibilitás Szimpózium	80
Lézer fényforrások kutatása és alkalmazása Magyarországon (Jánossy Mihály)	81
Egyesületi hírek	83
Puskás Tivadar Díjasaink	84
Pollák—Virág Díjasaink	84
Az 1977. évi Diplomaterv Pályázat Díjnyertesei	84
Az 1977. évi Szakdolgozat Pályázat Díjnyertesei	84
Beszámoló a „4. Megbízhatóság az elektronikában” szimpóziumról	85
DR. FÖLDVÁRI RUDOLF: Hibridintegrált aktív transzformátorok és zajviszonyaik	89
Szenle	82, 94
Tartalmi összefoglalások	96
Обобщения	96
Zusammenfassungen	B/3
Summaries	B/3
Résumés	B/3

Operatív szerkesztő bizottság: BOGLÁR GYULA szerkesztő, BALOGH PÁL,
DR. FLESCHE ISTVÁN, MAY PÉTER, MÉREY IMRÉNÉ. — Szerkesztőségi
és kéziratokkal kapcsolatos ügyekben felvilágosítást ad: SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ.
Telefon: 495-098

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Boglár Gyula. Szerkesztőség címe: 1055 Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. Telefon: 113-027. Kiadja:
a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin krt. 9—11., telefon: 221-285. Levélcím: 1900 Budapest, Pf. 223. Felelős kiadó: Siklósi
Norbert. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Köz-
ponti Hírlapirodánál (KHI, 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI
215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 36 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára 6 Ft. Megjelenik havonta.
A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149



78.2297 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

HU ISSN 0018—2028

Index: 25 375

DR. GRAD JÁNOS
Távközlési Kutató Intézet

A mintavételes fázisszinkronizáció

ETO 621.316.727.072.9:521.376.4

Elektronikus áramköri rendszerek létrehozásánál az utóbbi években mind nagyobb szerephez jutottak a fázisszinkronizált áramkörök, a fázisban visszacsatolt rendszerek, a fáziszárt hurkok. (Angol kifejezéssel: phase locked loop, PLL; automatic phase control, APC.) Ezek az áramkörök kitűnnek sokoldalú felhasználhatóságukkal. Alkalmazási területük a demodulátor áramköröktől és vivőszűrőktől a fordulatszám-szabályozásig és frekvenciastabilizálásig terjed. Számos olyan feladat is megoldható PLL-áramkörökkel, ami más módszerrel bonyolultabb, vagy gyengébb minőségű megoldás lenne.

Bár valamennyi PLL-áramkör — alapelveit tekintve — azonos működésű, a sokrétű felhasználás megköveteli, hogy adott esetben bizonyos PLL-paraméterekre sajátos követelményeket szabjunk. Az adott célnak megfelelő PLL-áramkörök fejlesztése pedig már létre is hozta a fázisszinkronizált áramkörök sajátos kategóriáit.

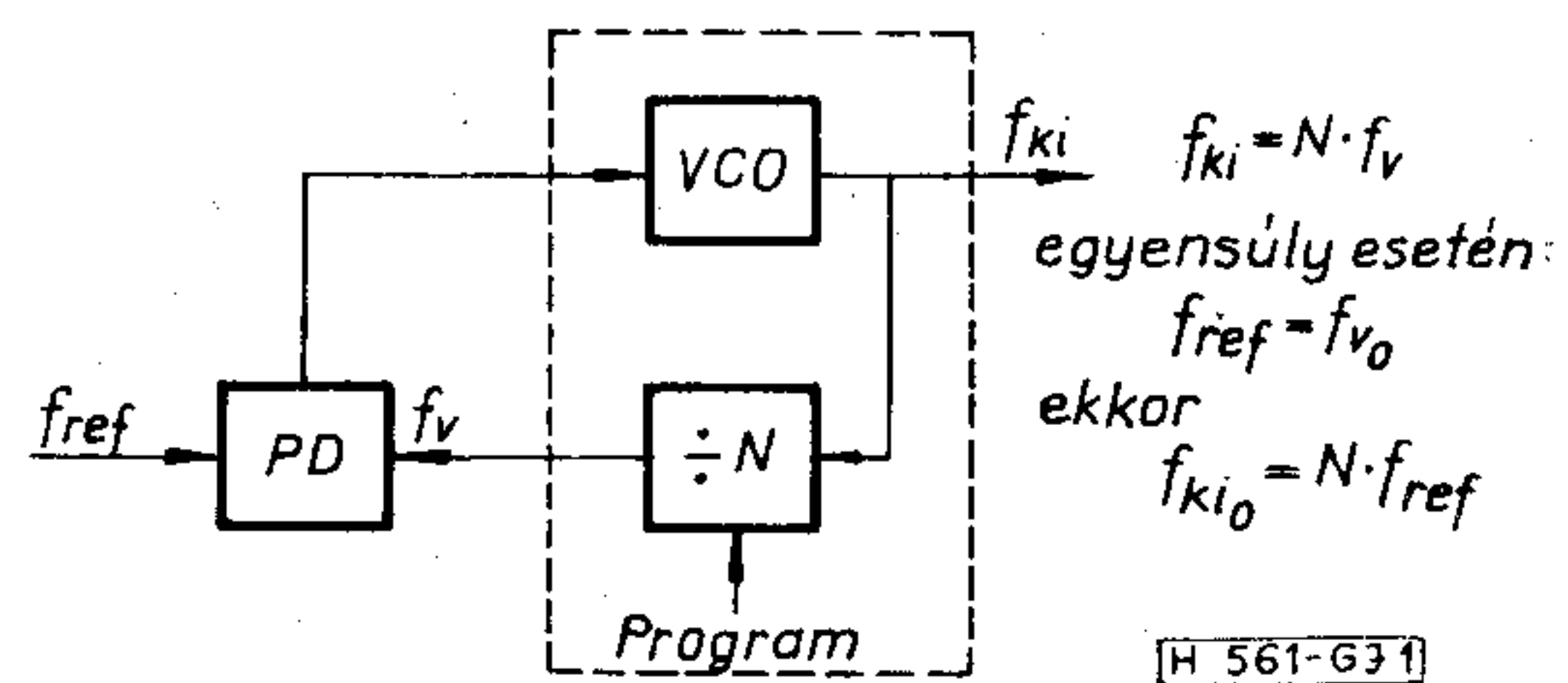
1. Alapvető szintéziskörök

A következőkben olyan fázisvisszacsatolt áramköröket tárgyalunk, amelyeknek jellegzetes felhasználásuk frekvencia-szintetizátoroknál van. A PLL-áramkörök a frekvencia-szintetizátorok alapáramkörei. Segítségükkel mód van arra, hogy frekvenciát megszorozzunk egy adott N állandóval (1. ábra), illetve lehetőség nyílik két frekvencia összeadására (2. ábra).

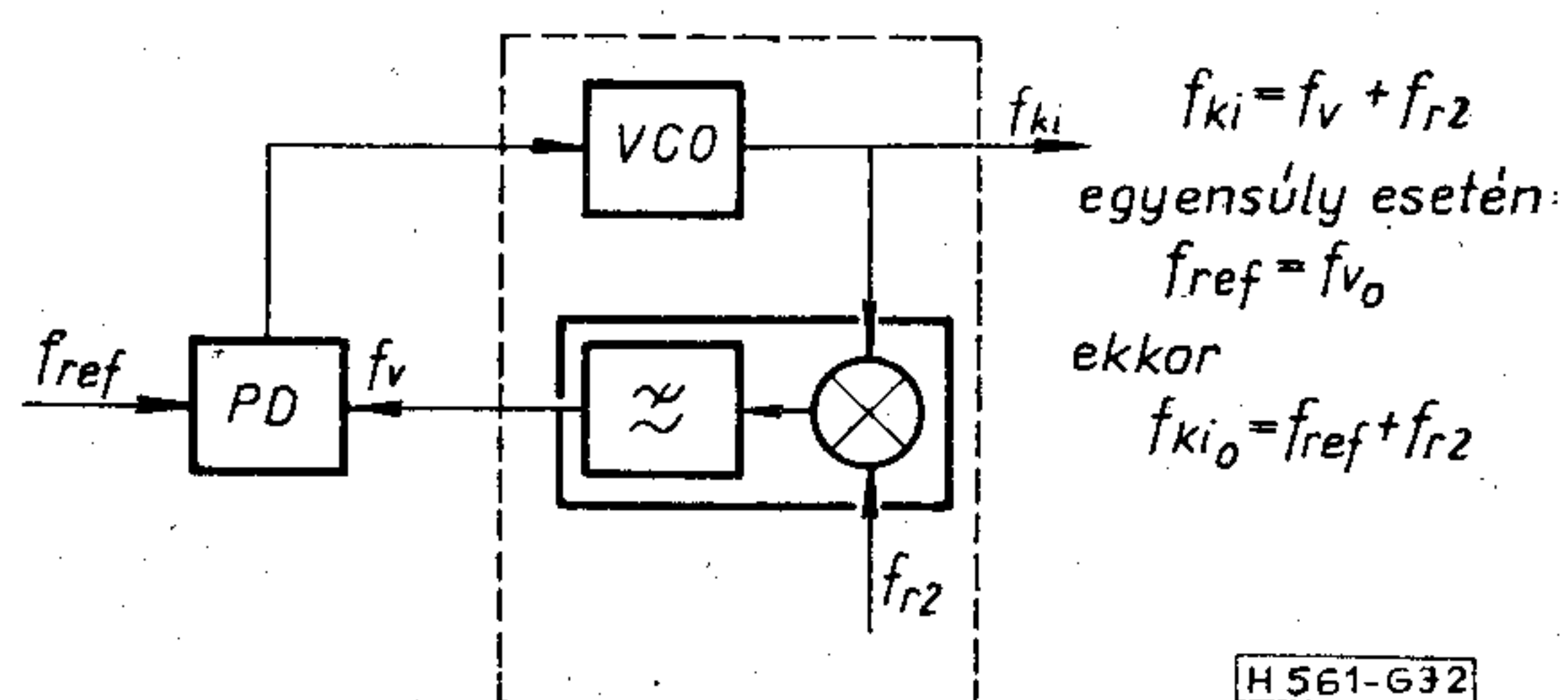
Mint minden PLL-körnek, úgy az 1. és 2. ábrán látható alapvető szintézisköröknek is lényeges része egy feszültségvezérelt oszcillátor (voltage controlled oscillator, VCO), valamint egy fázisdetektor (phase detector). Mint minden PLL-körben, itt is az a stabil egyensúlyi állapot ismérve, hogy a PD-fázisdetektor kimenetén a feszültség állandó, nem ingadozik. Állandó meghajtófeszültség hatására a VCO kimeneti f_{ki} frekvenciája is állandó lesz. Ebből az f_{ki} frekvenciából az 1. ábrán leosztás révén, a 2. ábrán lekeverés útján hozzuk létre az f_v visszacsatoló frekvenciát.

Egyensúlyi helyzetben f_v feltétlenül megegyezik f_{ref} -vel, hiszen állandó, nem változó fáziskülönbség csakis frekvenciaegyezés esetén lehetséges. A fáziskülönbség pedig feltétlenül állandó, hiszen egyensúlyi helyzetről beszélünk, amikor a fázisdetektor kimenő feszültsége konstans.

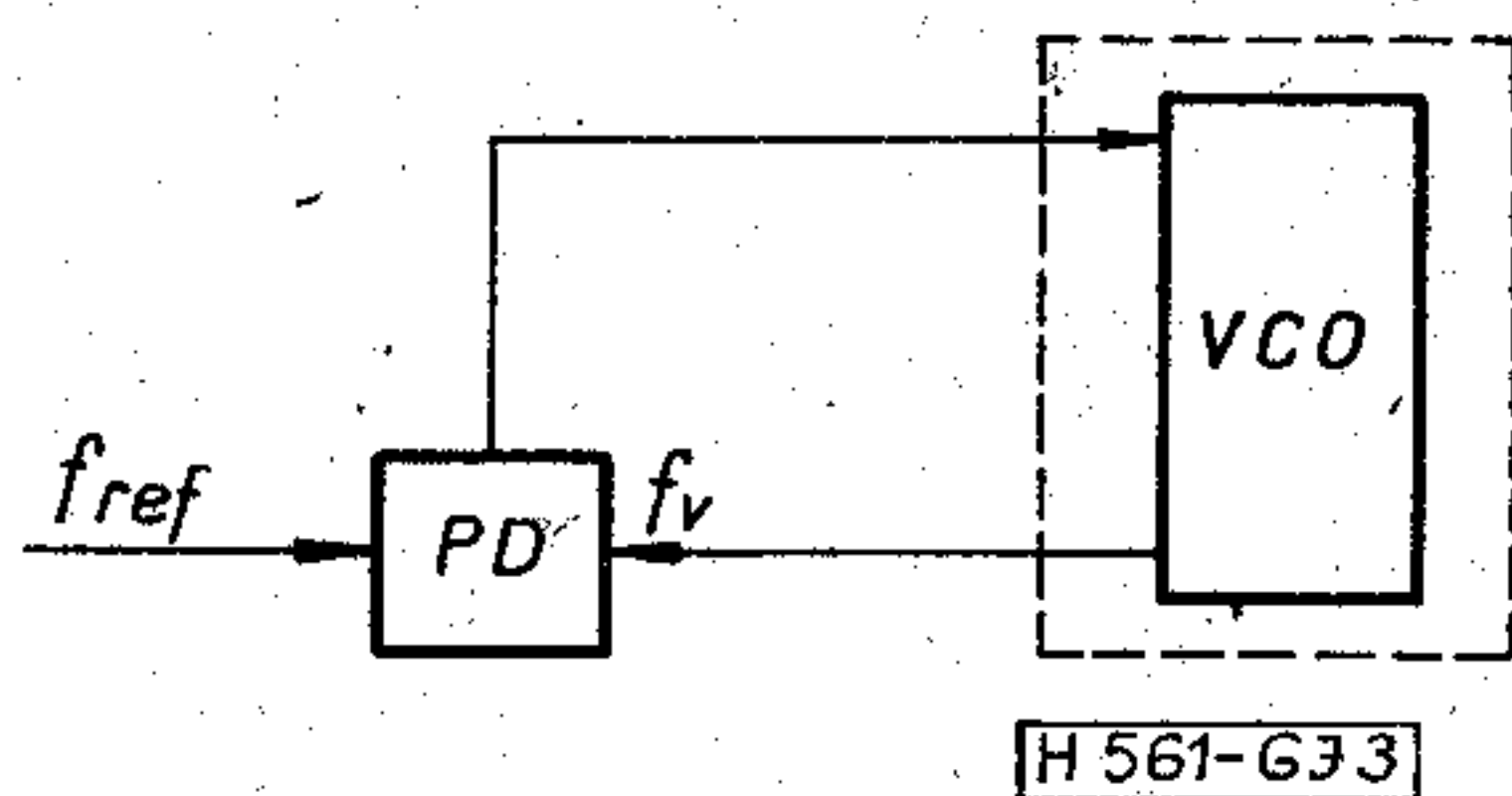
Megjegyzendő még, hogy a szabályozási kör nem törekszik a zérus fázishiba beállítására, hanem egy jól meghatározható fáziseltérést hoz létre f_{ref} és f_v között. A fáziseltérés akkora, hogy az általa előállított VCO meghajtófeszültség éppen az egyensúlyi állapotnak megfelelő f_{ki} kimenőfrekvenciát kelti. Amennyiben az 1. ábra szerinti körben az N osztási modulust, ill. a 2. ábra szerint f_{r2} referenciafrekvenciát változtatjuk, f_{ki} kimenőfrekvenciának meg kell változni, de az $f_{ref} = f_v$ frekvenciaegyenlőség továbbra is megmarad. f_{ki} megváltozásának közvetlen oka a fázisdetektor kimenőfeszültségének változása, ez viszont az f_{ref} és f_v közti fáziskülönbség megválto-



1. ábra



2. ábra



3. ábra

zására vezethető vissza. Összefoglalóan elmondható, hogy szintézisköröknél a fázisszabályozás állandó fáziskülönbséggel (fázishibával) stabilizálódik.

Az 1. ábrán a VCO-t és a frekvenciacsökkentő áramkört (jelen esetben a programozható osztót a programforrással együtt) szaggatott vonallal körülhatárolt blokkban helyeztük el. Ugyanígy a 2. ábrán is elkülönítettük a VCO-t és a frekvenciacsökkentő áramkört. (A frekvenciacsökkentő áramkör most egy keverő aluláteresztő szűrővel, valamint az f_{r2} referenciafrekvenciát létrehozó generátor.)

Az elkülönített blokk végeredményben tekinthető egyetlen fiktív VCO-nak is. Így a 3. ábrához jutunk. Az összevonás lehetővé teszi különböző felépítésű és viszonylag bonyolult szintéziskörök egyöntetű tárgyalását a 3. ábra szerinti egyszerű modell alapján.

2. Gyors frekvenciaszintézis

Amennyiben a PLL-kört frekvenciaszintetizátor részarámköröként használjuk, felvetődik a működési sebesség kérdése. A frekvenciaszintetizátor olyan jelgenerátor, amelynek frekvenciája numerikusan, esetleg távvezérléssel beállítható. Lényeges, hogy a vezérlési parancs beérkezése után röviddel a kimeneti frekvencia már ráálljon a kívánt értékre. Ha a beállási idő elegendően rövid, a szintetizátor sweep-generátorjelleggel is működhet. Ebben az esetben a vezérlés numerikus értékei gyors ütemben növekednek, ennek hatására a kimenőfrekvencia a vezérlésnek megfelelően növekszik és átsöpri a kívánt frekvenciasávot.

Vizsgáljuk meg, milyen körülmények között csökken le a PLL-körök beállási ideje olyan mértékben, hogy ezek az áramkörök gyors működésű frekvenciaszintetizátorokban felhasználhatók legyenek. Alapvető követelmény, hogy a PLL-körben a jelek futási ideje — késleltetése — a lehető legkisebb legyen. Más szóval, a 3. ábra modelljét véve alapul, a VCO-oszcillátor f_0 kimeneti frekvenciájának változását a PD-fázisdetektor a legrövidebb időn belül észlelje és hatására megfelelő kimeneti egyenfeszültséget produkáljon. Másfelől viszont a fázisdetektor kimeneti egyenfeszültségének változásait a VCO késlekedés nélkül kövesse és megfelelő f_0 kimenőfrekvenciát szolgáltatson.

Késleltetésmentes fázisdetektorról akkor beszélünk, ha a fázisdetektor kimenő köre nem tartalmaz frekvencia-aluláteresztő tulajdonságú elemet, vagyis integráló, szűrő, energiatároló tagot. Amennyiben a fázisdetektor kimenő körében, vagy a fázisdetektort követően kompenzáló kör gyanánt energiatároló lenne elhelyezve, úgy ez az energiatároló bizonyos fajta memóriaként működne: őrizné egy ideig a fázisdetektorra kerülő fázisinformációkat.

3. Mintavételes fázisdetektor

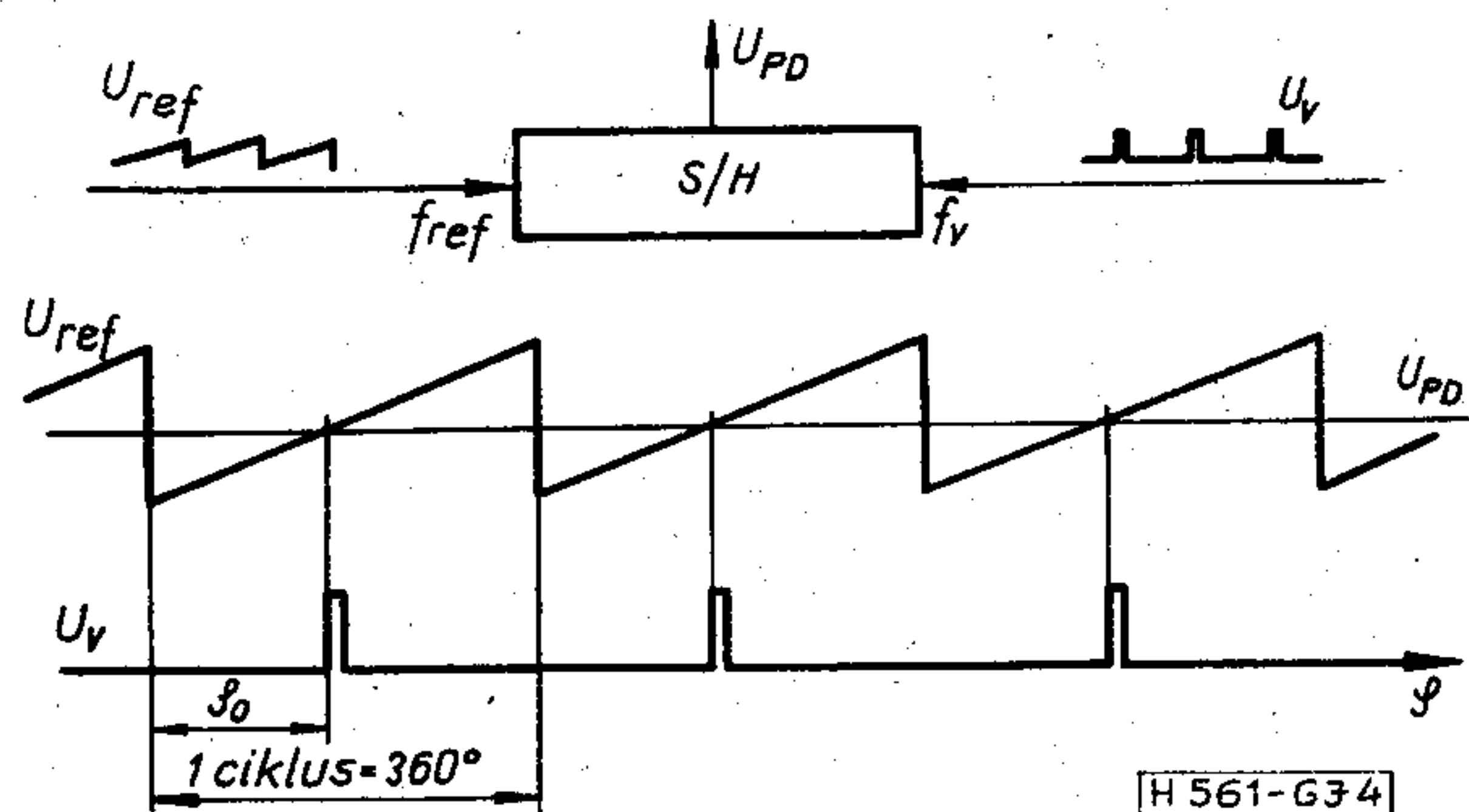
Gyors működésű PLL-körbe memóriamentes fázisdetektor céljaira egy ún. mintavevő-tartó áramkör (sample and hold, S/H) alkalmazása kínálkozik. A mintavevő áramkör a következő módon működik: Két bemenete van, egy analóg jebemenet és egy mintavevő bemenet. A mintavevő bemenetre nagyon keskeny impulzustűk sorozatát kell adni. Az impulzustű tartama alatt az áramkör mintát vesz az analóg bemenet jeléből. A mintavett jel a kimenetre kerül. A kimeneten a mintavételi jelszint megmarad a következő mintavétel pillanatáig. Ekkor megváltozik a kimeneti jelszint, felveszi az analóg bemeneti jelnek azt az értékét, amit az újabb mintavétel pillanatában az éppen viselt.

Ez a mintavevő (S/H) áramkör jól felhasználható lineáris, memóriamentes fázisdetektorként. Adjunk az analóg bemenetre lineárisan emelkedő fűrészjelet, amelynek frekvenciája a PLL-kör referenciafrekvenciájával egyenlő, vagyis f_{ref} . A mintavevő bemenetre a PLL-kör f_0 frekvenciájú visszacsatoló jele kerüljön keskeny impulzussorozat formájában. A fázis-visszacsatolt hurok egyensúlya esetén a mintavevő impulzus beérkezésének φ_0 fázishelyzete az f_{ref} frekvenciájú fűrészjel lefutó éléhez képest változatlan marad, tehát állandó lesz a mintavevő kimenőfeszültsége. Egy másik φ fázishelyzethez másik kimenőfeszültség tartozik. A lehetséges fázishelyzet egy teljes ciklus ($0^\circ \dots 360^\circ$) fázistartományának bármely értékét felveheti és a fázishelyzettel lineáris kapcsolatban álló kimenőjelet szolgáltat (4. ábra).

4. Mintavételes fáziszárt hurok

A fáziszárt hurok működése nagy mértékben függ az alkalmazott fázisdetektor felépítésétől. Az idevonatkozó irodalom részletesen tárgyalja a szorzókeverő jellegű fázisdetektorokat [1], [2], [3], foglalozik egyenirányító jellegű (diódás) fázisdetektorokkal [4], valamint logikai elemekkel és töltés-utánhúzóval ellátott kapcsolásokkal [5]. E megoldásoknál a fázisdetektor mindig el van látva aluláteresztő szűrővel, vagy töltés-utánhúzóval, tehát energiatárolóval. A kimenőjel változása mindig folytonos, a PLL-kör működését differenciálegyenlet írja le. Az elméleti irodalom végeredményben ezen differenciálegyenlet vizsgálatát adja.

A mintavételező fázisdetektor kimenőjele nem folytonos, így modellünk szerint a VCO kimenőfrekvenciája, f_0 is ugrásszerűen változik a mintavételek pillanataiban.



4. ábra

natában. A teljes fáziszárt hurok dinamikáját a szakaszos működés miatt nem differenciál-, hanem differenciaegyenlet írja le.

A következőkben írjuk fel a mintavételező fáziszárt hurok működési egyenletét.

5. Egységválasztás, normalizálás

A hurokműködést leíró körjellemzők számának csökkentése végett válasszunk megfelelő frekvencia-, idő- és fáziségeket.

A frekvenciaegység legyen azonos az f_{ref} referenciafrekvenciával.

Az időegység legyen a referenciajel periódusideje:

$$f_{\text{ref}} = 1; \quad T_{\text{ref}} = \frac{1}{f_{\text{ref}}} = 1.$$

Fázisszögegységnek a teljes 360° -os ciklust választjuk. Az 5. ábra diagramján a független változó tengelyére vigyük fel a t időt oly módon, hogy a $t=0$ origópont a referenciafűrés egyik visszafutó élével essék egybe. Időegység-választásunk miatt a fűrés-visszafutásokhoz tartozó időérték mindig egész szám lesz. Fűrés-visszafutás a $t=0, 1, 2, \dots$ időpontokban következik be. A referencia fűrészel tehát periodikus függvény, mégpedig egységválasztásunk miatt 1-ben periodikus.

Az egy perióduson belüli fázisállapotot jelölje φ . Értelmezési tartománya a $[0, 1)$ alulról zárt, felülről nyílt intervallum. A referenciafeszültség pillanatértéke φ lineáris függvénye. A fűrészfeszültség minimumhelye $\varphi=0$ -nál:

$$U(\varphi=0) = U_m.$$

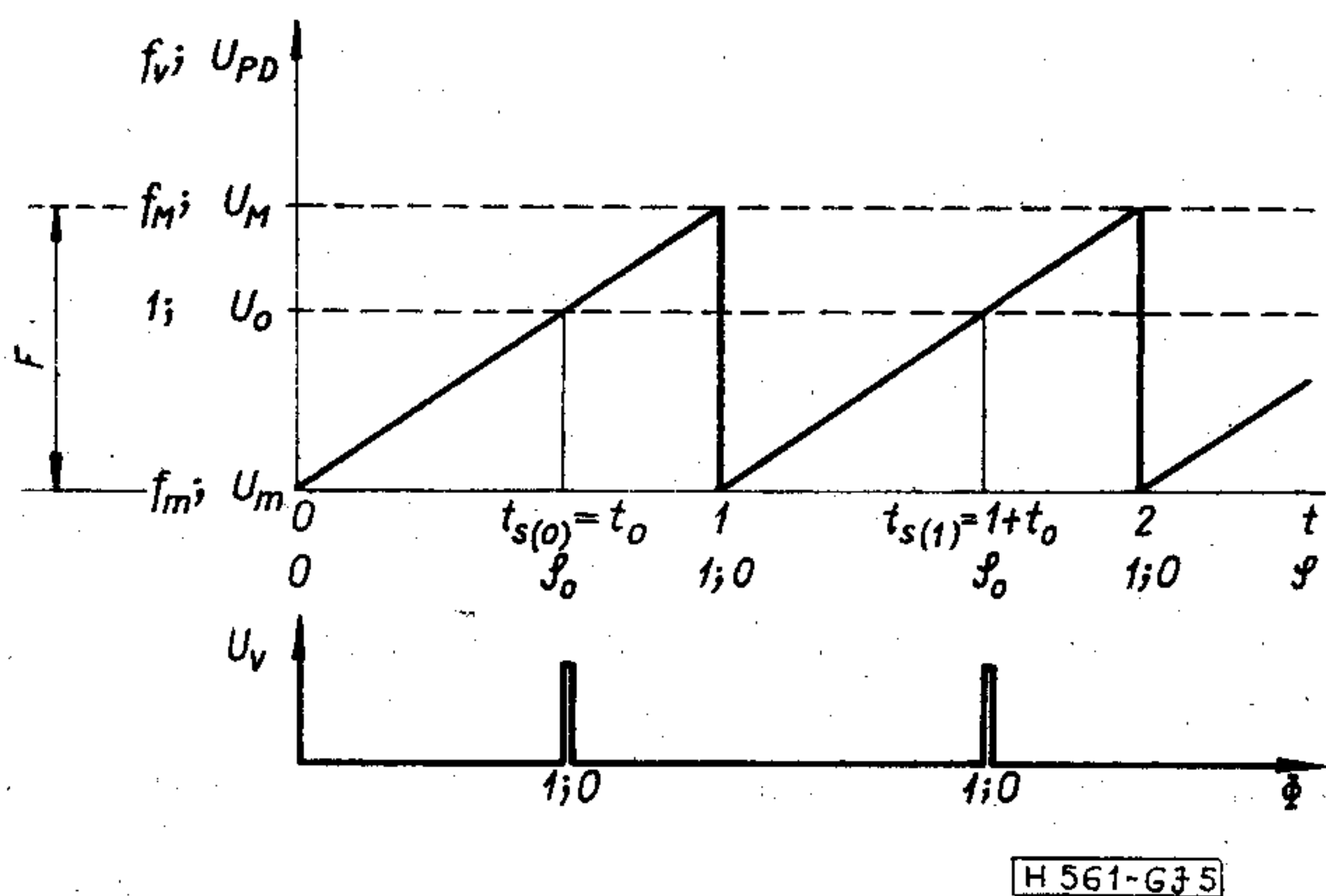
A fűrészfeszültség maximumhelye, ha φ megközelíti a $\varphi=1$ értéket (fel nem veheti, hiszen az intervallum felülről nyílt):

$$\lim_{\varphi \rightarrow 1} U(\varphi) = U_M.$$

φ fázisszög egyértelműen kapcsolódik a referencia fűrészfeszültséghez, ezért referencia fázisszögnek nevezzük. A folyó t idő és a φ közötti kapcsolat:

$$\varphi = t - \text{int } t, \quad (1)$$

ahol az $\text{int } t$ művelet t egész részének képzését jelenti.



5. ábra

A fűrészfeszültség lefolyása és a referencia fázisszög között lineáris a kapcsolat:

$$U(\varphi) = U_m + (U_M - U_m)\varphi. \quad (2)$$

Hurokegyensúly esetén periódusról periódusra mindig ugyanannál a φ_0 fázisszögnél történik a mintavétel, a fűrészelből mintavett feszültség értéke: U_0 . Ez az egyensúlyi feszültség jelenik meg mintavételről mintavételre a fázisdetektor kimenetén és ez kerül rá a VCO bemenetére. Hatására a VCO f_v visszacsatoló frekvenciát bocsát rá a fázisdetektorra. Ha a mintavétel a fűrészel minimumánál, U_m feszültségnél történik, a visszacsatoló frekvencia f_m lesz, míg a maximális U_M feszültséghez f_M frekvencia tartozik.

Egy általános helyzetű mintavételhez $U(\varphi)$ mintavett feszültség tartozik, ez a feszültség a VCO által a visszacsatoló ágban f_v frekvenciát hoz létre. Egyensúlyi, φ_0 helyzetű mintavételhez U_0 mintavett feszültség, ehhez pedig f_v frekvencia tartozik. Egyensúly esetén: $f_v = f_v = f_{\text{ref}}$. Az egységválasztás miatt $f_{\text{ref}} = 1$, így $f_v = 1$.

A nagyságviszonyokra nézve: $f_m \leq 1$ (egyenlőség akkor van, ha $\varphi_0 = 0$) és $f_M > 1$, továbbá a bal oldali határértékre:

$$\lim_{\varphi \rightarrow 1} f_v = f_M = 1.$$

A későbbiekben szükség lesz az

$$F = f_M - f_m \quad (3)$$

különbségre, amit frekvenciaviszonynak fogunk nevezni.

6. Kapcsolat a frekvencia és fázis között

A (2) összefüggés a fázishelyzet és a fázisdetektor kimenőfeszültsége közti kapcsolatot mutatja. A feszültséggel a VCO-t kívánjuk megfelelő kimenőfrekvenciára vezérelni. Az $U(\varphi)$ feszültségre — mint közbülső mennyiségre — a későbbiekben nincs szükség, a φ fázisszög segítségével közvetlenül kifejezhető a VCO frekvencia:

$$f_v = f_m + (f_M - f_m)\varphi = f_m + F\varphi. \quad (4)$$

Speciálisan, egyensúlyi állapotban, amikor $f_v = f_v = 1$ és $\varphi = \varphi_0$:

$$1 = f_m + F\varphi_0. \quad (5)$$

Innen megállapítható az adott F frekvenciaviszonyhoz tartozó egyensúlyi φ_0 fázisszög:

$$\varphi_0 = \frac{1 - f_m}{F}. \quad (6)$$

Az 5. ábra diagramján a mintavétel egyensúlyi állapotban történik, mindig φ_0 referencia fázisszög mellett. Jelöljük a mintavételezések időpontját $t_{s(i)}$ módon, ahol az i index az i -edik mintavételezést jelenti. Az egyensúlyi helyzetű mintavételezés jele: $t_{s(0)}$. Az 5. ábra szerint az egyensúlyi mintavételezés a

$$t_{s(0)} = t_{s(0)} = t_0 \text{ (a 2. egyenlőség } t_0 \text{ definíciója)}$$

$$t_{s(1)} = t_{s(1)} = 1 + t_0$$

$$t_{s(2)} = t_{s(2)} = 2 + t_0$$

$$\dots\dots\dots$$

$$t_{s(i)} = t_{s(i)} = i + t_0$$

$$\dots\dots\dots$$

időpillanatokban történik.

A mintavételt bizonyos t_s időpillanatokban a visszacsatoló ágból beérkező impulzustűk hozzák létre. Miként a referenciajel egy teljes periódusához hozzáilleszthetünk egy φ fázisállapotot, úgy a visszacsatolt jelhez is hozzáilleszthetünk egy Φ fázishelyzetet. Φ neve: visszacsatoló fázis. Értelmezési tartománya a $[0, 1)$ alulról zárt, felülről nyílt intervallum.

Az i -edik mintavétel $t_{s(i)}$ pillanatában $\Phi = 0$. Ezután az idő múlásával Φ monoton növekszik, amíg a $\Phi = 1$ értéket meg nem közelíti. Φ értelmezési tartománya felülről nyílt intervallum lévén, a $t_{s(i+1)}$ időpontban $\Phi = 1$ nem jöhet létre, helyette visszabillenés történik $\Phi = 0$ -ra. A visszabillenéssel egyidőben újabb mintavétel zajlik le.

Mivel Φ visszacsatoló fázis a VCO kimenőjének jellemzője, annak frekvencia-idő függvényéből, $f_v(t)$ -ből származtatható:

$$f_v(t) = \frac{d}{dt} \Phi(t) \quad t \neq t_{s(i)}.$$

Innen integrálással:

$$\Phi(t) = \Phi(t_a) + \int_{t_a}^t f_v(\tau) d\tau,$$

ahol t_a az integrálás kezdő ideje. A kifejezés t -ben folytonos és monoton növekedő. Így Φ egy bizonyos t_s időpontban eléri, aztán meg is haladja a $\Phi(t_s) = 1$ értéket. Azonban a $t = t_s$ időpontban mintavétel történik, így ekkor Φ visszabillen a $\Phi(t_s) = 0$ fázishelyzetbe és a növekedés újra kezdődik. Ez a függvénykonstrukció úgy hozható létre, ha a fenti határozott integrál tört részét képezzük:

$$\Phi(t) = \left(\Phi(t_a) + \int_{t_a}^t f_v(\tau) d\tau \right) - \text{int} \left(\Phi(t_a) + \int_{t_a}^t f_v(\tau) d\tau \right). \quad (7)$$

A (7) összefüggés a VCO-ból eredő f_v visszacsatoló frekvencia és az általa eredményezett Φ visszacsatoló fázis közti kapcsolatot írja le.

7. Mintavételezés

Φ hatására mintavétel történik a megfelelő $t_{s(i)}$ időpontban. Két mintavétel között (ugyanabban a mintavételi ciklusban) f_v értéke nem változik, hiszen f_v csakis mintavétel alkalmával vehet fel újabb értéket. Így, amennyiben a (7) egyenletnél olyan t_a kezdőidőt választunk, amelynél

$$t_{s(i)} \leq t_a < t_{s(i+1)},$$

és az integrálás felső határával nem érjük el a következő mintavétel idejét, vagyis

$$t_a \leq t < t_{s(i+1)},$$

akkor újabb mintavétel nem történik. Ebben az intervallumban végezve a műveleteket, (7) második tagja elhagyható:

$$\text{int} \left(\Phi(t_a) + \int_{t_a}^t f_v(\tau) d\tau \right) = 0.$$

(7) első tagjánál f_v -nek az i -edik mintavételi ciklusban felvett, és ezen cikluson belül állandó értékét jelöljük $f_{v(i)}$ -vel. Ezt az állandót integrálva:

$$\Phi(t) = \Phi(t_a) + f_{v(i)}(t - t_a), \quad (8)$$

ahol

$$t_{s(i)} \leq t_a \leq t < t_{s(i+1)},$$

$$\Phi(t_{s(i)}) = 0.$$

(8)-ből kiszámítható az újabb, $(i+1)$ -edik mintavétel időpontja, $t_{s(i+1)}$. Ekkor ugyanis (8)-ban $\Phi(t)$ felveszi $\Phi(t_{s(i+1)}) = 1$ értéket.

$$t_{s(i+1)} = t_a + \frac{1 - \Phi(t_a)}{f_{v(i)}}. \quad (9)$$

Megjegyzendő, hogy a (7) kifejezésben alsó integrálási határnak többnyire $t_a = t_{s(i)}$ érték választandó. Ekkor (9) így egyszerűsödik:

$$t_{s(i+1)} = t_{s(i)} + \frac{1}{f_{v(i)}}. \quad (10)$$

Most már rendelkezésünkre állnak azok az egyenletek, amelyeknek segítségével a mintavételező fáziszárt hurok tárgyalható.

8. Induló folyamat

Nézzük az időfolyamat menetét. Indítsuk a folyamatot t_a pillanatban, tehát (1) szerint a

$$\varphi_a = t_a - \text{int } t_a, \quad (11)$$

referenciafázis helyzetből a nem összetartozó Φ_a, f_{va} értékekkel. A legelső mintavétel ($i=0$) időpontja (9) szerint számítható:

$$t_{s(0)} = t_a + \frac{1 - \Phi_a}{f_{va}}. \quad (12)$$

A mintavétel pillanatában felvett referencia fázishelyzet (1) alapján:

$$\varphi_{(0)} = t_{s(0)} - \text{int } t_{s(0)}. \quad (13)$$

A mintavétel a referencia fűrészjel $\varphi_{(0)}$ fázisánál történik. Ez a mintavétel (4) szerint

$$f_{v(0)} = f_m + F\varphi_{(0)}, \quad (14)$$

frekvenciát fog eredményezni. $f_{v(0)}$ frekvenciával rezeg a VCO a következő mintavételig, ami a $t_{s(1)}$ időpontban következik be. Ez az időpont már nem (9)-ből, hanem (10)-ből számítható, hiszen az előző ciklus mintavétellel fejeződött be. Az új ciklusnál az időszámítás a $t_a = t_{s(0)}$ mintavételi értéknél kezdődik:

$$t_{s(1)} = t_{s(0)} + \frac{1}{f_{v(0)}}.$$

A referencia fázishelyzet (1)-ből:

$$\varphi_{(1)} = t_{s(1)} - \text{int } t_{s(1)}.$$

A folyamat így megy tovább magasabb i indexértékek mellett is. Összefoglalva: Induló folyamatnál a (11), (12) és (13) egyenlet használandó.

9. Alapegyenlet rendszer

Folyamatos mintavételezésnél ($i=0, 1, 2, \dots$) rendre felhasználható a (10), (15), (16) egyenlet. Megjegyzendő, hogy (15) és (16) egyenletek az (1) és (4) egyenlet ($i+1$) indexű alakja.

$$t_{s(i+1)} = t_{s(i)} + \frac{1}{f_{v(i)}}, \quad (10)$$

$$\varphi_{(i+1)} = t_{s(i+1)} - \text{int } t_{s(i+1)}, \quad (15)$$

$$f_{v(i+1)} = f_m + F\varphi_{(i+1)}. \quad (16)$$

Így az i -edik mintavétel adataiból kiszámíthatók az $(i+1)$ -edik mintavétel adatai.

A (10), (15), (16) differenci egyenletekből álló egyenletrendszer analízisével a mintavételező fázisszinkronizált kör tulajdonságai részletesen elemezhetők. Az egyenletrendszerben csak egyetlen körparaméter szerepel: az F frekvenciaviszony. Így valamennyi kördinamikai tulajdonság F függvénye lesz.

A nagy jelű analízis bonyolult és hosszadalmas. Nem túlságosan nehéz viszont a kis jelű stabilitás kritériumát megadni. Ez a stabilitási kritérium alapvető jellegű a mintavételező fáziszárt hurok méretezésénél.

Írjuk fel (10), (15), (16) egyenleteinket az egyensúlyi helyzetben. Egyensúly esetén (10)-ben $f_{v(i)}=1$, valamint $t_{s(i)}=t_{s0(i)}$. Ezáltal

$$t_{s(i+1)} = t_{s0(i)} + 1 = t_{s0(i+1)}, \quad (17)$$

(15) egyenlet a most kiszámított $t_{s0(i+1)}$ értékkel:

$$\varphi_{(i+1)} = t_{s0(i)} + 1 - \text{int } (t_{s0(i)} + 1) = t_{s0(i)} - \text{int } t_{s0(i)} = \varphi_{(i)}.$$

Tehát az $(i+1)$ -edik mintavételi struktúra egyensúly esetén megegyezik az i -edik mintavételi struktúrával. Ezt az egyensúlyi fázishelyzetet a (6) egyenletben φ_0 -nak jelöltük. Tehát egyensúly esetén:

$$\varphi_{(i+1)} = \varphi_{(i)} = \varphi_0.$$

Eddigi levezetésünk azt mutatja, hogy ha valamilyen i -edik mintavételkor a mintavétel fázishelyzete $\varphi_{(i)} = \varphi_0$, akkor a következő mintavételi fázishelyzet is ugyanez lesz, azaz

$$\varphi_{(i+1)} = \varphi_0.$$

10. Egyváltozós alapegyenlet

A következőkben vizsgáljuk meg, hogy amennyiben az i -edik mintavétel nem egyensúlyi helyzetű, vagyis $\varphi_{(i)} \neq \varphi_0$, mi lesz az $(i+1)$ -edik mintavétel fázishelyzete.

A nem egyensúlyi mintavétel történjen a φ_0 egyensúlyi állapottól $\Delta\varphi$ eltéréssel:

$$\varphi_{(i)} = \varphi_0 + \Delta\varphi_{(i)}, \quad (18)$$

(17)-ből a mintavételi idő segítségével így adható meg a mintavételi fázis:

$$\varphi_{(i)} = t_{s(i)} - \text{int } t_{s(i)} = t_{s0(i)} + \Delta t_{s(i)} - \text{int } (t_{s0(i)} + \Delta t_{s(i)}), \quad (19)$$

(19)-ben $\Delta t_{s(i)}$ jelentése: az i -edik mintavételi időpont eltérése az egyensúlyi $t_{s0(i)}$ értéktől.

Az egyensúlyi helyzettől való kis eltéréskor:

$$\text{int } (t_{s0(i)} + \Delta t_{s(i)}) = \text{int } t_{s0(i)}. \quad (20)$$

Ezáltal

$$\varphi_{(i)} = t_{s0(i)} - \text{int } t_{s0(i)} + \Delta t_{s(i)} = \varphi_0 + \Delta t_{s(i)}.$$

Az utóbbi egyenlőség sor végeredményét összevetve (18)-cal:

$$\Delta\varphi_{(i)} = \Delta t_{s(i)} \quad (21)$$

(18)-ből kiszámítható az i -edik mintavételi ciklus visszacsatolási frekvenciája:

$$f_{v(i)} = f_m + F\varphi_{(i)} = f_m + F(\varphi_0 + \Delta\varphi_{(i)}) = 1 + F\Delta\varphi_{(i)}, \quad (22)$$

(22) kiszámításánál felhasználtuk a (4) összefüggést.

Az újabb $(i+1)$ -edik mintavétel időpontja (10) alapján számítható, de a kifejtésbe a (17) azonosságot és (22) végértéket is beírjuk:

$$\begin{aligned} t_{s(i+1)} &= t_{s0(i+1)} + \Delta t_{s(i+1)} = t_{s0(i)} + 1 + \Delta t_{s(i+1)} = \\ &= t_{s(i)} + \frac{1}{f_{v(i)}} = t_{s0(i)} + \Delta t_{s(i)} + \frac{1}{1 + F\Delta\varphi_{(i)}}. \end{aligned}$$

Ez utóbbi egyenlőség sor 3. és 5. tagját összevetve:

$$1 + \Delta t_{s(i+1)} = \Delta t_{s(i)} + \frac{1}{1 + F\Delta\varphi_{(i)}}. \quad (23)$$

Végezetül (21) összefüggést i , valamint $(i+1)$ indexszel véve:

$$\Delta\varphi_{(i+1)} = \Delta\varphi_{(i)} + \frac{1}{1 + F\Delta\varphi_{(i)}} - 1. \quad (24)$$

A (24) egyváltozós nemlineáris differenciaegyenlet a mintavételező fázisszinkronizáló alapegyenlete. Nemcsak kis jelű, hanem nagy jelű vizsgálatokra is alkalmas. A nagy jelű folyamatokat mindaddig helyesen írja le, amíg a (20) egyenlőség érvénye fennáll.

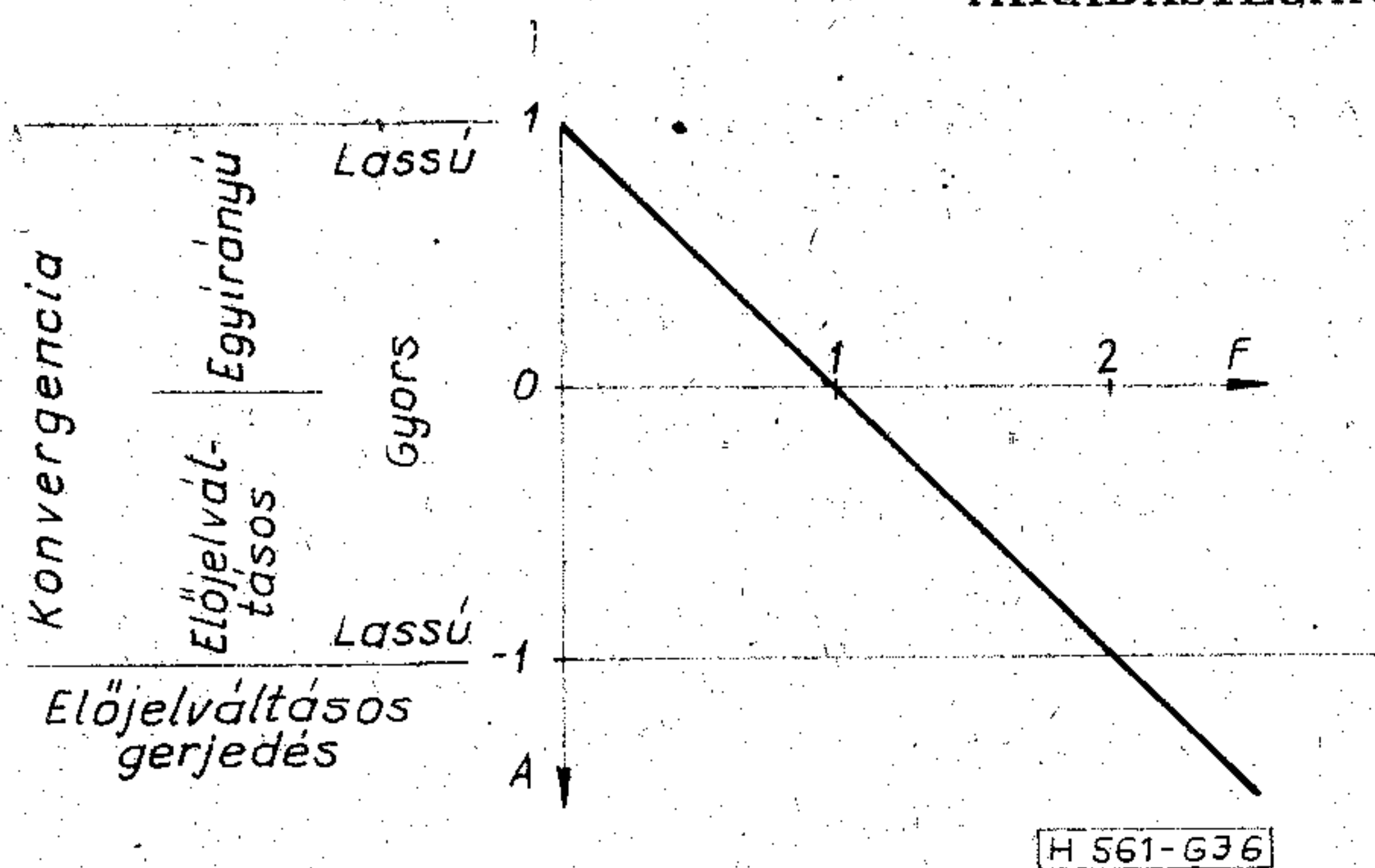
11. Kisjelű működés

(24) átrendezésével a következő formula nyerhető:

$$\frac{\Delta\varphi_{(i+1)}}{\Delta\varphi_{(i)}} = (1 - F) + F(\Delta\varphi_{(i)} - \Delta\varphi_{(i+1)}). \quad (25)$$

Most használjuk fel a kis jelű üzemvitel sajátosságait. $\Delta\varphi_{(i)}$ legyen nagyon kicsi. A hatására előálló $\Delta\varphi_{(i+1)}$ is nagyon kicsi lesz:

$$\lim_{\Delta\varphi_{(i)} \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi_{(i+1)}}{\Delta\varphi_{(i)}} = \frac{d\varphi_{(i+1)}}{d\varphi_{(i)}} = 1 - F. \quad (26)$$



6. ábra

Alkalmazzuk az alábbi jelölést:

$$\frac{d\varphi_{(i+1)}}{d\varphi_{(i)}} = A. \quad (27)$$

Az A tényezőt hurokátvitelnek nevezzük. Az elnevezés fizikai háttere szemléletes. Ha az i -edik mintavételi ciklusban az egyensúlyi helyzettől $d\varphi_{(i)}$ távolságban történt a mintavétel, akkor a következő, $(i+1)$ -edik mintavételkor a mintavételi hiba:

$$d\varphi_{(i+1)} = A d\varphi_{(i)},$$

illetve

$$\Delta\varphi_{(i+1)} \approx A \Delta\varphi_{(i)}. \quad (28)$$

Az A hurokátviteli tényező éppen azt fejezi ki, hogy két egymást követő mintavétel során hogyan változik, hányszorosára nő, vagy hányadrésére csökken a mintavételi hiba. Az A hurokátviteli tényező (26) szerint az F frekvenciaviszony egyszerű függvénye:

$$A = 1 - F. \quad (29)$$

Mivel $F > 0$, így az $A < 1$ reláció mindig érvényes. Az A és F közötti (29) kapcsolatot a 6. diagram szemlélteti:

12. Stabilitás

Az A mennyiség ismeretében a kis jelű üzemmód fázishibáinak változása könnyen leírható. Amennyiben az i -edik mintavétel fázishibája $\Delta\varphi_{(i)}$, úgy az ezt követő k -dik mintavételezés fázishibája:

$$\Delta\varphi_{(i+k)} = A^k \Delta\varphi_{(i)}, \quad (30)$$

k növekedésével akkor csökken $\Delta\varphi_{(i+k)}$, ha $|A| < 1$, ill. $F < 2$. Ebben az esetben

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \Delta\varphi_{(i+k)} = 0.$$

A tranziens folyamat az állandósult φ_0 mintavételezésű folyamathoz közelít. Ezzel tehát felírtuk a stabilitás feltételét.

Amennyiben $A < 0$, akkor $\Delta\varphi_{(i+1)}$ ellentétes előjelű lesz $\Delta\varphi_{(i)}$ -hez képest. A tranziens folyamat az előjelváltások során át zajlik le. Különösen gyors konvergenciát nyerünk az $A = 0$, azaz $F = 1$ esetben. Ekkor azonnal, az első mintavételezéssel beáll a folyamat a végállapotba. A konvergencia sebességére

vonatkozó vizsgálat (30) alapján könnyen elvégezhető. Eredményeinket a 6. ábra tünteti fel.

$F > 2$, ill. $A < -1$ esetén a φ_0 egyensúlyi helyzetből való bármilyen kicsiny $\Delta\varphi_{(i)}$ eltérés a mintavételező folyamat során növekedni fog.

$$|\Delta\varphi_{(i+1)}| > |\Delta\varphi_{(i)}| \quad i=0, 1, 2, \dots \quad \text{ha} \quad A < -1.$$

Ebben az esetben a φ_0 egyensúlyi helyzet labilis. k növekedésével $|\Delta\varphi_{(i+k)}|$ növekszik, az egyensúlyi állapottól való eltérések egyre nagyobbakká válnak. Nagy eltérések esetén a (26)-ban leírt határátmenet már közelítőleg sem lesz érvényes, így a kis jelű modell érvényét veszti.

Megjegyzendő, hogy a nagy jelű analízis szerint is érvényes az 5. ábrán feltüntetett diagram, a stabilitás határesetete:

$$F = 2.$$

13. Analízis a programozható osztójú alapkörre

Eddigi analízisünket a 3. ábra egyszerűsített PLL-modelljére végeztük. Az 1. pontban említettük, hogy a nyert eredmények az 1. és 2. ábra szerinti alapvető szintéziskörökre is vonatkoztathatók lesznek. Alkalmazási példaként nézzük meg egy programozható osztóval ellátott mintavételező szintéziskör stabilitási viszonyait.

Az egyensúlyi kimenőfrekvencia az 1. ábra szerint:

$$f_{ki0} = N \cdot f_{ref}.$$

Amennyiben egyensúlyi helyzet nem állott még elő, a fázisdetektor vezérlőfeszültségének hatására a kimenőfrekvencia egy $f_{ki \min}$ és egy $f_{ki \max}$ között változhat.

A programozható osztó aktuális N osztási modulusának és f_{ki} kimenőfrekvenciának ismeretében az f_v visszacsatoló frekvencia kiszámítható:

$$f_v = f_{ki}/N,$$

f_v minimális és maximális értéke:

$$f_{v \min} = f_{ki \min}/N,$$

$$f_{v \max} = f_{ki \max}/N.$$

Az egyensúlyi helyzet:

$$f_{v0} = f_{ref}.$$

E számolással már át is tértünk a 3. ábra egyszerűsített modelljére. $f_{v \min}$, $f_{v \max}$, valamint f_{v0} a VCO és a frekvenciaosztó együttese által alkotott fiktív VCO kimenőadatai lesznek.

A számítás során f_v értékét f_{ref} által normalizálni lehet. A normalizálás során az alábbi frekvenciaértékek jönnek létre.

$$f_{v0} = f_{ref} \rightarrow 1,$$

$$f_{v \min} \rightarrow f_m = f_{ki \min}/N f_{ref},$$

$$f_{v \max} \rightarrow f_M = f_{ki \max}/N f_{ref}.$$

A hurokdinamikát meghatározó F frekvenciaviszony:

$$F = f_M - f_m = \frac{f_{ki \max} - f_{ki \min}}{N f_{ref}}. \quad (31)$$

Látható, hogy F értéke az N osztási modulus függvénye lesz. Ez azt jelenti, hogy N megváltoztatásával (a programozás által) változni fog a hurok dinamikája is.

Az egyensúlyi fázishelyzet (6) alapján:

$$\varphi_0 = \frac{1-f_m}{F} = \frac{Nf_{\text{ref}} - f_{\text{ki min}}}{f_{\text{ki max}} - f_{\text{ki min}}}. \quad (32)$$

14. Méretezési példa

Méretezzünk programozható osztójú mintavételező szintéziskört az alábbi adatokkal:

$f_{\text{ki}} = 20 \text{ MHz}; 20,5 \text{ MHz}; 21 \text{ MHz}; \dots; 30 \text{ MHz}$ (21 frekvenciahelyzet).

Frekvenciafelbontás:

$$\Delta f_{\text{ki}} = 0,5 \text{ MHz}.$$

A feladat megoldható olyan fáziszárt körrel, amelynek referenciafrekvenciája:

$$f_{\text{ref}} = \Delta f_{\text{ki}} = 0,5 \text{ MHz},$$

programozható osztójának osztási modulusa

$$N = 40, 41, \dots, 60,$$

értéket vehet fel. N számsorában $N_{\text{min}} = 40$, $N_{\text{max}} = 60$.

A referenciát biztosító fűrészfeszültség amplitúdója olyan legyen, hogy a kimenőfrekvenciát a kellő biztonsági sávval legyen képes biztosítani.

$$f_{\text{ki min}} = 18 \text{ MHz},$$

$$f_{\text{ki max}} = 33 \text{ MHz}.$$

A frekvenciaviszony (31)-ből:

$$F = \frac{f_{\text{ki max}} - f_{\text{ki min}}}{Nf_{\text{ref}}} = \frac{1}{N} \frac{33 \text{ MHz} - 18 \text{ MHz}}{0,5 \text{ MHz}} = \frac{15}{N},$$

$$F_{\text{max}} = \frac{15}{N_{\text{min}}} = \frac{15}{40} = 0,375 < 1.$$

Az 5. ábra alapján F_{max} mellett a hurok stabil működésű és egyirányú konvergenciával rendelkezik.

Ha $N > N_{\text{min}}$, akkor $F < F_{\text{max}}$, a stabil működés és egyirányú konvergencia fennmarad. Az osztási modulus másik szélső eseténél, N_{max} -nál:

$$F_{\text{min}} = \frac{15}{N_{\text{max}}} = \frac{15}{60} = 0,25.$$

A hurok egyensúlyi fázishelyzete (32) szerint a két szélső helyzetben:

$$\begin{aligned} \varphi_{0 \text{ min}} &= \frac{N_{\text{min}}f_{\text{ref}} - f_{\text{ki min}}}{f_{\text{ki max}} - f_{\text{ki min}}} = \frac{40 \cdot 0,5 \text{ MHz} - 18 \text{ MHz}}{33 \text{ MHz} - 18 \text{ MHz}} = \\ &= 0,1333 \text{ ciklus} = 48^\circ, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{0 \text{ max}} &= \frac{N_{\text{max}}f_{\text{ref}} - f_{\text{ki min}}}{f_{\text{ki max}} - f_{\text{ki min}}} = \frac{60 \cdot 0,5 \text{ MHz} - 18 \text{ MHz}}{33 \text{ MHz} - 18 \text{ MHz}} = \\ &= 0,8 \text{ ciklus} = 288^\circ. \end{aligned}$$

N változtatásával $\varphi_{0 \text{ min}}$ és $\varphi_{0 \text{ max}}$ között változhat a φ_0 egyensúlyi fázishelyzet. $\Delta N = 1$ egylépéses programváltozáskor φ_0 megváltozása:

$$\begin{aligned} \Delta \varphi_0 &= \frac{f_{\text{ref}}}{f_{\text{ki max}} - f_{\text{ki min}}} = \frac{0,5 \text{ MHz}}{33 \text{ MHz} - 18 \text{ MHz}} = \\ &= 0,0333 \text{ ciklus} = 12^\circ. \end{aligned}$$

Ezzel elvégeztük a megadott adatok mellett a programozható osztójú szintéziskör hurokméretezését és stabilitásvizsgálatát.

IRODALOM

- [1] Viterbi, A. J.: Principles of Coherent Communication; McGraw-Hill Book Company, New York, 1966.
- [2] Gardner, F. M.: Phaselock Techniques; Wiley, London, 1966.
- [3] Lindsay, W. C.: Synchronization Systems in Communication and Control; Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.
- [4] Шахгильдян, В. В., Ляховкин, А. А.: Системы фазовой автоподстройки частоты. Связь, Москва, 1972.
- [5] Motorola: Applications Information MC4344, MC4044 Phase-Frequency Detector.

Színes Televízió Vételtechnikai Szeminárium

Egyesületünk Rádió- és Televízió Szakosztályának rendezésében február 22–24 között, nemzetközi részvétel mellett másodikban került megtartásra a Színes Televízió Vételtechnikai Szeminárium. A rendezvényt Demeter Béla, a VIDEOTON vezérigazgató-helyettese nyitotta meg. Megnyitó beszédében méltatta a színes televízió technika fejlődése terén elért hazai eredményeket, rámutatott az elkövetkezendő évek ten-nivalóira.

A mintegy 30 előadást átlagosan 200–250 főnyi érdeklődő hallgatta végig. Az előadások 3 kiemelt szakterületet fedtek le:

— Színes TV vevőkészülékek áramkörei: ebben a témakörben elhangzott előadások megcáfolták azt az álláspontot, amely szerint a színes TV képátvitel megvalósításával a televízió technika elérte a csúcst és a továbbiakban már nincs fejleszteni való. Az előadások szemléltették a PAL–SECAM kétrendszerű dekódolás különböző megoldási módjait és problémáit, a SECAM rendszer fejlesztését. Előadás hangzott el a színes vevőkészülékek javítási gondjairól. A szakemberek megvitatták, hogy a vevőkészülékek javításához a helyszínen egy- vagy két szakember szükséges.

— Mérőberendezések és mérési módszerek: az ebben a témakörben elhangzott előadások reprezentálták a hazai mű-

szeripar kiemelkedően magas szintjét. Az elért eredmények mind nyugati, mind keleti országok vonatkozásában megállják a helyüket és komoly gazdasági háttérrel rendelkeznek.

— Községi antennarendszerek és ipari televíziók: az egyre növekvő TV programok vételéhez ma már elengedhetetlenül szükséges a jól tervezett és gondosan kivitelezett községi antennarendszerek alkalmazása. A nagyközponti, földkábeles kivitelű antennarendszerek üzemelése többek között a földkábel mindenkor minőségi állapotán múlik. Ebben a szekcióban többek között előadás hangzott el a földkábelek nyomvonal tervezésére, különös tekintettel a földkábelek szakadás- és zárlatvédelmére érdekében.

Az előadásokkal párhuzamosan a Híradástechnika Szövetkezet, a VIDEOTON, a Tektronix, és a MEEI vállalatok műszaki bemutatót tartottak.

A szeminárium zárszavát Dr. Ferenczy Pál, a Szervező Bizottság elnöke tartotta. Beszédjében igen sikeresnek értékelte a háromnapos rendezvényt és felkérte a hallgatóságot, hogy a kb. 4 év múlva megrendezendő újabb szemináriumon hasonló aktivitást fejtsenek ki.

S. Tóth Ferenc
a Szervező Bizottság titkára

Az átmeneti ellenállás változásának mérése — módszer a kötések degradációjának vizsgálatára

ETO 537.311.4.08:621.315.682:620.16

A félvezető eszközök nagy részét alumínium fémezéssel és arany huzalkötéssel készítik. Az eszközök meghibásodásáért, a paraméterek leromlásáért gyakran a kötések romlása (degradációja) a felelős. A kötések degradációjának megfigyelésére két alapvető módszer terjedt el a gyakorlatban; az eszközök vizuális (mikroszkópos, pásztázó elektronmikroszkópos) analízise és az eszközparaméterek mérése. Az eszközparaméterek leromlása ugyan jelzi a kötések meghibásodását, de más okokat sem zár ki. Célszerű a hibás eszközöket vizuális analízisnek is alávetni (boncolás után), amely alapján a hibaforrást pontosítani lehet. Maga a vizuális megfigyelés sem ad pontos információt a kötés állapotáról, mivel a kötés alatti területen lejátszódó folyamatok okozzák a kötés degradációját.

Az említett módszerek egyike sem, sőt azok kombinációja sem ad általában elegendő információt a technológusnak a megfelelő kötési paraméterek beállításához, illetve ellenőrzéséhez. A kötések átmeneti ellenállásváltozásának közvetlen mérése lehet egy olyan módszer, amely ezen hiányosságokat pótolja. Az átmeneti ellenállás változása közvetlen következménye a kötés degradációjának, az intermetallikus fázisok kialakulásának, ugyanakkor jól mérhető, az egyes eszközparaméterektől független mennyiség. A továbbiakban röviden összefoglaljuk a módszer alkalmazásához szükséges kötéskialakulási és degradációs mechanizmussal kapcsolatos legfontosabb ismereteket, majd az általunk alkalmazott mérési módszert mutatjuk be. A módszerrel kapott és a párhuzamosan végzett PEM analízis eredményeinek értékelése a kötések degradációs mechanizmusára további információkat szolgáltat.

1. A termokompressziós kötés kialakulása és degradációja

1.1 A kötés kialakulása

A termokompressziós (és lényegében az ultrahangos kötés is) alapvetően a mechanikai deformáció hatására jön létre. Ez azonban nem elegendő a két fém tartós kapcsolatának kialakulásához, ehhez a két fém kölcsönös diffúziója is szükséges [1]. A kialakult

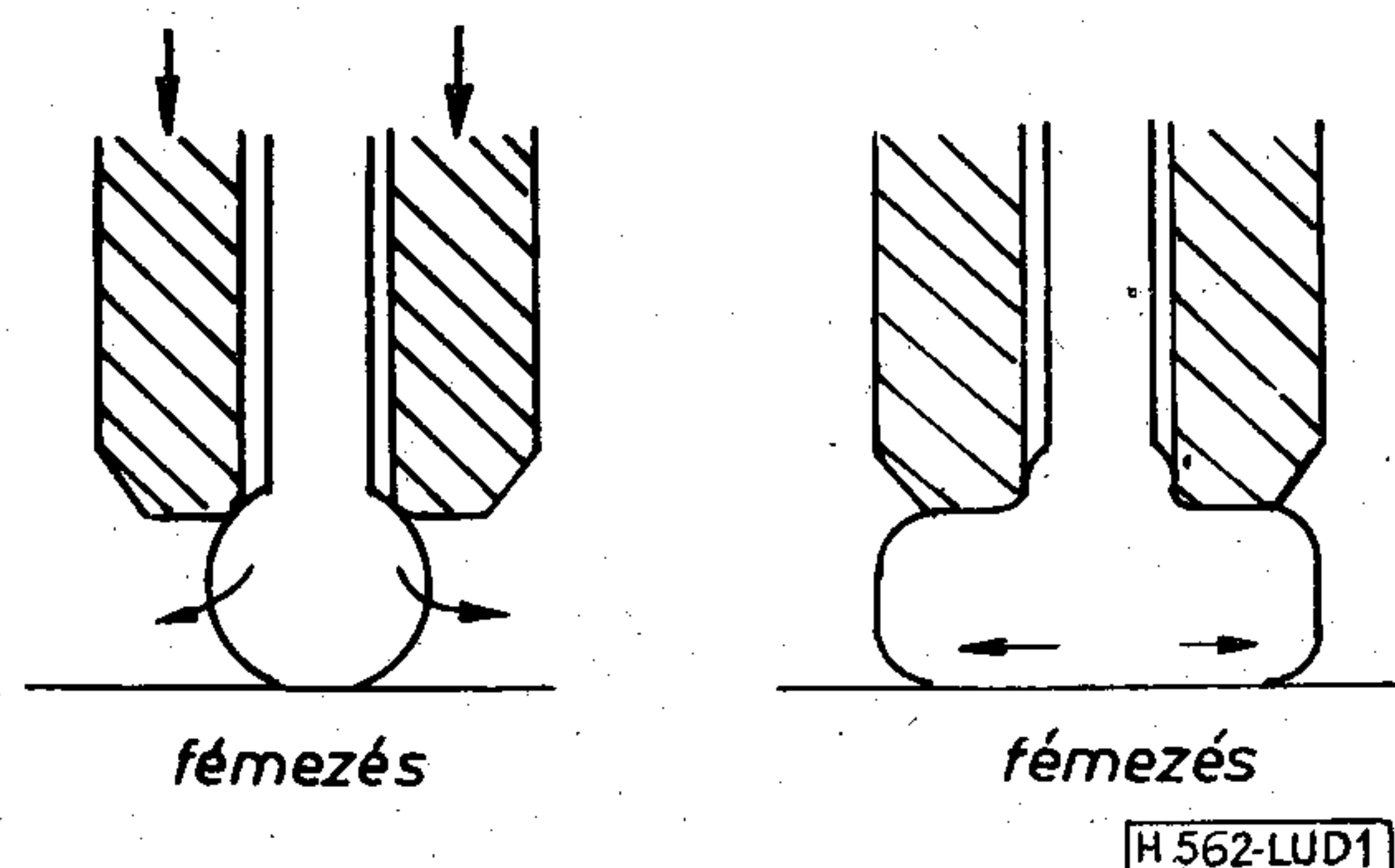
diffúziós határreteg biztosítja a — részt vevő fémek szakítószilárdságának megfelelő erőnél nagyobb — mechanikai igénybevételekkel szembeni ellenállóképességet.

A kötések létrejöttének alapvető feltétele, hogy a kötésben részt vevő fémek deformáló erő hatására hidegfolyással egymáson elmozduljanak. Golyós termokompressziós kötésnél ez azt jelenti, hogy a kapilláris által a golyóra gyakorolt nyomóerő egy része tangenciális irányú nyíróerővé alakul át.

A kapilláris megfelelő kiképzése esetén — ez a gyakorlatban jól megvalósul — a golyó deformálódik, az arany megfolyik, ugyanakkor a súrlódás következtében tangenciális irányú feszültséget ébreszt a kötési terület fémrétegében is. A kialakult közös határfelületen az elmozdulás mértéke a golyó érintkezési felületén és a fémréteg érintkezési felületén különböző, ennek megfelelően a fémréteg oxidrétege fel-törlik, a friss felületen atomkeveredés következik be [2]. Ez a kapcsolat még adhéziós kapcsolatnak tekinthető, ez teremt lehetőséget a diffúziós kapcsolat kialakulására.

A kötésben részt vevő, adhéziós kapcsolatba került fémek a kötési hőmérsékleten egymásba diffundálnak. Kimutatták azt is, hogy azonos anyagú fémek érintkezésbe hozásánál is a diffúzió létesíti a kötés mechanikailag szilárd, stabil határretegét. A mérések tanulsága szerint ilyen esetben a diffúziót jellemző mennyiség a fém öndiffúziós állandója [1].

Kicsit bonyolultabb a helyzet a szokásos alumínium vékonyréteg és arany huzal- vagy szalagkötés



1. ábra. Az erőviszonyok szemléltetése golyós termokompressziós kötésnél

esetén. Au-Al fém párokon végzett kísérletek (nem vékonyrétegek) azt mutatták, hogy az aranyba két és félszer mélyebbre diffundál az alumínium, mint az arany az alumíniumba [3]. A gyakorlati megfigyelések viszont azt mutatják, hogy a teljes kötési terület pereme az, ahol a diffúziós kapcsolat a kötés során kialakul [4]. További hőkezelés hatására itt mélyen behatol a diffúziós réteg, a keletkezett intermetallikus fázis az Au gömbbe.

1.2 A kötés degradációja

A szokásos aranyhuzalos kötéssel szerelt, alumínium fémezésű eszközök tartós üzemeltetése során megfigyelhető az eszköz elektromos paramétereinek megváltozása. Ez általában az eszköz működése szempontjából kedvezőtlen, ezért a paraméterek leromlása jellemzi a folyamatot, amiért nagyrészt a kötések leromlása (degradációja) felelős [5]. Kimutatták [6], hogy a kötések átmeneti ellenállásának nagy mértékű megnövekedése okozza a paraméterek megváltozását. A kötésellenállás változása viszont az intermetallikus vegyületek létrejöttével kapcsolatos.

Az Au-Al rendszerben öt intermetallikus fázis jöhet létre: Au_2Al , $AuAl$, $AuAl_2$, Au_5Al_2 , Au_4Al [7]. A vizsgálatok szerint [3] 300 °C alatt, az Au_5Al_2 fázis dominál, amely további hőkezelés hatására átalakulhat Au_4Al összetételű vegyületté. Az átalakulás során bekövetkező repedések létrejöttét kétféleképpen magyarázzák:

- a különböző diffúziósebesség miatt abban az anyagban (itt az alumínium), amelynek nagyobb a diffúzió állandója, üregek (vakanciák) gyűlnek össze, amelyek az eldiffundáló anyag helyébe vándorolnak. Ez a Kirkendall-effektus. A vakanciák összekapcsolódása üregláncokat, repedéseket hoz létre [3]. Ezek a kötés mechanikai szilárdságát lerontják, a kötés átmeneti ellenállását megnövelik;
- a mechanikus repedések kialakulásának oka lehet az is, hogy az egyes vegyületek különböző kristályszerkezetűek és különböző fajlagos térfogatúak, sőt a hőtágulási együtthatóban is jelentős különbség lehet [6]. Az Au_5Al_2 egy nagy fajtérfogatú, az Au_4Al egy kis fajtérfogatú vegyület. Ciklikus hőigénybevétel esetén az Au_4Al kialakulása előidézhetheti a repedések kialakulását.

Ezekre az elméletekre a vizsgálatok értékelése kapcsán visszatérünk. Lényeges megjegyezni azt, hogy jelentős befolyással bír tapasztalataink szerint a fennálló viszonyokra néhány olyan tényező, amely a modellkísérletek gyakorlati alkalmazását nehezíti. Az egyik az, hogy a valóságban egy vékonyréteg és egy huzal közti kapcsolatot kell vizsgálni, ez ugyanis jelentős eltérést adhat a tömbbeli diffúziós viszonyokhoz képest. Jelentős a kötés során alkalmazott deformáció hatása, amely az eredeti kristályszerkezetet helyenként megbontja, rácsstorzulásokat és diszlokációkat idéz elő, amely diffúziós anomáliákhoz vezet. Nem utolsósorban meg kell említeni a rendszerben mindig jelenlevő szilícium szerepét, amely tiszta alumíniumos fémezésben is jelen van.

1.3 A szilícium szerepe

Az alumínium fémezésű eszközök készítése során a felvitt és megfelelően kialakított kontaktusokat, fémhálózatot hőkezeléssel (szinterelés) alakítják ki a jó ohmikus kontaktus érdekében. A szinterelés hőmérséklete elegendően magas (500 °C) ahhoz, hogy a jól diffundáló szilícium gyakorlatilag telített szilárd oldatot adjon, kb. 1% szilíciumtartalommal [8]. A lehűlés után azonban — a szilárd oldékonyság meredek csökkenése miatt — a szilícium nagy része kiválik az alumínium szemcsék felületén. Ez a szilícium kiválás jelentős mértékű, kb. 30%-os ellenállásnövekedéshez vezet, a tiszta alumíniumhoz képest [9]. Másrészt kimutatták azt is, hogy a szilícium beépül az Au-Al rendszer egyes intermetallikus képződményeibe, azokkal szilárd oldatot, vagy ternér vegyületet alkotva. Így Philofsky [3] mikroszondás vizsgálatokkal kimutatta, hogy 6% Si tartalmú, feltehetőleg Au_4AlSi összetételű ternér fázis alakulhat ki elegendő mennyiségű (5%) szilícium jelenlétében.

A kutatók között véleménykülönbség van a szilícium kötésdegradációra gyakorolt hatását tekintve. Általánosnak mondható az a felfogás, mely szerint a kötések leromlásáért nem felelős, hatása gyakorlatilag nem kimutatható. Egyes tapasztalatok azonban arra utalnak, hogy a szilícium részvétele a rendszerben katalitikus hatást gyakorol egyes intermetallikus fázisok kialakulására.

A kötés átmeneti ellenállásának megváltozása szoros összefüggésben van a degradáció előrehaladásával. Mivel az intermetallikus vegyületek fajlagos ellenállása nagyobb az arany és alumínium fajlagos ellenállásánál [6], az arany és alumínium átalakulása ellenállásnövekedést okoz. Nagy mértékűvé az ellenállás-változás akkor válik, amikor megindul az intermetallikus fázis repedése, csökken az érintkezési pontok száma.

2. A kötések átmeneti ellenállásváltozásának mérése

A kötések átmeneti ellenállásának mérésére az irodalomból ismert módszer nem állt rendelkezésünkre. A [6] munka szerzői ugyan megemlítik munkájukban, hogy a vizsgálatok során ilyen módszert is alkalmaztak, azonban a módszert nem ismertetik. Az általunk alkalmazott módszert az alábbi főbb szempontok alapján alakítottuk ki:

- az átmeneti ellenállás abszolút értéke nem lényeges, a változás legyen jól mérhető érték;
- kerülni kell a bizonytalan tűkontaktusok alkalmazását, mivel a mért ellenállásértékek 10 mΩ-nál kisebbek;
- célszerű az integrált áramkörökhöz hasonló struktúrát kialakítani annak érdekében, hogy a modelleszköz fémezési és kötési szempontból megfelelő információkat adjon;
- célszerű egy modelleszközön több kötés vizsgálatára lehetőséget teremteni;
- mivel a vizsgálatok során a fémezés ellenállása is változhat, célszerű a mérés során ezen változást is követni.

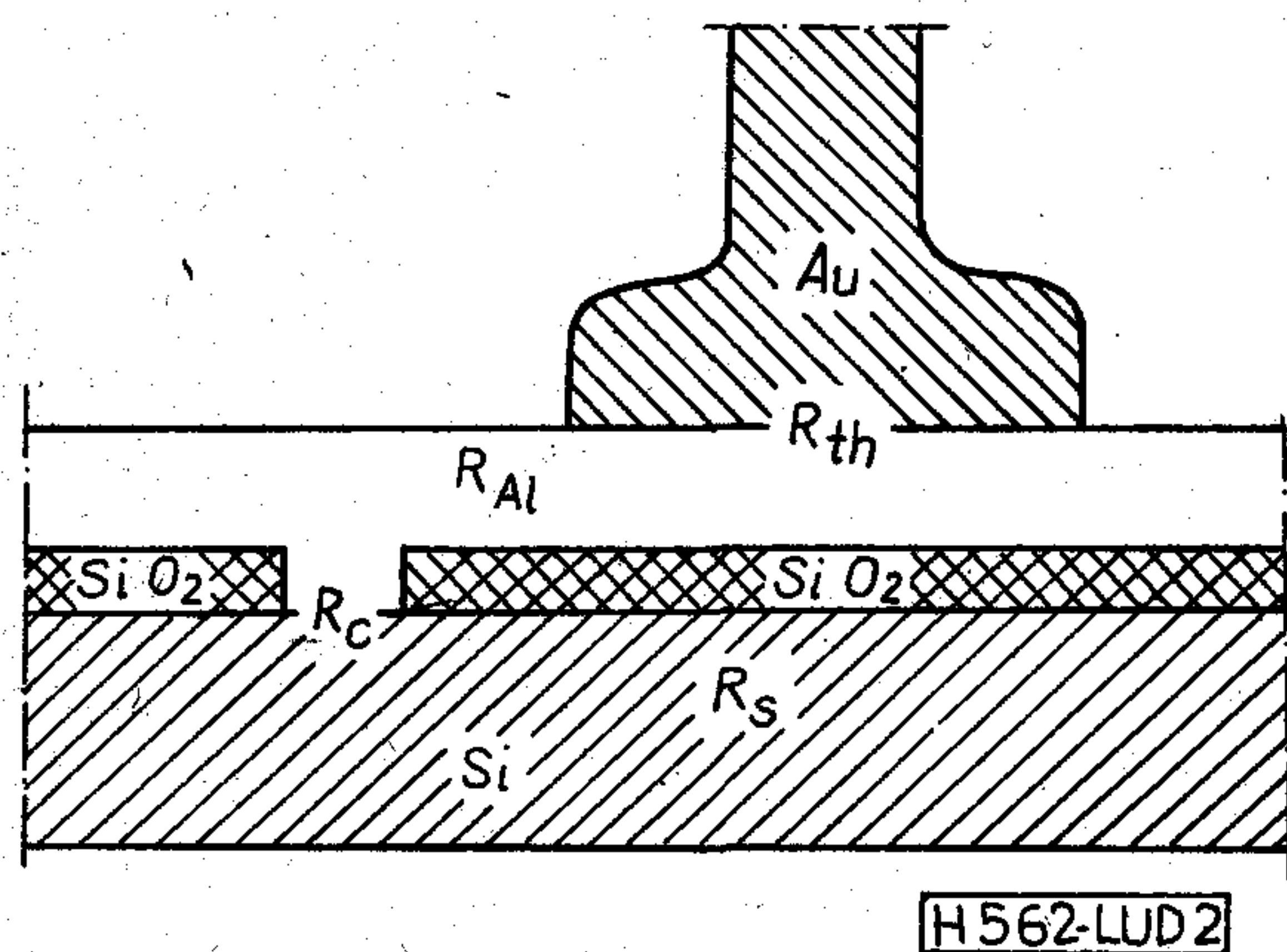
2.1 A mérési módszer

A vizsgálóábra megtervezéséhez elemezni kell a kivitt kontaktusú eszközöknél fellépő ellenállásvi-szonyokat, amint azt a 2. ábrán láthatjuk.

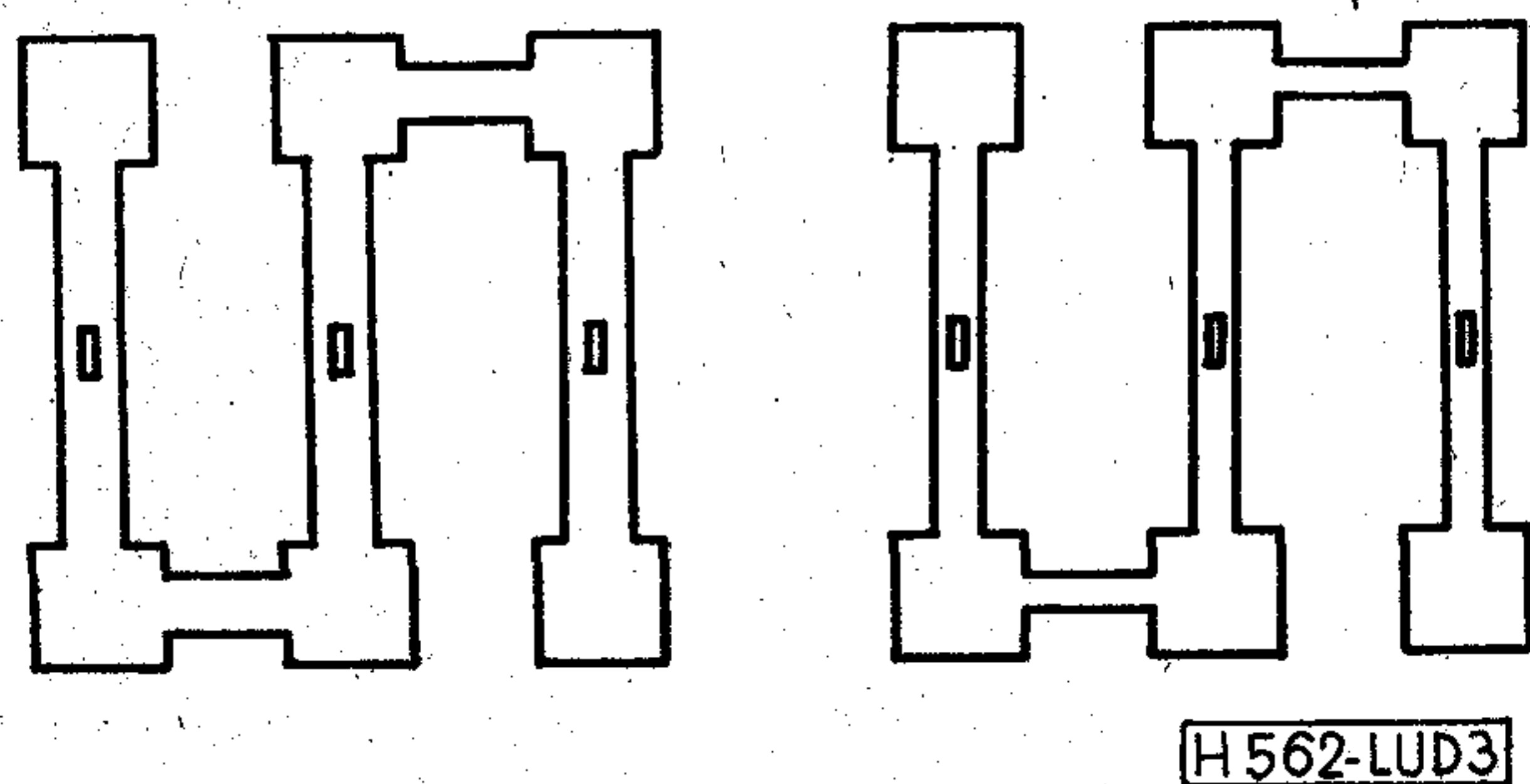
A szilícium tömb aktuális ellenállását az R_s terje-dési ellenállással, a fémezésnél fellépő átmeneti ellen-állást az R_c kontaktus ellenállással vettük figyelembe, a fémezés ellenállását — alumínium esetén — R_{Al} -el, a kötésnél fellépő ellenállást R_{th} -val, az arany huzal-ellenállását R_h -val jelöltük. A huzalellenálláshoz csatlakozik az R_v hozzávezetés-ellenállás, amit a láb és a csatlakozók adnak.

A mérési feladat lényege az, hogy az R_{th} ellenállást önállóan, a többi ellenállástól függetlenül mérni le-hessen. Ez megoldhatatlan feladat, azonban az R_h ellenállás gyakorlatilag állandó, így ΔR_{th} mérhető. Több kötés és fémcsík ellenállásváltozásának mérése érdekében a 3. ábrán látható elrendezést alakítottuk ki. Ezen látható, hogy a terjedési ellenállást, mint a rendszerben fellépő legnagyobb ellenállást fémcsíkok-kal zártuk rövidre. Így három párhuzamos csíkon lehetett mérni, kétféle csíkszélesség esetén ($20\ \mu\text{m}$ és $40\ \mu\text{m}$). Egy elem összesen 4 kötés átmeneti ellenállásváltozása határozható meg a helyettesítő képnek megfelelően.

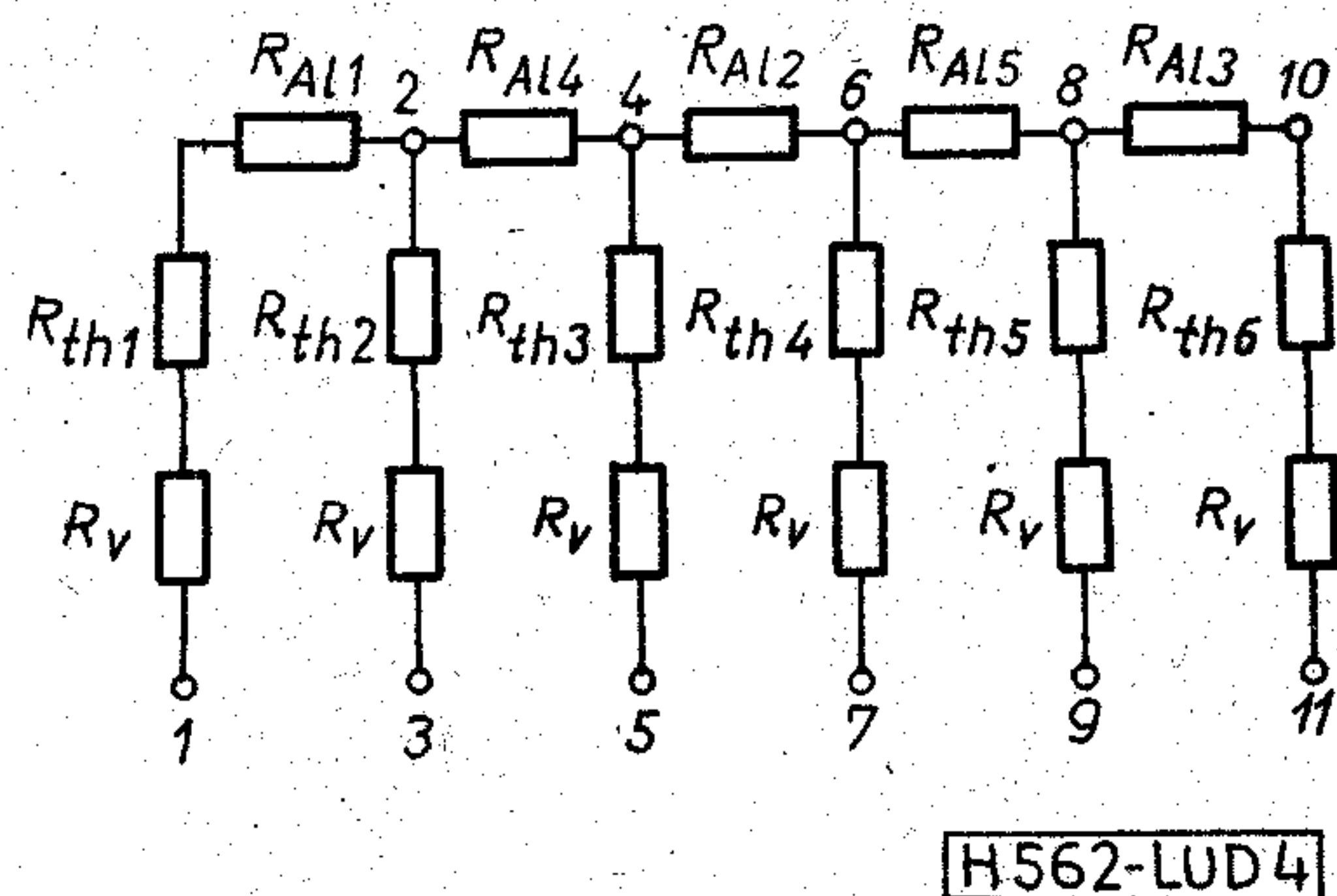
A mérés során állandó áramot vezettünk át a vizsgált kötésen (pl. az 1. és 3. pontok között) és mértük a kötésen és huzalon eső feszültséget (pl. 2., illetve az ezzel ekvipotenciális 5. és 3. pontok között). Átkapcsolással további kötések mérése lehetséges. Az alumíniumcsíkok ellenállásának mérése elvileg azonos módon történt. (Az 1., 2., 3. index a hosszú alumínium csíkokat, a 4., 5. index a rövid csíkokat jelzi.)



2. ábra. A kivitt kontaktusú eszközöknél fellépő ellenállások



3. ábra. A vizsgálóábra



4. ábra. A vizsgálóábra egy elemének helyettesítő képe

2.2 A minták elkészítése

A vizsgálóábrák elkészítéséhez $2\ \Omega\ \text{cm}$ -es szilícium szeleteket használtunk, amelyeken termikus oxidációval $5200\ \text{\AA}$ vastagságú oxidot növesztettünk. A fémcsíkok közepének helyén $10 \times 20\ \mu\text{m}$ -es ablakot nyitottunk, majd a szeletekre $1,5\ \mu\text{m}$ vastag alumínium réteget gőzöltünk kétféle szelethőmérsékleten, ($100\ ^\circ\text{C}$ és $250\ ^\circ\text{C}$) azonos gőzölési sebességgel. Így finomszemcsés és nagyszemcsés alumínium rétegeket kaptunk.

A fémrétegből a szokásos fotoreziszt technikával alakítottuk ki a 20 és $40\ \mu\text{m}$ széles csíkokat. Az elemek egy részét $250\ \mu\text{m}$ hosszú, a másik részét $650\ \mu\text{m}$ hosszú csíkokkal készítettük el. Az ezt követő szinterelés során biztosítottuk a szilícium diffúzióját az alumíniumba, amit a $10 \times 20\ \mu\text{m}$ -es oxidablakok tettek lehetővé. Az elemeket golyós termokompresziós kötéssel kontaktáltuk a 12 lábú TO-5-ös állványon. A mintákat nem zártuk le annak érdekében, hogy a nyitott hőkezelés során a mikroszkópos megfigyelés is lehetséges legyen.

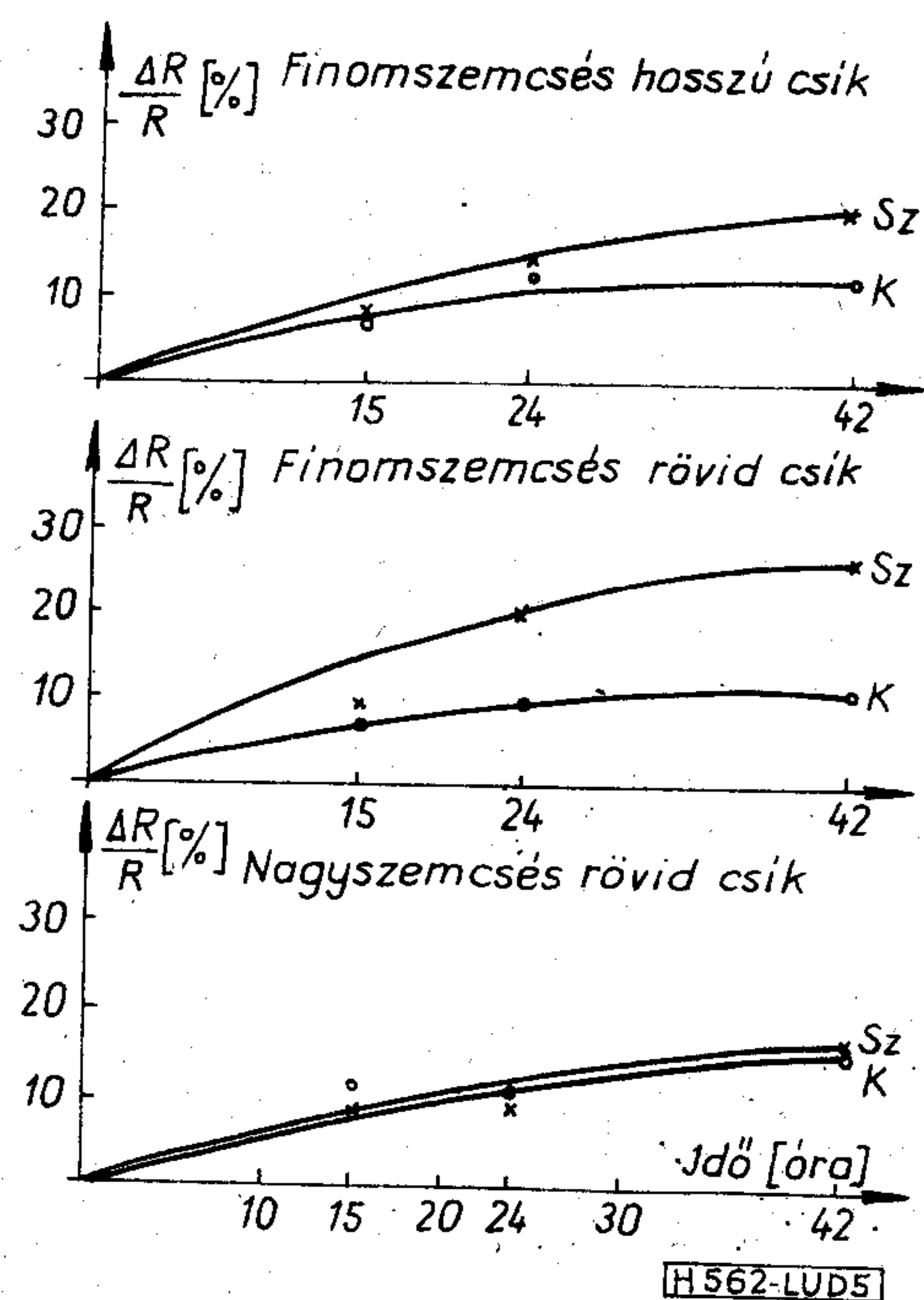
3. Az átmeneti ellenállásváltozás kapcsolata az intermetallikus fázisok kialakulásával

A vizsgálatok során gyorsított hőkezelést alkalmaztunk. A $300\ ^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet az a határ, amely-nél még azok az intermetallikus vegyületek keletkez-nek, amelyek a normál üzemi körülmények között előforduló hőmérsékleten dominálnak [3]. A hőkeze-lést megszakítva, a mintákat lehűtve mértük a köté-sek átmeneti ellenállását és a csíkellenállást.

3.1 Az átmeneti ellenállás és csíkellenállás változása

Az 5. ábra a kötések átmeneti ellenállásának válto-zását mutatja 42 órás, $300\ ^\circ\text{C}$ -os hőkezelés során. A grafikonok alapján megállapítható, hogy az átme-neti ellenállás közelítőleg az idő négyzetgyökével ará-nyosan változik, ami az intermetallikus fázisok növe-kedési sebesség—idő függvényével összhangban van. Már ez is a folyamat diffúziós mechanizmusára utal. A kötések átmeneti ellenállása gyorsabban változik a széles csíkra készített kötéseknel, mint a keskeny csíkra készítettéknél.

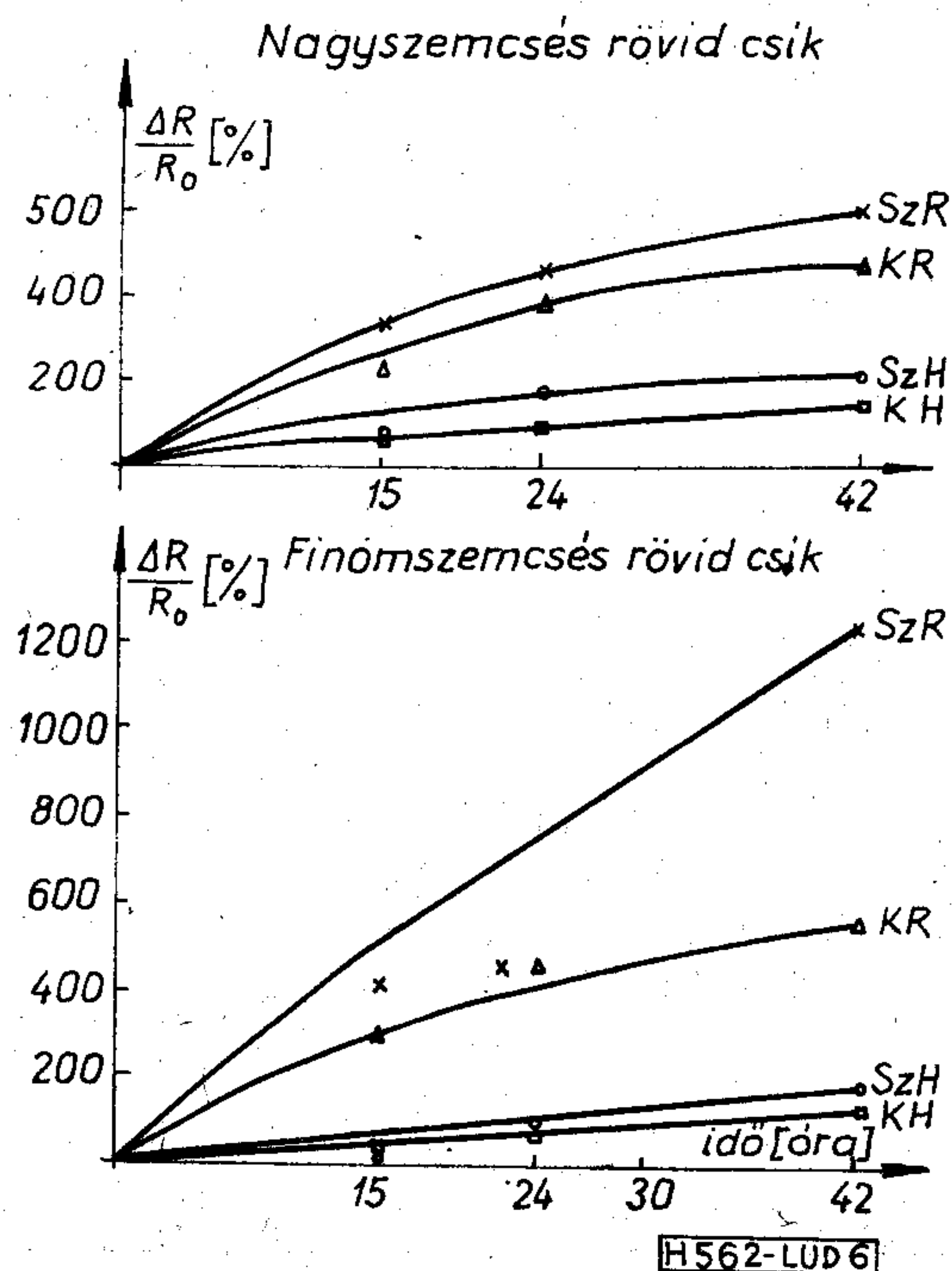
Szembevetendő az a tény, hogy a finomszemcsés alu-míniumra készített kötések ellenállása — széles csí-kok esetén — sokkal erőteljesebben növekszik, mint a nagyszemcsés fémezésnél. Ennek feltehető oka, hogy a finomszemcsés alumíniumban gyorsabb a diffúzió, mint a nagyszemcsés alumíniumban. Hosszú



5. ábra. A kötések átmeneti ellenállásának változása

csíkok (650 μm) esetén nem olyan nagy mértékű a növekedés, mint rövid csíkok esetén. Ez feltehetőleg a szilícium jelenlétére utal, ugyanis a számítások szerint a hosszú csíkokban nem juthatott el a szilícium a kötésekig sem a szinterelés, sem a 300 °C-os hőkezelés alatt.

Nagyszemcsés alumínium esetén a széles és keskeny csíkra készített kötések átmeneti ellenállása közel azonosan változik (a kísérletek hibahatárán belül). A diffúzió sebességét a szemcsehatár-diffúzió sebessége határozza meg, végső soron ez határozza meg az intermetallikus fázisok növekedési sebességét is. A nagy szemcseméret miatt a szemcsehatár-diffúzió sebessége a meghatározó sebesség a folya-



6. ábra. A csíkellenállás változása

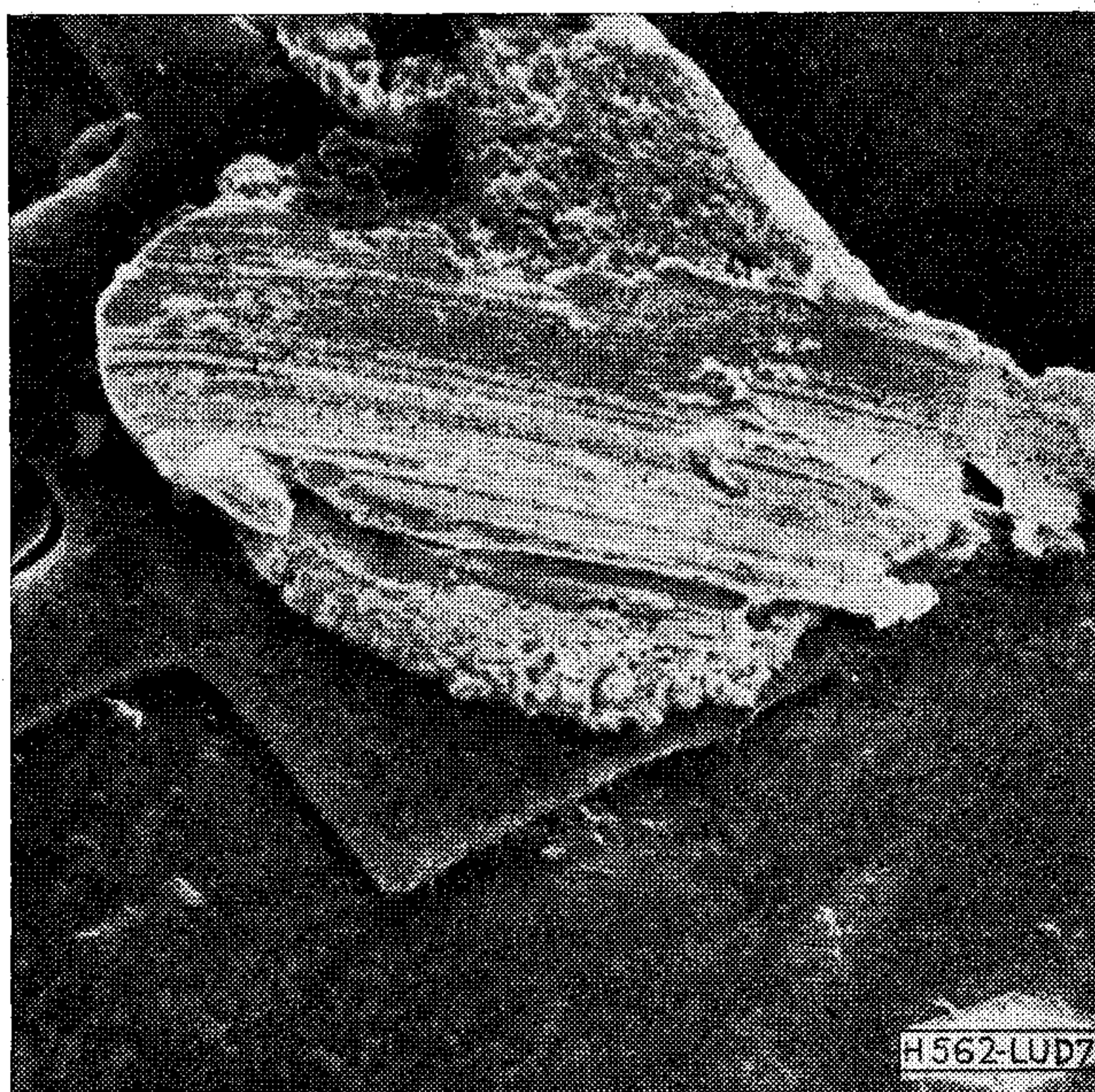
matban. A csíkszélesség a diffúziós anyagáramfluxust befolyásolja, ez pedig az intermetallikus fázisok növekedési sebességét. Amennyiben a szemcseméret korlátozza a diffúziót, a csíkszélesség hatása jelentéktelenné válik. Erre utal a csíkellenállás változása is, amelyet a 6. ábrán levő grafikonok mutatnak. A rövid ágak ellenállásváltozása a két kötés körül növekedő intermetallikus fázis ellenállásnövelő hatásának köszönhető. A finomszemcsés rövid ágak ellenállásváltozása — összhangban a korábban mondottakkal — nagyobb mértékű mint a többi esetben. A nagyszemcsés fémezés csíkellenállás-változása — rövid csíkok esetén — kis mértékű, ami ugyancsak egyezést mutat az átmeneti ellenállásmérésnél tapasztaltakkal. Hosszú csíkok esetén, a kötés átmeneti ellenállásváltozása és ennek következtében a csíkellenállás relatív változása is jelentéktelen.

3.2 Az intermetallikus fázisok növekedése

Az intermetallikus fázisok minőségi növekedését a kötés átmeneti ellenállásváltozás mérések nem jelzik és nem is jelezhetik, csak közvetve utalnak rá. A kötés környezetében és a kötés alatt (az arany gömb alatt) kialakuló intermetallikus fázisok mennyisége olyan kicsi, hogy az összetétel konkrét meghatározása a legmodernebb analitikai eljárások számára is nehézséget jelent. A korábbi irodalmi vizsgálatokból és a saját megfigyelésekből pásztázó elektronmikroszkópos (PEM) analízis segítségével az általunk vizsgált mintáknál bekövetkező intermetallikum képződésre következtetni lehet. Ezt mutatják a következő PEM-felvételek, amelyek Csordás Anna közreműködésével készültek a Fémipari Kutató Intézetben.

4 órás hőkezelés után

A 7. ábra ($N \approx 1000$) a csipesszel lefeszített gömb nyomán maradt kontaktus padot mutatja. Az intermetallikus fázis olyan erősen köti az aranyat az alumíniumhoz, hogy az aranyban következik be a hasadás. A felvételen jól láthatók a csúszási nyomok.

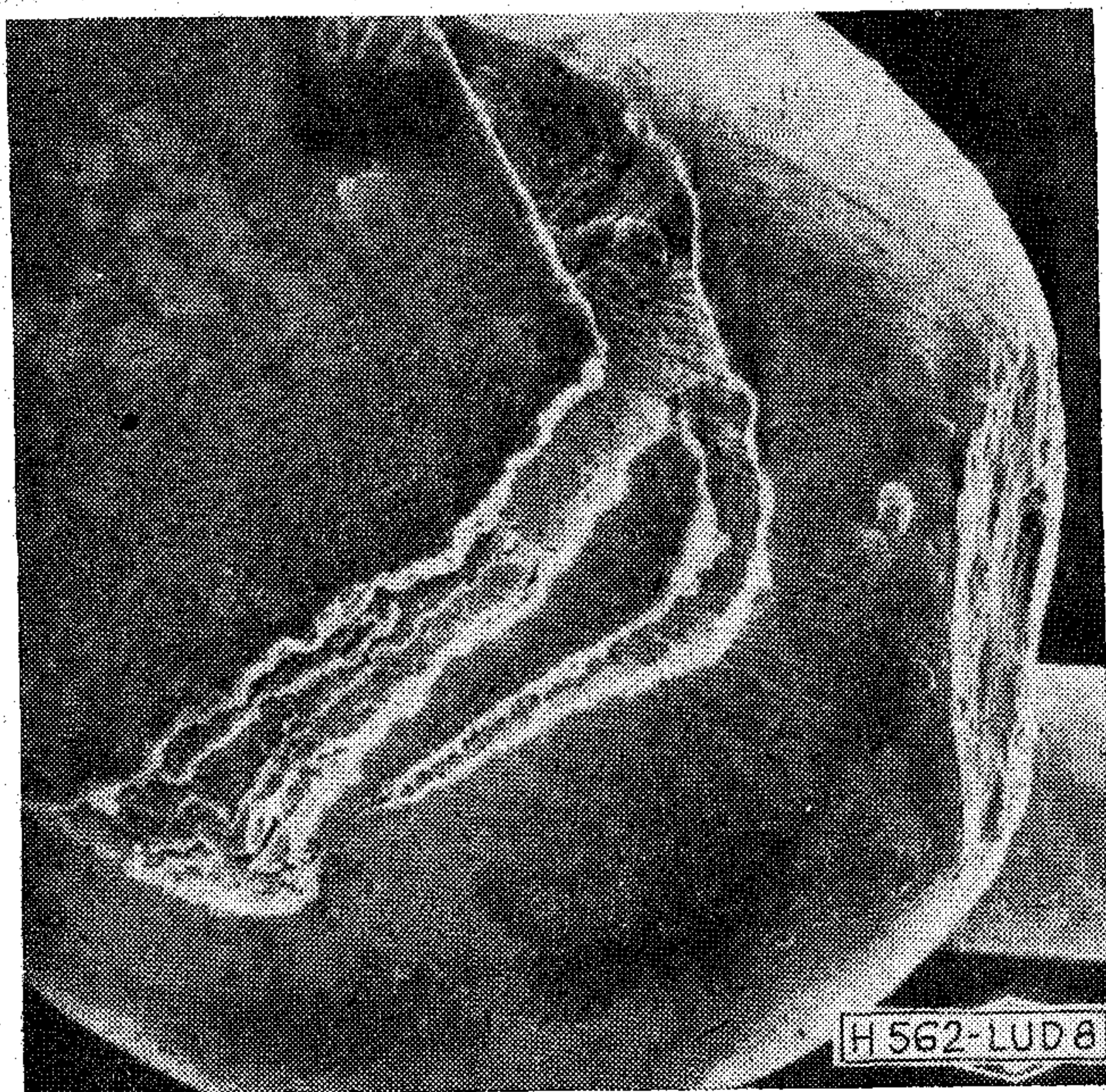


7. ábra

A 8. ábra ($N \cong 1000$) egy feltépett gömb talpát mutatja. Ez a gömb magával vitte a kontaktuspad alumíniumát, amely már enyhén porózus szerkezetű. Feltehetőleg ez az oka annak, hogy a fémoxid határfelületen csökkent a kemisorpciós erők hatása. Az alumínium szürkés fehér színű (optikai mikroszkópban), valószínűleg $\text{Au}_2\text{Al} + \text{AuAl}$ intermetallikum és alumínium keveréke.

12 órás hőkezelés után

A 9. ábra ($N \cong 1000$) egy felválasztott kötés helyét mutatja, amelyen jól látható, hogy már átalakult a teljes alumíniummennység. Az oxidhoz való kötődés szinte megszűnt mivel az intermetallikus fázis elérte az oxidot. Az arany csúszási nyoma is megfigyelhető, itt az átalakulás még nem következett be teljes mértékben.

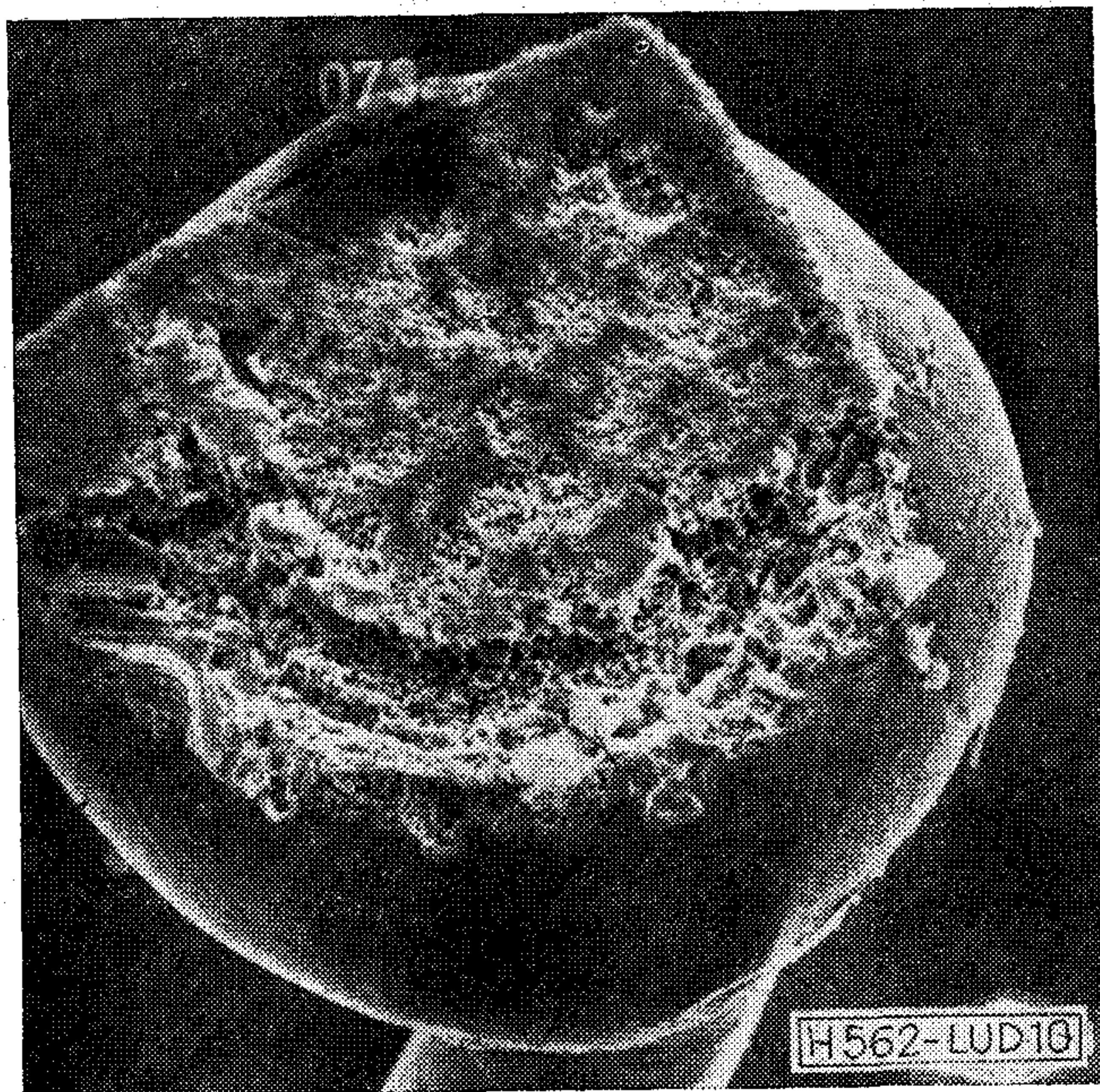


8. ábra

Az egyenetlenség a kötés egyes részein jól látható a 10. ábra ($N \cong 1000$) gömbjén. A gömb talpa erősen porózus szerkezetű, a szélén mély árok látható. Az árokban kialakult intermetallikus fázisban tört el a gömb a felválasztás során.

36 órás hőkezelés után

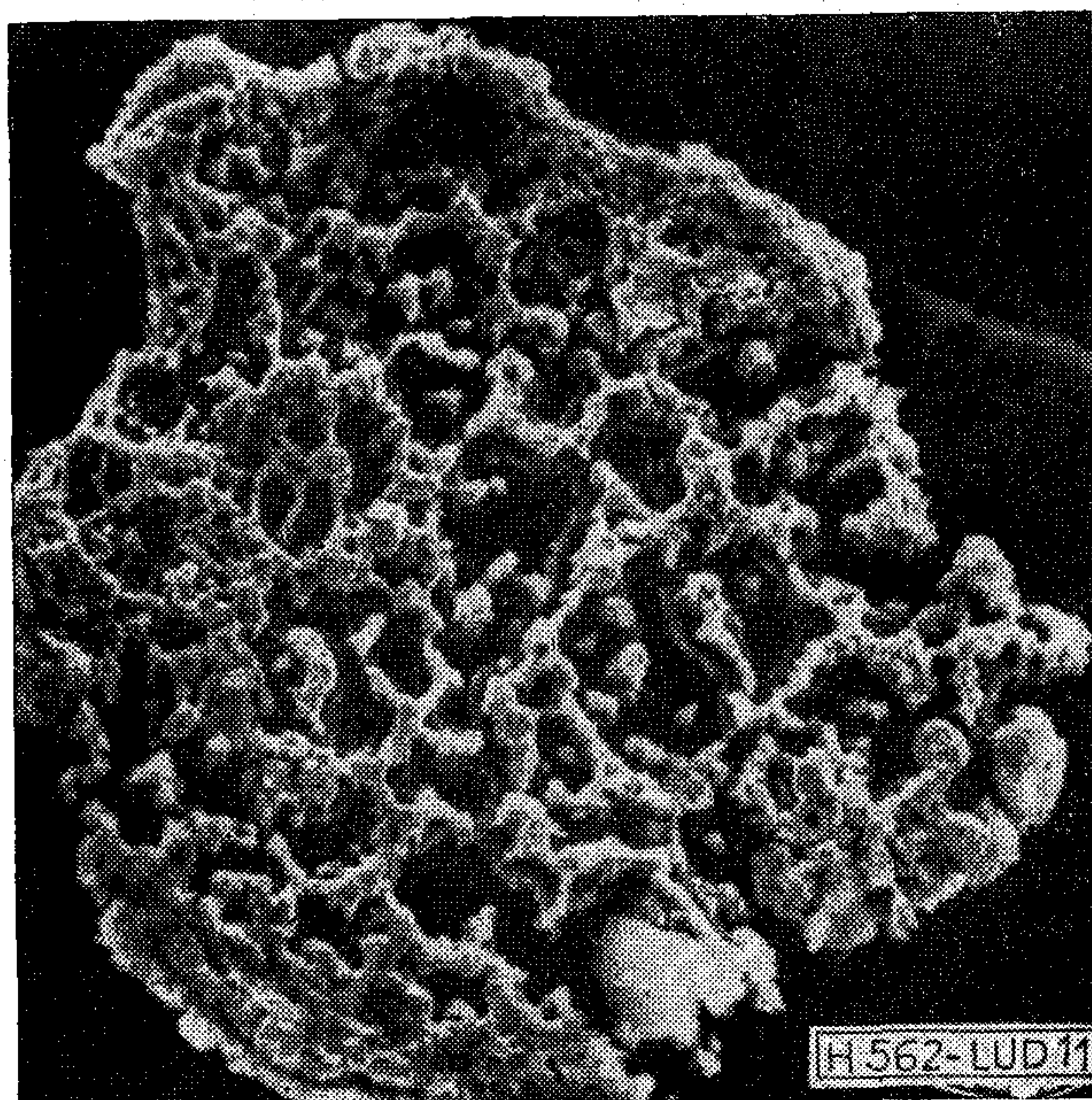
A 11. ábra ($N \cong 1000$) a kontaktus terület helyén csipkés, porózus szerkezetű intermetallikus vegyületmaradékok láthatók. A kötés szilárdsága a teljes kötési területen nullára csökkent. Az ilyen jellegű felválás nem általános ugyanis a kötés szélén mélyebb a gömbben az intermetallikus fázisok előrehaladása. Ezt mutatja a 12. ábra ($N=1000$), ahol egy felválasztott gömb talpa látható. A gömb szélén mély árok van, az árokban kristályos képződmények láthatók.



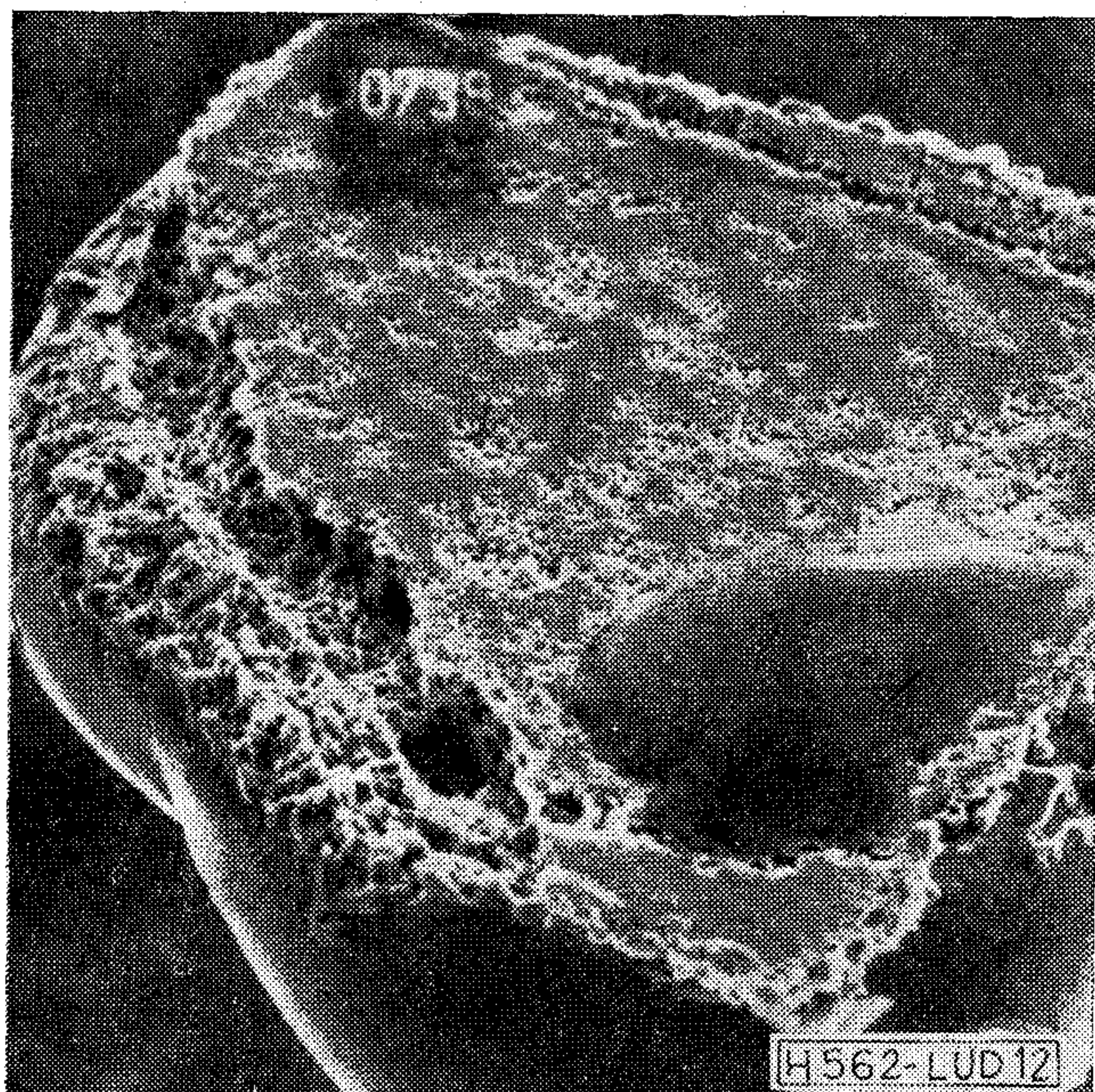
10. ábra



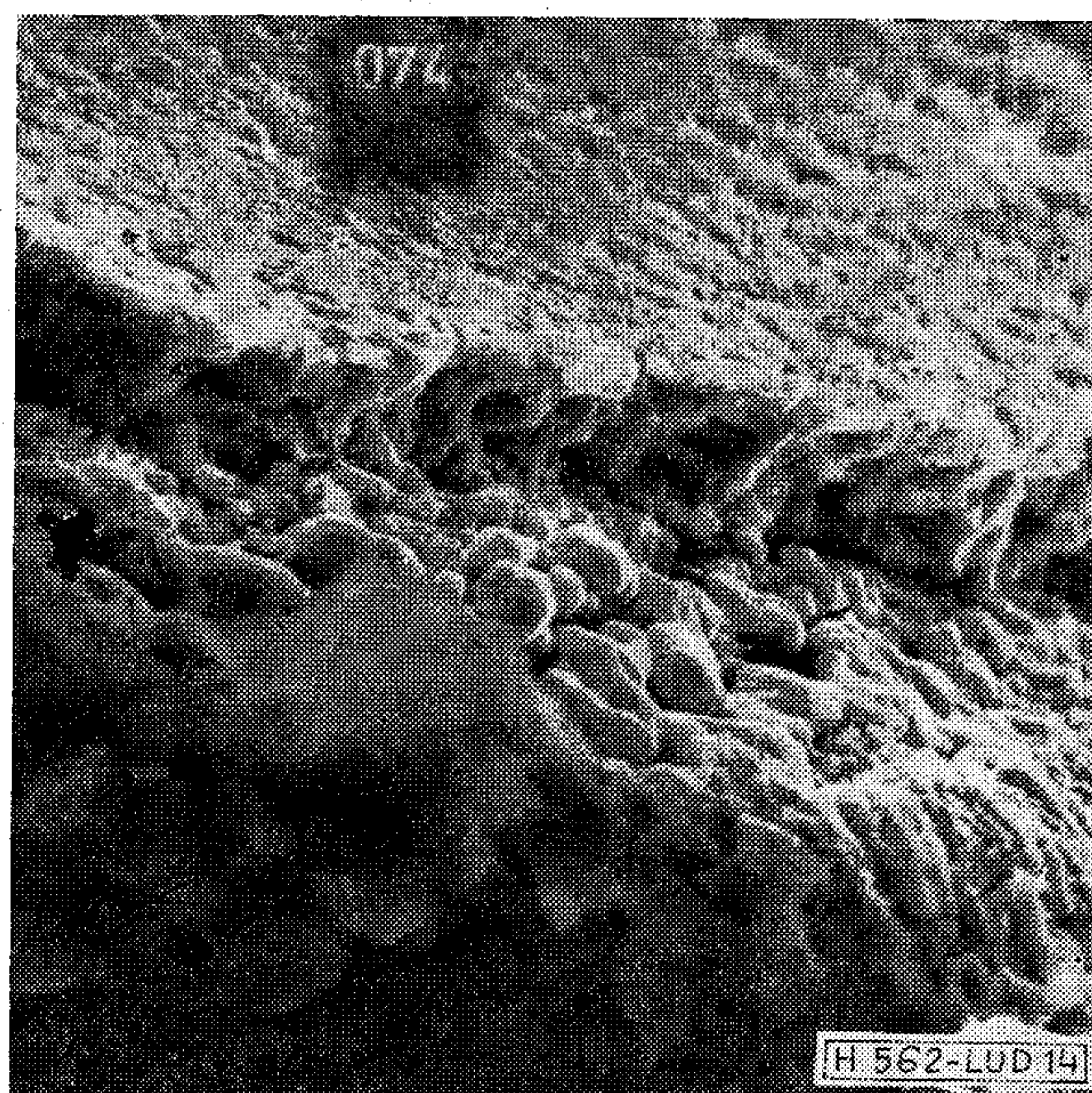
9. ábra



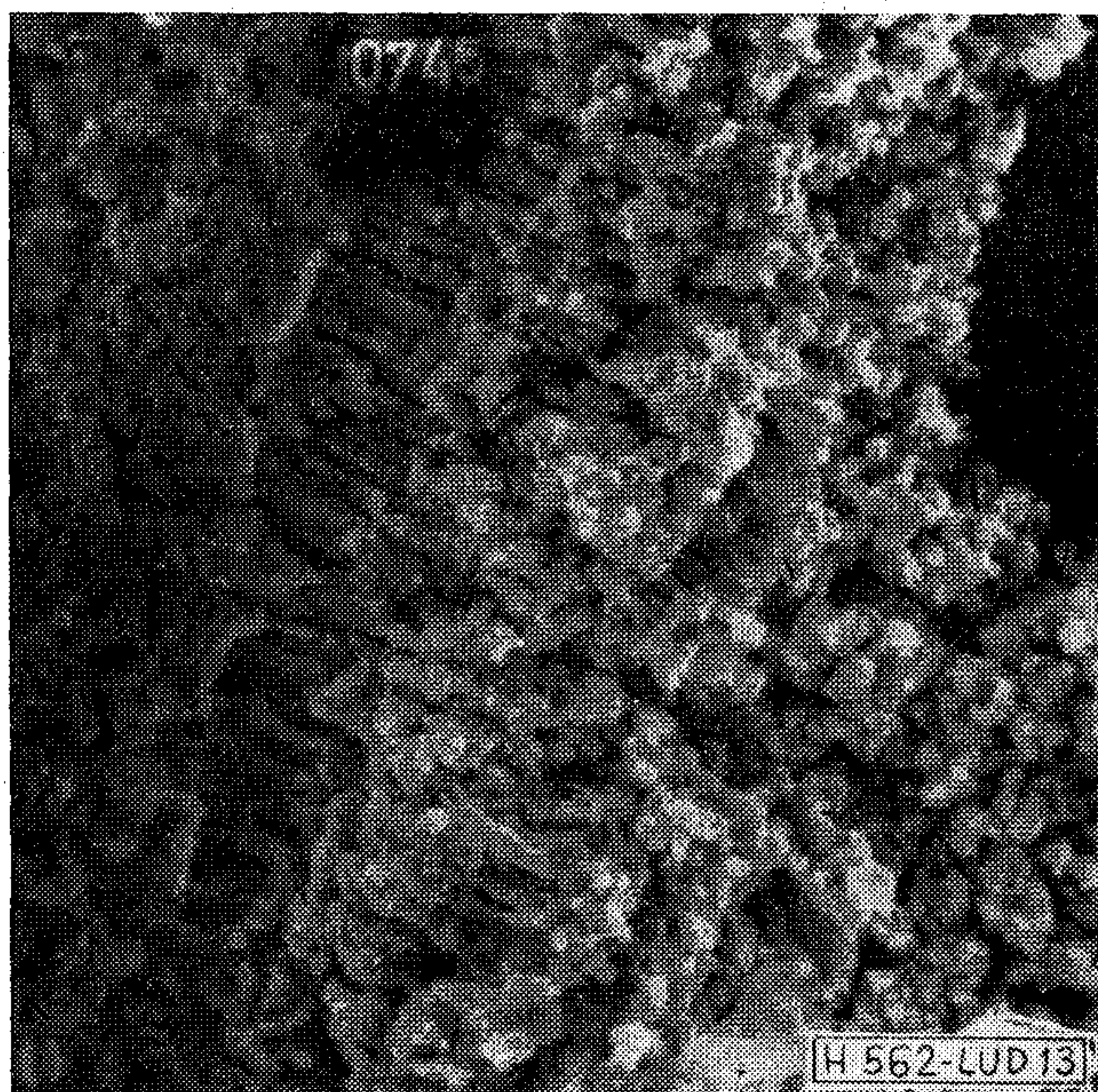
11. ábra



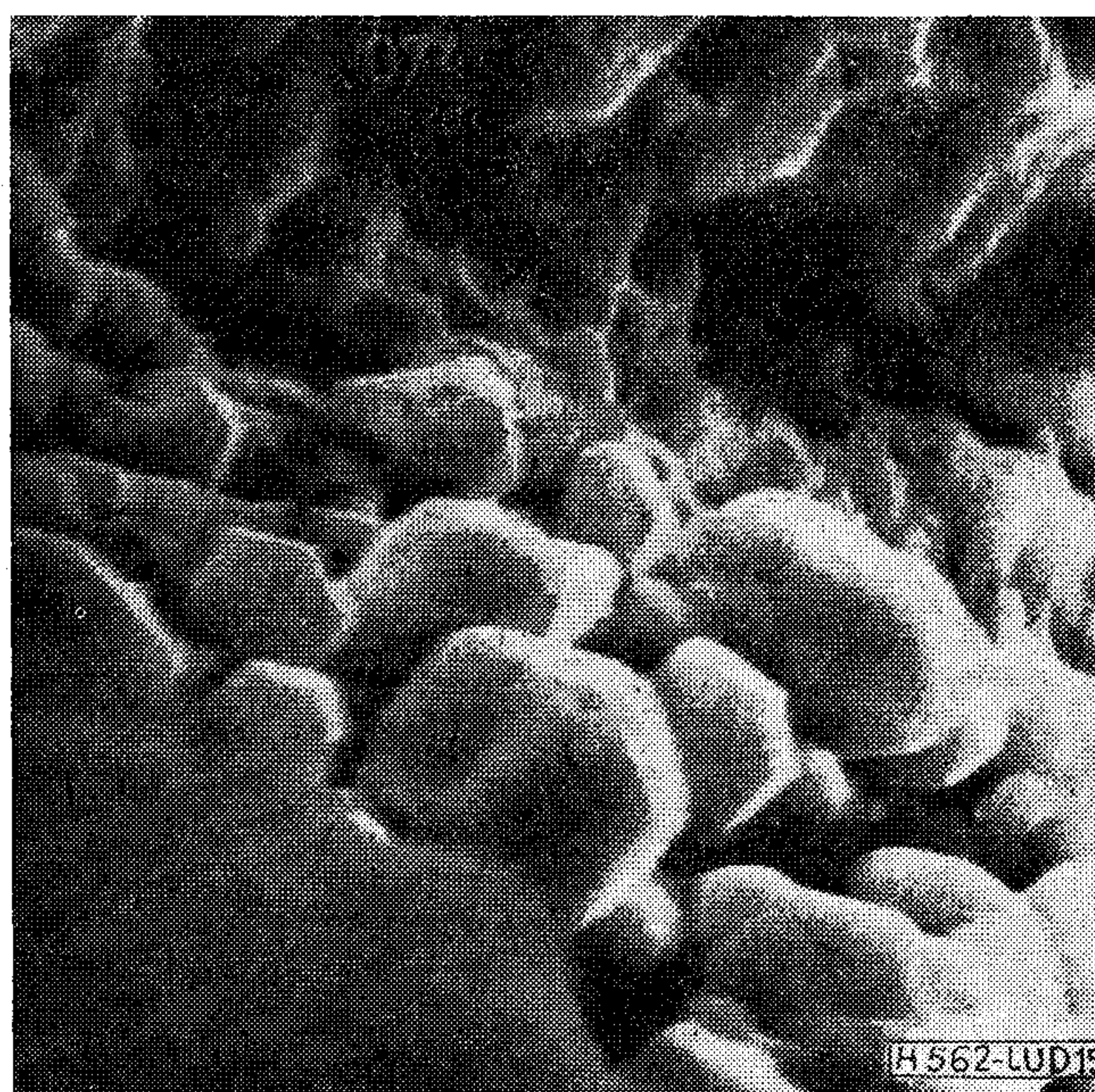
12. ábra



14. ábra



13. ábra



15. ábra

52 órás hőkezelés után

A 13. ábra ($N \approx 3000$) a felválási hely szerkezete látható, elsősorban a kötési terület széle. A felvétel jobb sarkán látható sötét folt jelzi az alumínium hiányát. A sávszerű rész a kötési terület, ettől balra a kötésen kívüli intermetallikus fázis látható. A kötés alatti területen az intermetallikum finomszemcsés, de rendkívül ritka, a szemcsék egymással semmiféle kapcsolatban nincsenek. Ez az oka annak, hogy a gömb felválasztásához erőre nem volt szükség, sőt az magától felemelkedett. A felválasztott gömb talpának szerkezetét a 14. ábrán ($N \approx 3000$) láthatjuk. A gömb szélén mély árok húzódik, amelyben határozott morfológiájú kristályok láthatók. Az árokban levő kristályok jól láthatók a 10 000-szeres nagyítású felvételen, a 15. ábrán. Az epidot formájú kristályok az

arany felőli oldalon képződtek, az aranyból nőttek ki. A felválási helyen nem találhatók meg, ez arra utal, hogy ez egy új, a korábbi intermetallikumoktól eltérő szerkezetű fázis. A kötés felválása ezen a fázishatáron következett be. Ez a nagyszemcsés határozott formájú, kristályos fázis Au_4Al lehet. A felválás az $Au_4Al-Au_5Al_2$ fázishatáron következett be, mivel az Au_4Al fajtérfogata lényegesen kisebb mint az Au_5Al_2 fázisé. A repedés az átalakulás során bekövetkező térfogatváltozás miatt következett be.

4. Következtetések

Az átmeneti ellenállás változásának mérése információkat szolgáltat a kötések degradációjának előrehaladására. A vizsgálatokat PEM-analízissel kiegészítve

szítve megállapítható, hogy a kötési területen bekövetkező intermetallikum képződés felelős a kötés felválásért. Az intermetallikumok kialakulása nagy mértékben függ a kötés kialakításának körülményeitől, az alkalmazott hőmérséklettől és a deformáció mértékétől. A deformáció hatására a kötési terület szélén nagy mértékű az intermetallikus fázisok aranybeli előrehaladása. Ez eredményezi a domináns Au_5Al_2 fázis kialakulását a hőkezelés során, ugyanakkor a kötés középső zónájában $AuAl$ és Au_2Al kialakulása feltételezhető. A kötés felválásáért részint a középső zónában lecsökkent oxid-alumínium kötőerő, részint az Au_5Al_2 -ben kialakuló törés felelős. Ez utóbbi jelenség az Au_4Al kialakulásával magyarázható.

Az átmeneti ellenállásmérés — a kötési paraméterekre való érzékenység következtében — paraméterbehatárolási módszert tesz lehetővé. A módszer segítségével meghatározható a kötés paraméterek degradációra gyakorolt hatása, ebből következően a megbízható kötési technológia paraméterei is. A módszer nem érzékeny az adott rendszerre, csak a vizsgált paraméterintervallumot kell az adott metallurgiai rendszernek megfelelően megválasztani. A módszer megfelelő alkalmazása a kötési paraméterek gyártásközi ellenőrzésére is lehetőséget teremt.

Összefoglalás

Az elvi vizsgálatok alapján kidolgozott átmeneti ellenállásmérési módszer lehetőséget teremt a kötések degradációjának vizsgálatára. Közvetlen információkat nyújt a kötés állapotáról, sőt a gyártási technológia paramétereinek megfelelő beállításáról, roncsolásos analízis nélkül. A kidolgozott vizsgálati módszer

és a kiegészítő PEM-analízis segítségével meghatároztuk az átmeneti ellenállásváltozás és az intermetallikus fázisok kialakulása közti kapcsolatot. A gyorsított vizsgálatok információt szolgáltatottak az intermetallikumok növekedését befolyásoló diffúziós viszonyokra, valamint a hőkezelés során bekövetkező metallurgiai változásokra. A módszer érzékenyen jelzi a kötési paraméterek degradációra gyakorolt hatását, ezért paraméterbehatárolásra és gyártásközi ellenőrzésre alkalmassá tehető.

I R O D A L O M

- [1] T. S. Ellington: Lead Frame Bonding. SOLID STATE TECHNOLOGY, Oct. 1973, pp. 59-62.
- [2] N. Ahmed—J. J. Svitak: Characterization of Gold-Gold Thermocompression Bonding. SOLID STATE TECHNOLOGY, Nov. 1975, pp. 25-32.
- [3] E. Philofsky: Intermetallic Formation in Gold-Aluminium Systems. SOLID STATE ELECTRONICS, Oct. 1970, pp. 1391-1399.
- [4] A hőmérséklet és nyomás hatása a termokompressziós kötés minőségére. EIVRT belső jelentés. Készítette: Laczkó Béla 1976.
- [5] B. Selikson: Void Formation Failure Mechanisms in Integrated Circuits. PROCEEDINGS of the IEEE, Sept. 1969, pp. 1594-1598.
- [6] M. Kashwabara—S. Hattori: Formation Al-Au Intermetallic Compounds and Resistance Increase for Ultrasonic Al Wire Bonding. REVIEW of the ELECTRICAL COMMUNICATION LABORATORY, Sept. 1969, pp. 1001-1013.
- [7] M. Hansen: Constitution of Binary Alloys. McGraw-Hill Book Co., New York, 1958.
- [8] I. O. McCaldin—H. Sankur: Diffusivity and Solubility of Si in the Al Metallization of Integrated Circuits. APPLIED PHYSICS LETTERS, 15. Dec. 1971, pp. 524-527.
- [9] G. L. Schnable—R. S. Keen: Aluminium Metallization Advantages and Limitations for Integrated Circuit Applications. PROCEEDINGS of the IEEE, Sept. 1969, pp. 1570-1580.

25 éves a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

Az elektronikai ipar világszerte a leggyorsabban, legdinamikusabban fejlődő iparág. Az elektronika áttörése, behatolása más iparágakba és a mindennapi élet szinte minden területére, ma már mindenki előtt ismeretes.

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet, az elektromechanikai alkatrészek kutatását kivéve, az elektronikában alkalmazott szinte minden korszerű alkatrész kutatásával, fejlesztésével foglalkozott, ill. foglalkozik. Ez a tevékenység természetesen nem csupán az adott alkatrész kifejlesztésére vonatkozik, hanem felöleli az alkatrész fejlesztésétől kezdve a gyártástechnológiák kutatásán, fejlesztésén át a késztermék ellenőrzésének, méréseinek, megbízhatósági vizsgálatainak kutatását is, így az 1953-ban alapított, most 25 éves fennállását ünneplő Intézetnek jelentős szerepe volt, és van az ország gazdasági fejlődésében.

Tevékenysége kezdetben szélesebb spektrumot fogott át — így jelentős részt vállalt a wolfram-, fénypor- és elektroncső kutatás feladataiból is. A fejlődés folyamán ez a tevékenységi kör szűkült. Egységes kutatási irányvonal alakult ki, amely az alkatrészek miniaturizálásához és integrálásához és az ehhez tartozó feladatokhoz kapcsolódott. A mikroelektronika fejlődését a 60-as évektől kezdődően alapvetően az integrált áramkörök határozták meg.

Ennek megfelelően a HIKI kutatási-fejlesztési munkáinak középpontjában a mikroelektronikai eszközök, technológiák és mérőberendezések kutatása és fejlesztése áll.

Az Intézet, a Híradástechnikai Tudományos Egyesülettel együttesen, a jubileum alkalmából kiállítással egybekötött Tudományos Ülésszakot rendezett, folyó évi március hó 3. és 13. között, a Technika Házában. Az ülésszakon

- a félvezető integrált áramkörök
- a rétegtechnika- hibridáramkörök
- az alkalmazástechnika
- a technológiai berendezések és célgépek fejlesztése
- az integrált áramkör mérés technika
- a passzív alkatrészek, nyomtatott áramkörök
- a megbízhatósági vizsgálatok és
- a nemzetközi kooperáció

témakörében 36 előadás hangzott el.

A kiállítást és az előadásokat a szakemberek széles körének nagy érdeklődése kísérte. A rendezvény jól reprezentálta az ország harmadik legnagyobb kutató intézetének igen eredményes munkásságát.

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Tartalomjegyzék

XXVIII. évfolyam (1977)

	Szám	Oldal		Szám	Oldal
Dr. Ambrózy András: Hőérzékelők optimális zajillesztése	6	161	Mikics László—Pató Lajos: A BHG kvázielektronikus alközpontjai	12	353
Andrási Andorné—Barna Árpád—Barna B. Péter—Beleznay Ferenc—Mojzes Imre—Pődör Bálint—Sebestyén Tibor—Stark Gyula—Szentpáli Béla—Szép Iván: GaAs alapú Gunn diódák a 7—10 GHz-es frekvenciasávra	2	42	Nemesszeghy György: FEN áramkörök	3	65
Antal László: A kvadrofónia Lengyelországban és Magyarországon	4	125	Papp László: Digitális függvénygenerátor	3	90
Balogh Albert—Bocskay István: Elektronikai alkatrészek megbízhatósági jellemzőinek előírása	4	110	Pálinszki Antal: Jel-zaj-viszony javítása SECAM-rendszerben	1	24
Bencsáth Péter—Kun László: Az aktív RC-szűrők költségoptimalizálása és többparaméteres érzékenységi problémái	7	210	Pálinszki Antal: SECAM rendszerű televíziós átvitelnél alkalmazott haranggörbe-erősítő pontatlan beállításának hatása a jel-zaj a viszony javulás mértékére	7	201
Dr. Berceli Tibor—Juhász Kálmán—Nagy Walter—Sellei Tibor: Gunn- és IMPATT diódás oszcillátorok	9	273	Pálinszki Antal: Pontatlanul beállított haranggörbe-erősítő gyors lefutású színátmenetekre gyakorolt torzító hatásának vizsgálata SECAM-rendszerű televíziós átvitelnél	9	280
Bognár László: Integrált szolgáltatású vezetékes hírközlő hálózatok (kábeles televízióhálózatok)	10	300	Petrikovits László—Göblös Imre: Vastagréteg modell áramkörök segítségével végzett megbízhatósági vizsgálatok	4	101
Dr. R. Boll: A fejlesztés újabb eredményei lágy mágneses ötvözetek és alkatrészek területén	11	327	Pődör Bálint—Mojzes Imre: GaAs Gunn-diódák küszöbáramának és feszültségének hőmérsékletfüggése	5	155
Dr. Budincevits Andor: Vákuumfizika a híradástechnikában	8	237	Stefler Sándor: Távközlési tapasztalatok Itáliában ..	10	297
Dienes Barnabás: A fotovoltaiikus PIN fotodiódák hibái	10	305	Somodi József: A KF modulált rendszerű tv jel előállításának néhány kérdése (Híradástechnikai Szövetkezet)	12	376
Dr. Ferencz Csaba: Elektromágneses hullámterjedés inhomogén közegekben. Gyenge és erős inhomogenitások	1	19	Sonkoly Aurél: Univerzális aktív RC szűrők hibrid-áramköri kivitelben	8	225
Dr. Ferencz Csaba: Elektromágneses hullámterjedés inhomogén közegekben: Az inhomogén alapl módok módszere	2	50	S. Schmidtmann: Vívőfrekvenciás átviteltechnika nagyfeszültségű távvezeték szigetelt földvezetékén az FB 441-es berendezéssel Z 12 F — TFE üzemmódban	2	56
Dr. Ferencz Csaba: Elektromágneses hullámterjedés; a csoportsebesség analízise	3	71	Szabó Csaba: A fáziszánt hurok, mint vívőszűrő ...	7	193
Dr. Ferencz Csaba: A híradástechnikát is érintő tendenciák az úrkutatásban	5	129	Szabó Csaba: Vívő-szinkronizáló módszerek tulajdonságainak összehasonlítása digitális fázis-moduláció (PSK) esetén	8	249
Fiala Károly: Vezetékes iránycsatolók tervezése ..	5	137	Szabó Zoltán: Két- és négyállapotú fázismodulált jel koherens demodulálásához szükséges referencia-jel hibái	6	175
Dr. Flesch István: Vegyes logika alkalmazása logikai hálózatok tervezésében	11	321	Százaz György: Nagy alakhűségű vizsgáló impulzus előállítása	10	309
Gefferth László: Egyszeres hibák lokalizálása lineáris áramkörökben	2	33	Dr. Tófalvi Gyula: Hozzászólás Dr. Kovács M.—Saufert J. „Mikroprocesszorok” című cikkéhez ..	1	13
Dr. Géher Károly: Számítógép-programok katalógusa, 1976	8	244	Dr. Tóth Endre: A kerülőutas forgalomirányítás kérdései	6	182
Géresi Kálmán: Az elektrolitfejlesztés jelenlegi helyzete és irányai	8	233	Várkonyi Tamás: Másodfokú belbontású aktív szűrőegységek jellemző utalajdonságai	11	332
Halász Miklós: A szénhidrogénipar hírközlő hálózata ..	4	97			
Halmi Gábor: TTL áramköri elemekkel felépített berendezések zaj-zavar védettsége (I. rész)	10	289	Egyéb		
Halmi Gábor: TTL áramköri elemekkel felépített berendezések zaj-zavar védettsége (II. rész)	11	341	FIRATO—'76	1	14
Honi Géza—Szentirmai Zsolt: Matematikai modell az ismételt híváskísérletek hatásának közelítő számítására	4	117	Mikrohullámú Szeminárium	1	15
Horváth Ferenc: Diazofilmek nyomtatott áramkörök gyártásában történő alkalmazásáról (VIDEOTON) ..	12	365	Harmadik Nemzetközi Mikrohullámú Ferrit Konferencia	1	15
Horváth Gyula: A telefon társadalmi jelentősége ...	11	345	Műszaki hetek Gyöngyösön	1	17
Husztly Gábor: Jelfeldolgozás homomorf rendszerekkel ..	6	166	A HTE és a KTE közös ünnepi ülése	1	17
Jutasi István: A technológiai távközlés kialakulása, jelenlegi és jövőbeni szerepe	9	257	A HTE, MATE és NJSZT Mikroprocesszorok Alkalmazása Munkabizottság megalakulása	2	41
Karsay R.—Márton G.—Siminszky F.: Néhány szó a BEAG stúdiómikrofon-családról	12	390	A HTE jelentése a MTESZ VB előtt	2	41
Dr. Kerpán István: A Fourier-transzformáció és a híradástechnika	9	261	Nemzetközi Műszaki Klubdélután	2	49
Dr. Kovács Magdolna—Saufert János: A nagybonyolultságú integrált áramkörök — mikroprocesszorok — műszaki és gazdasági kérdései	1	1	Beszélgetés a végzős hallgatók jövőjéről	2	61
Kun László: Feszültség-frekvencia konverterek felépítése és hibrid áramköri megvalósítása	7	204	A HTE közgyűlése	5	149
			Puskás Tivadar Emlékermeseink	5	151
			Pollák—Virág Díjasaink	5	152
			Az 1976. évi Diplomaterv Pályázat díjnyertesei	5	152
			Az 1976. évi Szakdolgozat Pályázat díjnyertesei ...	5	152
			Felhívás az Alkatrész Konferencián való részvételre ..	5	153
			A HTE Zrínyi csoportjának egyéves működéséről ..	5	153

	Szám	Oldal
Megalakult a győri Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán a HTE intézeti csoportja	6	174
Könyvismertetés: J. D. Markel — A. H. Gray J. R.: Linear Prediction of Speech	6	186
Levelek a szerkesztőséghez: Ternyilla Mihály hozzászólása Dr. Kozma László cikkéhez	7	199
Dr. Kozma László válasza Ternyilla Mihálynak ..	7	199
Beszámoló a színes TV Munkabizottság üléséről ..	7	220
A HTE vidéki szervezetei vezetőinek 1977. évi első ülése	7	220
Szakmai napok rendezése végzős hallgatók részére ..	7	220
Megalakult a HTE Siófoki Helyi Csoportja	7	221
Távadatfeldolgozás—Számítógéphálózatok—Nemzet- közi Szimpózium.....	7	221
Felhívás Szakdolgozat pályázatra	9	270
A HTE és a MATE közös szervezésében előadás „A műszaki megbízhatóság és biztonság kérdései az elektronikus és a híradástechnikai berendezések fejlesztésénél	9	271
A HTE és a NJSZT közös klubdelutánja a távadat feldolgozással kapcsolatban	9	271
Az optikai információátvitel	9	271
3. Megbízhatóság Konferencia — Lipcse	9	271

	Szám	Oldal
Beszámoló a Párizsi Alkatrész Szalonon látottakról	9	272
Könyvismertetés: Vágó István: A gráfelmélet alkalmazása villamos hálózatok számításában	10	304
Mayeda, Wataru: Alkalmazott gráfelmélet	10	304
SZVJÁZ'77 híradástechnikai kiállítás — Moszkva ..	11	324
A mikroelektronika modern alkatrészeinek alkalma- zása konferencia — Lipcse	11	325
Szabványosítási konferencia — Tibiliszi	11	325
Beszámoló a „Fourth European Specialist Workshop on Active Microwave Semiconductor Devices” kon- ferenciáról — Baden	11	326
A TERTA átviteltechnikai berendezései	12	358
Finommechanikai Vállalat	12	363
BRG — Kazettás, mágnesszalagos számítástechnikai perifériák	12	371
ORION—AT 900-as tv-család	12	375
HIKI — Hibridintegrált áramkörök alkalmazása a mikroelektronikában	12	381
EIVRT — Integrált áramkörök hazai tömeggyártása TUNGSRAM — FAIRCHILD kooperációban	12	384
BEAG — Néhány szó a BEAG HTP 30 hangoszlop családjáról	12	388

2. Elektromágneses Kompatibilitás Szimpózium

1977-ben Montreux-ban tartották a 2. Elektromágneses Kompatibilitás Szimpóziumot és technikai kiállítást. A konferencia 109 előadása 19 szekcióban hangzott el.

Ezenkívül a következő témákat:

- az EMC jellegzetességei,
- programozható kalkulátorok és számítógépek használata az EMI előjelzésében és az EMC tervezésében,
- az elektromágneses pulzus hatásai,
- EMI/RFI árnyékolás módszerei és anyagai,

négy munkacsoportban, valamint a

- katonai EMC specifikációk bevezetésének kísérleteiről,
- az amerikai és az európai mérési technika helyzetéről és jövőjéről,

két plenáris vitafórumon dolgozták fel. A konferencián részt vett egyesületünk képviselője is.

A konferencián W. Cory az IEEE EMC-csoport képviselője megnyitóbeszédében hangsúlyozta, hogy az EMC ma már önálló tudományág, kialakult rendszerezett elméleti alapokkal, matematikai modellekkel, önálló vizsgálati módszerekkel rendelkezik.

Az EMC mint tudomány négy fő témaköre:

1. Adók frekvenciakiosztása.
2. Nem kívánt emissziók korlátozása.
3. A környezet elektromágneses interferenciáinak tanulmányozása. Elektromos berendezések zavart környezetben való működési lehetőségeinek vizsgálata.
4. Elektromágneses tér biológiai hatásának vizsgálata.

- Az adók frekvenciagazdálkodása egyre nagyobb gondot jelent, mert az állami- és magánadók száma ugrásszerűen megnőtt. Pl. csak az NSZK-ban több mint 600 000 engedélyezett adó működik (1957-ben még csak 30 000 volt). Ma már világos, hogy a frekvenciagazdálkodás csakis számítógépek alkalmazásával oldható meg. A munkát adatbank létrehozásával kell kezdeni a ma működő adóberendezések adatai alapján, majd ezek felhasználásával kell új adók üzembe helyezése előtt a várható interferenciákat kiszámítani, ill. az optimális elhelyezést, frekvenciát, megállapítani. Ilyen programok készítéséről számolt be a konferencián Krusch (Deutsche Bundespost) és Saver (Federal Communication Commission USA).
- Nem kívánt emissziók korlátozása

Ma az elektromágneses zajok interferenciák terén már az ember által keltett zajok dominálnak, ezen belül a járművek gyújtászaja a fejlett országokban az uralkodó. Ezért széles körű vizsgálatokat folytatnak világ-

szerte a *gyújtászajok csökkentésére*. Igen érdekes volt HSU (General Motors Res. Lab.) előadása a gyújtáselosztóban keletkezett zaj egyszerű olcsó csökkentéséről egy segédérrintkező alkalmazásával.

Külön szekció foglalkozott az *árnyékolás kérdéseivel*. Az árnyékolás ugyanis ma is még a leghatékonyabb módszer mind a zavar sugárzás csökkentésére, mind pedig az elektronikus berendezéseknek a zavarójelekkel teli környezetben való hibátlan működése biztosítására. Az épület csillapítás kísérleti vizsgálatairól számolt be az egyetlen magyar előadás (Szekeres Béla, BME).

Külön előadás foglalkozott az árnyékoláshoz használt anyagok korrózióállósági vizsgálatával, valamint üvegre párologtatott fém-vékonyréteg-árnyékoló számítógépes optimalizálásával.

- *Interferenciákkal teli elektromágneses környezetben való működés feltételei*

Több előadás foglalkozott a „mágneses tisztaság” fokozataival, elérésükhöz vezető módszerekkel és az ellenőrzéshez szükséges mérésekkel. A zajvizsgálatokból megállapítható, hogy az ember által keltett zajok messze felülmúlják a természetes zajforrásokat. A zajok statisztikus vizsgálatai egyértelműen megmutatták, hogy az *interferenciazajok erősen nem gaussi zajok*. Ezért ezek a hagyományosan gaussi zajokra tervezett rendszereknél komoly paraméterromlást okozhatnak.

Hagedoorn (Hollandia) számszerű adatokkal mutatta be, hogy zavaró terek által az áramkörökben indukált áram pl. tranzistoros erősítők munkapontját nagy mértékben eltolhatja.

Az e témakörbe tartozó előadások jelentős része a berendezéseknek zajos környezetben való működésre tervezésével foglalkozott, digitális- és multiplex-rendszerekhez is. (Pl. irodagépek, számítógépek, tervezése, működése.)

- *Elektromágneses tér biológiai hatásai*

A legtöbb előadás sztatikus vagy lassan változó (60 Hz) terek hatását vizsgálta, állat- és növénykísérletekben. Megállapították, hogy az állatok esetében a motorikus mozgásokat már a hőhatást még nem okozó terek is fokozták. A növényekre csak olyan erős terek voltak káros hatással, amelyek a növénylevelek élénél vagy csúcsán koronakisülést okoztak.

Mikrohullámú technikai szempontból érdekes volt Amborzio és Lá Manna előadása, melyben sztatikus elektromos és mágneses terek, valamint mikrohullámú sugárzások hatását vizsgálták rovarlárvákkal.

(Folytatás a 84. oldalon.)

Lézer fényforrások kutatása és alkalmazása Magyarországon

A kvantumelektronika a lézerek és alkalmazásukkal foglalkozó tudományág. A kutatások megindulását ezen a területen Magyarországon 1963. december 6-ra tehetjük, ekkor lépett működésbe a Központi Fizikai Kutató Intézet optikai laboratóriumában az első infravörös fényt sugárzó He-Ne gázlézer. Érdemes megemlíteni azon kutatók nevét, akik ebben az új korszakot megindító munkában részt vettek: Bakos József, Csillag László, Kántor Károly és Varga Péter. A KFKI-ban azután folytatódott a lézerek létrehozása, hamarosan újabb kísérleti berendezések készültek el: egy impulzusüzemű rubin alapanyagú szilárd test lézer és egy vörös látható fényt sugárzó He-Ne lézer. A lézer mint új eszköz hamarosan tovább lépett, a Magyar Optikai Művekben a KFKI-ben nyert tapasztalatok segítségével először infravörös, majd látható fényt sugárzó kísérleti He-Ne lézer épült meg. A lézerek felélesztették és komoly alkalmazási lehetőségeket hoztak az addig csak elvi érdekességként nyilvántartott holográfiai fényképezési technikában. Az első hologram-fénykép Magyarországon 1967-ben készült a kvantumelektronikai kutatásokat megkezdő KFKI optikai laboratóriumában.

A lézerek kutatása és alkalmazása ma aránylag széles körben folyik Magyarországon. A tudományos problémák vizsgálata és az alapvető lézerfejlesztési munkák egyik fő bázisa a KFKI, de a lézerek alkalmazását célzó vizsgálatok már sok helyen megindultak. Ezen cikk keretében áttekintést adunk a különböző helyeken folyó munkák jellegéről és főbb eredményeiről.

A Szegedi József Attila Tudományegyetemen ma folyó kvantumelektronikai vizsgálatok magja az ott korábban folytatott lumineszcencia kutatások voltak. Ennek a továbbfejlődéseként azután áttértek a folyadék lézerek tudományos és gyakorlati problémáinak vizsgálatára. Részletesen analizálták impulzusüzemű folyadéklézerek különböző tulajdonságait, majd kifejlesztésre került egy N_2 gázlézer, elsősorban folyadéklézerek gerjesztésének céljára. Ez a N_2 lézer, a kísérleti laboratóriumi lézer szintjét túlhaladva, továbbfejlesztésre került és több példányát más helyeken is alkalmazzák.

Az Egyesült Izzó Kutató Intézete 1974-ben kapcsolódott be a lézervizsgálatokba. A lézertechnika alapját KFKI-is tapasztalatok felhasználásával több kísérleti He-Ne lézer megépítésén tanulták meg, majd megindultak egy nagy teljesítményű folyamatos üzemű CO_2 gázlézer fejlesztési munkái. A cél ezen lézertípusnak a korszerű gyári technológiában való alkalmazása.

A MOM-ban kezdődtek meg a KFKI után — mint már említettük — leghamarabb a lézeres fejlesztő-kutatások. Több He-Ne lézer típust hoztak létre, amelyeket különböző helyeken használtak. A MOM He-Ne lézerét alkalmazták a budapesti metró építésénél az alagútfúró pajzsnak a kívánt fúrási irányba való tartásánál. A MOM kutatólaboratóriumában más lézertípusok is készültek laboratóriumi kiviteli

szinten: CO_2 lézer, N_2 lézer és ezzel gerjesztett folyadéklézer. Legújabbán pedig a KFKI tapasztalatai segítségével egy folyamatos üzemű kék fényt sugárzó He-Cd fémgőzlézer készült el.

A lézer konkrét ipari alkalmazást is talált már Magyarországon. A REMIX-gyárban ellenállások trimmelésére üzemszerűen használják a KFKI-ban kidolgozott NdYAG szilárdtest lézert. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben ellenállástrimmelés kísérleteket folytatnak lézerrel.

A Budapesti Műszaki Egyetemen több területen folyik lézerek alkalmazásával kapcsolatos munka. TV-képtvitelt valósítottak meg laboratóriumi körülmények között He-Ne lézer segítségével. Vizsgálatok folynak elektrooptikai kristályok előállítására és tulajdonságaik megállapítására. Erőteljes munka kezdődött az impulzus holográfia területén.

A Műszaki Fizikai Kutató Intézetben szilárd testek egyes jellemzőinek mérése folyik lézer fényforrások felhasználásával. A Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetben számítógép-kijelzésnél használható sornyomtató berendezés fejlesztésén dolgoznak, amelyben lézert alkalmaznak.

A lézerfény különleges tulajdonságai az oktatásban kiválóan alkalmazhatók. Példaként megemlítjük az Eötvös Loránd Tudományegyetemet és az Egri Ho Si Minh Pedagógiai Főiskolát, akik a KFKI-ban készített He-Ne lézereket használják oktatási célokra.

A II. Számú Sebészeti Klinikán igen érdekes kísérletek folynak a lézerfénynek a gyógyításban való felhasználásában. Azt a jelenséget vizsgálják itt, hogy bizonyos nem gyógyuló sebek lézerfényvel történő besugárzás hatására részlegesen javulnak, vagy az esetek bizonyos hányadában teljesen begyógyulnak. A lézerfény hatásmechanizmusa nem ismert még ennél a jelenségnél.

A KFKI egyik fő bázisa a kvantumelektronikai kutatásoknak. A továbbiakban az itt folyó munkát ismertetjük. A KFKI-ban mutatták ki először a nemlineáris fotoeffektus létezését nagy teljesítményű rubin lézer alkalmazásával. Ismert jelenség a fotoeffektus, ahol ha a fény kvantumenergiája kisebb, mint egy fémben az elektronok kilépési munkája, akkor a fotoeffektus révén elektronok a fémből nem tudnak kilépni.

Ez a törvény azonban extrém nagy fényintenzitásoknál ebben a formában már nem érvényes, a lézerekkel elérhető teljesítményeknél ilyen kvantumenergia feltétel mellett is vannak kilépő elektronok és az elektronáram a beeső fényintenzitásnak nemlineáris függvénye lesz. Hasonló jelenség a gázok nemlineáris fotoionizációja, ezen a területen is részletes kísérleti vizsgálatok történtek. Itt kiderült, hogy a lézer intenzív elektromágneses tere eltolja az atomi energianívókat és az eredmények értelmezésénél ezt is figyelembe kell venni.

A legújabb kísérleteknél az impulzusüzemű szilárdtest lézerek fényét fókuszálva úgynevezett „lézerplazmá”-t állítanak elő. Kiderült, hogy ebből rönt-

gensugárzás lép ki, amelynek intenzitása a plazma elektromos térbe való helyezésénél nagymértékben megnő. Jelenleg ezen jelenség tulajdonságainak vizsgálata folyik, nem kizárt, hogy ezen effektus alapja lehet egy röntgen lézernek.

A gázlézerek területén jelentős eredmény volt 1969-ben az első európai He-Cd fémgőzlézer megépítése. Ezt követte később az üreges katódú gázkisülés, mint gerjesztési formának az alkalmazása. Ennek segítségével sikerült létrehozni He-Kr nemesgáz keverékkel a spektrum kék tartományában folyamatosan sugárzó lézert. A He-Ne-Cu katódporlasztással működő Cu ion lézer felfedezésének érdeme szintén a KFKI gázlézercsoportjára. Ez a lézer lett az alapja az USA-ban megvalósított 2500 Å ultraibolya hullámhosszon sugárzó gázlézernek.

A jelenlegi kutatás témája a nagy feszültségű üreges katódon alapuló lézerek vizsgálata, ezen új típusú lézerrendszer létrehozása szintén KFKI-eredmény.

Nagy teljesítményű folytonos CO₂ gázlézerrel anyagmegmunkálási kísérletek folynak elsősorban olyan céllal, hogy tisztázódjon az ipari feladat lézerrel megoldható-e vagy sem, és ha igen, érdemes-e a lézeres megoldást használni. Ilyen kísérletek során például kiderült, hogy kvarc anyagú üvegcsöveket igen jól és pontosan lehet vágni CO₂ lézerrel.

Hasonló anyagmegmunkálási célokra történt Nd üveg- és NdYAG-lézerek kifejlesztése. A távlati cél az, hogy ezek a lézerek az őket kiszolgáló segédberendezésekkel együtt egy teljes „anyagmegmunkáló kísérleti laboratórium”-má álljanak össze.

A lézereknek és a holográfiának a számítástechnika területén való alkalmazására is folyik kutatás. A cél

itt nem elsősorban optikai elven működő memória azonnali létrehozása, hanem olyan tudományos és technikai kérdések vizsgálata, amelyek megoldása szükséges egy ilyen berendezés létrehozásához. Külön érdekesek azok a holográfiái kísérletek, ahol az optikai úton történő alakfelismerést vizsgálták.

Bizonyos mágneses kristályokban a doménfalak mozgásának vizsgálatára N₂ lézert alkalmazó „gyorsfényképező” berendezés készült, amellyel már néhány érdekes eredmény született. Elkezdődött a lézerek kémiai alkalmazása is. A lézer fényforrását használják folyadékkristályok tulajdonságának mérésére. A lézert a lézeralkatrészek ellenőrzésére szolgáló berendezésekben is használják már, például a He-Ne lézertűkrök fényvisszaverő-képességét He-Ne lézerfényforrás segítségével igen nagy pontossággal mérik.

Cikkünkben nem törekedhettünk teljességre úgy, hogy minden egyes magyar vonatkozású lézeres alkalmazásról beszámoljunk. Az elmondottakból világosan látszik, hogy Magyarországon kialakult a kvantumelektronikát kutató és alkalmazó bázis. Ebben jelentős szerepet játszott az OMFB erkölcsi és anyagi támogatása, amely az alkalmazások területén az utóbbi években a fejlődés meghatározójává vált. Meg kell említenünk a Szovjetunió segítségét is, gyümölcsöző kapcsolat a tudományos kutatásban a nemlineáris effektusok vizsgálata és a folyadéklézerek területén alakult ki. A lézerek kutatása és alkalmazása Magyarországon várhatóan tovább fejlődik és újabb tudományos eredményeknek és ipari alkalmazásoknak lehetünk tanúi.

Jánossy Mihály
KFKI

SZEMLE

[Összeállította: BALOGH PÁL*]

A Corning híradástechnikai termékeket gyártó cég vezetője C. J. Lucy szerint az optikai kábelek olcsóbbak lesznek, mint a velük ekvivalens koaxiális kábelek, s talán meg tudják közelíteni a jelenlegi rézhuzalos kábelek árát. Természetesen az árcsökkenés egyik oka a gyártott mennyiség növekedése. Mr. Lucy szerint már most 1 dollár/m-es áron tudják előállítani a kábeleket. A legyártott mennyiség növekedésével automatizálni tudják a termelést, ami további árcsökkenést fog eredményezni. Az optikai kábelek közvetlen anyagköltsége jelenlegi pénzértékben kb. 1 cent/m. (*The Financial Times*, 1976. ápr. 6. [379])

A Sinclair Radionics brit cég „Microvision” elnevezéssel forgalomba hozta az ezidáig legkisebb méretű (10×15×4 cm-es) tv-készüléket. Súlya kb. 67 dkg, bemelegedési ideje 15 másodperc, teljesítménydisszipációja igen csekély, 4 db 1,5 V-os Ni-Cd akkumulátorcella látja el energiával, feltöltésként 4–4 óráig; ezek hálózatról újratölthetők. A tv-készülék hálózatról is üzemeltethető. Négy áramköri modulegysége összedugaszolható, s ezáltal a javítás egyszerű. A brit, európai és az amerikai rendszerek szerinti üzem nyomógombbal választható, s így a készülék a világ bármely részén használható. Hangteljesítménye 50 mW, de fülhallgatóval is üzemelhet a készülék. Egy láb (kb. 30 cm) távolságból nézve, a képminőséget egyenértékűnek tartják a szokásos hordozható tv-k képminőségével 6 lábnyira a képernyőtől. A készülékeket két beépített antennával jelenleg 300 dollárért árúsítják az USA-ban. (*Popular Electronics*, 1977. ápr. [380])

A Plessey Memories cég várhatóan még ez év végén forgalomba hozza holografikus memóriát, mint a mágnesszalagos memóriák olcsó alternatíváját szélessávú adattárolás céljára. A Plessey rendszere a hírek szerint 16 mm-es filmet alkalmaz, amelyre az adatblokkokat lézersugár segítségével adják be. Az adatok visszadása lencse és fotodiódás rendszer segítségével történik, amelyben az optikai jeleket impulzusokká alakítják. A tárolás bitenkénti költsége század része a mágneses hordozós tárolásnak. (*Computer Weekly*, 1977. máj. 19. [381])

A világ első kísérleti fényvezetős, szélessávú átviteli rendszerét Chicagóban (USA) ebben az évben kezdik meg kiértékelni. Ahhoz, hogy az átvitel kiértékelhető legyen, Chicago utcája alatt 2,4 km-es, hajszálvékony üvegszálból készült fényvezetőn fényimpulzusok alakjában hang-, képjelet és adatokat visznek át. A rendszer kiértékelését a Bell Lab. és az AT and T az Illionis Bell-lel és a Western Electric-kel együttműködve ez év közepén kezdik meg. (Az elmúlt évben már sikeres kísérletet hajtottak végre a fényvezetővel, de nem természetes körülmények között.) A kísérleti vonal 12,7 mm-es átmérőjű kábelen 24 fényvezetősál lesz. Ezek egyik vége vagy lézervagy LED-átalakítóhoz csatlakozik. Bár a LED-ek rosszabb hatásfokúak, mint a lézeres átalakítók, a kísérletek azt mutatják, hogy ilyen rövid távú átvitelre teljesen megfelelőek. A fényvezetők másik végén vevőként fotodetektoros modul helyeznek el. A chicagói kísérletnél 1 pár fényvezetőn 576 beszélgetés vagy ennek megfelelő beszéd- és adatmennyiséget visznek át egyszerre. Közben erősitőre nem lesz szükség. (*Telecommunication Journal*, 1977. máj. [382])

* Válogatás a KGMTMTI információs anyagából

(Folytatás a 94. oldalon.)

EGYESÜLETI HÍREK

A vidéki csoportok elnökeinek, titkárainak 1977. évi második közös értekezlete, a szombathelyi csoport meghívására a REMIX szombathelyi gyáregységében került megrendezésre, december 8-án.

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület vezetősége részéről az értekezleten részt vett Mérey Imréné főtitkárhelyettes, S. Tóth Ferenc titkár, valamint Dr. Szalay Béláné az Alkatrész és Alapanyag Szakosztály és a Külügyi Bizottság képviselőjében.

A résztvevőket Pintér Pál, a gyáregység főmérnöke üdvözölte és rövid áttekintést adott a Gyáregység termékeiről.

A Vas megyei MTESZ szervezet képviselője Barna Tamás vázolta a HTE helyét és szerepét a megye 3300 főnyi tagsággal rendelkező MTESZ szervezetében.

Ezután a helyi csoportok képviselői számoltak be a csoportjaik munkájáról és problémáiról. Tájékoztatták egymást cselekvési programjaikról és munkatervükről, valamint a gyáregységeik meglátogatásának lehetőségeiről.

A gyöngyösi EIVRT Félvezető Gyára van jelenleg az érdeklődés középpontjában. A Gyöngyösi Csoport szívesen várja az érdeklődő csoportokat az új „Fairchild” üzem bemutatására. Bejelentették, hogy 1978 októberében mikroelektronikai alkatrészgyártás szemináriumot kívánnak rendezni a szakemberek részére a tömeggyártási tapasztalatokról. Az 1979-ben megrendezésre kerülő Alkatrész Ankétot szintén Gyöngyösön szeretnék megrendezni.

A Pécsi Csoport üzemi csoportok létrehozására törekszik. Kiterjesztik kapcsolatukat a Híradástechnikai Szakközépiskolára is, hogy az ifjúságot idejében megnyerjék az egyesületi munkára.

A Mechanikai Labor Pécsi Gyáregységének üzemi csoportja eredményesen működik.

Panaszuk van a Híradástechnika terjesztését illetően. Sokan igénylik a csoportból a Finommechanikát és a Rádiótechnikát.

Hasonló problémákkal küzd a Kaposvári Csoport is. Világossá vált, hogy ahol a csoport több vállalat szakembereinek tevékenységére épül, több probléma adódik és nehezebben lehet a közös érdeklődési területet és tevékenységi kört megtalálni. Itt is üzemi csoportok létrehozásán fáradoznak, mert a szakemberek nagy része társadalmi munkájával saját munkahelye problémáit igyekszik megoldani, valamint szűk szakmai területükön képezik tovább magukat, másodsorban jön csak a távolabbi szakterületek utáni érdeklődés és ahol erre lehetőség van, a klubélet. Olyan városokban ahol a helyi csoport valóban egy gyáregység területére korlátozódik a Párt és Szakszervezet segítségével kialakul az üzemi csoport és a HTE tagok világosan látják társadalmi tevékenységük hasznát és eredményességét.

Az Ajkai Csoport vezetője kifejtette, hogy a csoport tevékenysége egyértelműen a VIDEOTON gyárra épül és ezen belül a gazdasági vezetés legmesszebbmenő támogatását élvezik, éppen a hasznos oktatási, műszaki-gazdasági tevékenységük elismeréseként. Ugyanez a helyzet a Székesfehérvári Csoportnál is. Itt az új Technika Házának felépülése nagy segítséget nyújt a klubélet kialakításában is.

A Siófoki Csoport aktív szerepet vállalt az 1978 őszi megrendezésre kerülő „Energiaipari és távközlési szimpózium” megszervezésében.

Többen felvetették, hogy az egyesületi tagságot jól képzett műszerészekre is hasznos lenne kiterjeszteni.

A Győri Távközlési Főiskola egy évvel ezelőtt alakult HTE csoportja nagyon fontosnak tartja az iparral való szoros együttműködést. Hallgatókból alakítják ki az Ifjúsági Bizottságot. A postával szoros kapcsolatot építenek ki és kölcsönösen előadássorozatot tartanak. A vándoroktatást igénylik.

A HTE vezetőségének képviselői felkérték a megjelent elnököket és titkárokat, hogy segítsék az egyesületi bizottságokat munkájukban. Küldjék be idejében kiküldetési javaslatokat a számukra fontos külföldi konferenciákra, ill. kiállításokra, valamint a Híradástechnikai folyóirat egyesületi hírek rovata részére érdekes anyagot, vagy szakcikkeket, gyártmányismertetéseket.

A megbeszélést igen részletes és hasznos gyárlátogatás követte.

Mérey Imréné

Elnökségünk I. évi március hó 4-én ülést tartott.

Az ülést *Komporday Aurél*, az Egyesület elnöke nyitotta meg. Megnyitó szavaiban bejelentette, hogy az 1978-ban esedékes tisztújító közgyűlést a MTESZ határozatának megfelelően 1980-ra halasztották, azért, hogy a tisztújítás ciklusa összhangban legyen a középtávú népgazdasági tervek kezdési időpontjaival. A jövőben a tisztségviselőket ennek megfelelően nem 4, hanem 5 évi időtartamra választják majd meg. Kérte az Elnökséget, hogy ezt vegye tudomásul és 1980-ig hosszabítsa meg az 1974. évben megválasztott tisztségviselők mandátumát.

A bejelentést az Elnökség jóváhagyólag tudomásul vette.

A megnyitó szavak után *Köveskúti Lajos*, a HTE Végrehajtó Bizottságának tagja, a Híradástechnika Szövetkezet elnöke tartott előadást, „Export orientált fejlesztés és gyártás problémái az egyedi elektronikus berendezéseknél” címmel. (Az előadást cikk formájában folyóiratunk egy másik számában közölni fogjuk.)

Ezt követően *Komporday Aurél* elnök megemlékezett arról, hogy a Híradástechnikai Tudományos Egyesület több mint 25 éves fennállása alatt számos kolléga vett és vesz részt szinte mindennapos munkával az Egyesület tevékenységében. Ezt kellően értékelni csak azok tudják, akik e munkákat irányították. Időszakonként az Egyesület megemlékezik erről a munkáról. Ezt teszi az Egyesület ez alkalommal is, nemcsak az érintett tiszteletbeli elnökségi tagok iránti tiszteletből, de azért is, hogy nevüket példaképpen állíthassuk fiatalabb munkatársaik elé.

Jelen megemlékezésnek az ad aktualitást, hogy sok hónapos munkával elkészült a „Híradástechnika Évszázada” című technika történeti munka kézírata, melynek kidolgozásával, lektorálásával, a történeti adatok felkutatásával és gyűjtésével sokan számolatlanul áldozták idejüket és energiájukat. Kérte, hogy ezt a munkát a teljes befejezésig folytassák és azon túl is a technika és tudománytörténeti kutatási tevékenységüket ne hagyják abba. Ehhez kívánt jó egészséget és sok sikert.

Ezután került sor az érintett tiszteletbeli elnökségi tagok jutalmazására, majd

- a Puskás Tivadar Díjak,
- a Pollák—Virág Díjak,
- a Diplomaterv Pályázat valamint
- a Szakdolgozat Pályázat díjainak átadására.

Ezt követte *dr. Almássy György* főtitkár beszámolója az Egyesületnek a legutóbbi elnökségi ülés óta eltelt időszakban végzett munkásságáról. A beszámoló keretében jóváhagyásra előterjesztette az Egyesületnek a meghívó mellékleteként szétküldött 1978. évi munkaterv tervezetét, amelyet a Végrehajtó Bizottság előzetesen megvizsgált és elfogadott. Az Elnökség a főtitkár beszámolóját tudomásul vette, az előterjesztett 1978. évi munkatervet jóváhagyta. (A főtitkári beszámoló összefoglalását folyóiratunk egy másik számában közöljük.)

Az Elnökség az egyesületi tisztségviselők megbízatását az 1980-ban tartandó tisztújító közgyűlésig meghosszabbította; Udvardi Károlyt ny. vezérigazgatót, az Elnökség tagját tiszteletbeli elnökségi tagként kooptálta; az előterjesztett 1978. évi munkatervet jóváhagyta.

Az ülés az elnök zárszávaival ért véget.

Jutalomban részesültek a következő tiszteletbeli elnökségi tagok:

Balogh Pál, Budai Lajos, Czeglédi György, Garay László, Kas Oszkár, Koczka László, Makó Zoltán, Novák István, Dr. Rédl Endre, Dr. Sárközi Géza, Susánszky László, Vajda Endre, Zotter Ferenc.

Puskás Tivadar Díjasaink

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Elnöksége a Díjbizottság javaslata alapján 1977. évi *Puskás Tivadar Díjjal* és emlékéremmel tüntette ki:

Skultéti Jánost, a HTE Gyöngyösi Csoportjának elnökét, az EIVRT Gyöngyösi Félvezető Gyáregységének igazgatóját, akinek társadalmi aktivizáló munkájának hatására jött létre

Egyesületünk gyöngyösi csoportja. A Csoportban az ő vezetésének köszönhetően összehangoltan fejtik ki társadalmi munkásságukat a különböző szakmai területeken működő szakemberek és igen gyümölcsöző együttműködést alakítottak ki a GTE gyöngyösi csoportjával.

Kauszer Dénest a Konstruktív Szakosztály tagját, a MIKI tudományos osztályvezetőjét, az elektronikai ipar kiváló szakemberét, aki évek óta nagy aktivitást fejt ki és igen eredményes munkát végez a Relectronic, REKO, Constronic stb. egyesületi nagyrendezvények előkészítő bizottságainak munkájában. Számos előadásával, publikációjával és a vándoroktatásban vállalt aktív részvételével jelentős szerepet tölt be az elektronikai szakemberek továbbképzésében. Sokoldalú egyesületi munkája között kiemelkedik szervező munkája a nagy külföldi cégek szakembereinek hazai előadásokra való meghívása és előadásaik rendezése terén.

Maróth Zoltánt, a HTE elnökségi tagját, a Rádió-Televízió Szakosztály tagját, az MHE Termelési Főosztályvezetőjét, aki jelentős szerepet tölt be az MHE és Egyesületünk közötti igen jó és hatékony együttműködésben. Évek óta ellátja a BNV híradástechnikai díjbizottságának elnöki tisztét. Az ifjúsági munka keretében a végzős hallgatók és az iparági vállalatok képviselői közötti informatív találkozókat vezetett és ezzel is jó szolgáltatásokat tett az ifjú szakemberek elhelyezkedésében.

Mérey Imrénét, az Egyesület főtitkárhelyettesét, aki 1970. óta vezeti az egyesületi titkárságot. Villamosmérnöki képesítése és az új módszerek és megoldások iránti rendkívüli érdeklődése és fogékonysága alapján az egyesületi élet egy új, felgyorsuló szakaszát nyitotta meg. Szakmaszeretettel, koordináló és szervező képességével az egyesületi munka egyre célratörőbbé és az iparral összehangoltabbá válik. Társadalmi munkásságának elismeréseként 1974-ben választották meg főtitkárhelyettesnek és egyesületi elnökségi tagnak, majd 1977-ben beválasztották a MTESZ Országos Elnökségébe.

Pollák—Virág Díjasaink

A HÍRADÁSTECHNIKA XXVIII. (1977.) évfolyamában megjelent, kiemelkedő értékű cikkükért a következő szerzők részesültek az Egyesületnek ezen, 1960-ban alapított oklevelében és díjában:

Szabó Csaba:

„A fáziszárt hurok, mint vívőszűrő” (7. sz.) és „Vívó-szinkronizáló módszerek tulajdonságainak összehasonlítása digitális fázismoduláció (PSK) esetén” (8. sz.)

Halmi Gábor:

„TTL áramköri elemekkel felépített berendezések zaj-zavar védettsége” (10—11. szám)

Geffert László:

„Egyszeres hibák lokalizálása lineáris áramkörökben” (2. sz.)

Husztly Gábor:

„Jelfeldolgozás homomorf rendszerekkel” (6. sz.)

(Folytatás a 80. oldalról.)

Kísérleteik bizonyították, hogy a rovarok érzékelik és nem szeretik a tereket, a mikrohullámú besugárzás pedig viszonylag kis térerőkkel is káros hatású volt.

Bisping és Irnich elektrosztatikus kisülések hatását vizsgálták a szív ritmusszabályozó space-maker-ekre. Kimutatták, hogy nem antisztatikus műanyag szőnyegen való folyamatos járás fél perc alatt a testet olyan 5—7 kV feszültséget okozó statikus töltéssel töltheti fel, melynek kisülése nagy, pl. szenzorkapcsolók érintése kiűtheti a space-maker-t a ritmusból. Ez a jelenség igen veszélyes méreteket ölthet olyan space-makerrel élő

1977. évi Diplomaterv Pályázat Díjnyertesei

I. díjban részesült:

Zsiga Árpád:

„Időmultiplex rendszerek szinkronizációs időinek számítógépes vizsgálata” című diplomaterve.

II. díjban részesült:

Toldi Gábor:

„Alfanumerikus adatmegjelenítő adapter oszcilloszkóphoz és TV készülékhez”

III. díjban részesült:

Katona Péter:

„Megmunkáló lézerek alkalmazása a félvezető technikában”

Az 1977. évi Szakdolgozat Pályázat Díjnyertesei

A KKVMF-től

I. díjban részesült:

Szeles Adorján:

„Vékony felületi roncsolt rétegek jellemzése ellipszométerrel”

II. díjban részesült:

Nagy Sándor:

„2 GHz-es kétszerező tervezése szalagtápvonalas kivitelben”

Kovács Erzsébet:

„Közvilágítási és elosztóhálózatok gyakran meghibásodó készülékei cseréjének gazdaságossági vizsgálata”

III. díjban részesült:

Kincse Attila:

„Tervezen elektronkapcsolót, amely egy átlagos oszcilloszkóphoz felhasználható” című szakdolgozata.

A KTMF (Győr) Távközlési és Automatizálási Intézetből

I. díjban részesült:

Tóth Gábor:

„Helix antenna tervezése”

II. díjban részesült:

Osim Szilárd:

„Sztereo dekoder tervezése”

III. díjban részesült:

Szűcs Imre:

„ECR rurálközpontok ARF-ARM központokhoz történő csatlakoztatása” című szakdolgozata.

A ZMKA-tól

I. díjban részesült:

Koczka Ferenc:

„A mobil hírközpont felépítése, telepítése és műszaki kapcsolása”

II. díjban részesült:

Füzesi Béla:

„Mobil híradórendszer tervezése” és

Ábel Zoltán:

„Nagyteljesítményű rádióállomások távvezérlő rendszere” című szakdolgozata.

munkásoknál, akik gyorsan haladó textil-, papír- vagy műanyagokkal dolgoznak.

Érdekes volt a katonai EMC-szabványok helyzetéről folytatott kerekasztal vita. Itt lényegében kiderült, hogy a szabványosítás még gyerekcipőben jár. Az amerikai MIL-szabványok gyakorlati hasznosságát sokan vitatták, de jobb híján többnyire ezt használják.

Mind a kerekasztal viták, mind az egész konferencia jól mutatta, hogy ma már az EMC-ra való tervezés nélkülözhetetlen a berendezések, rendszerek fejlesztésénél, gyártásánál, üzembe állításánál és üzemeltetésénél is.

Az EMC tervezését ma már az egyetemeken külön tantárgyként tanítani kellene!

Nagygyörgy Gábor

Beszámoló a „4. Megbízhatóság az elektronikában” Szimpóziumról

A „4. Megbízhatóság az elektronikában” Szimpóziumot a Magyar Tudományos Akadémia és a MTESZ társalgosuletei — Híradástechnikai Tudományos Egyesület, Bolyai János Matematikai Társulat és a Közlekedéstudományi Egyesület Posta és Távközlési Tagozata — közösen rendezték meg 1977. október 4–7-ig, Budapesten, a Technika Házában.

A szimpóziumon 327 hazai és külföldi szakember vett részt, 87 előadást tartottak három szekcióban. A szekciók munkáján túlmenően három kerekasztal-megbeszélés megszervezésére is sor került.

Az egyes szekcióban megtartott előadásokról, illetve a kerekasztal vitákról az alábbiakban adunk áttekintést.

1. szekció: Megbízhatóság és karbantarthatóság elméleti kérdései

Az elméleti szekcióban elhangzott 24 előadást témakörük szerint a következőképpen csoportosíthatjuk:

- áramkör-analízis a meghibásodások felkutatására és a hibaszimulációs eljárások alkalmazása,
- rendszerek megbízhatóságának értékelése,
- a tartalékalkatrész-készletek meghatározása a megelőző karbantartás optimális elvégzésére,
- a megbízhatósági jellemzők becslése,
- számítógépek alkalmazása a megbízhatóság értékelésére.

Az első témakör területén

Saeks, R. (USA) előadásában a hiba előrejelzési módszerekkel foglalkozott. Azt az esetet vizsgálta, amelyben az alkatrész paraméterváltozásának alapján becsülik az alkatrész meghibásodási időpontját. Az ellenőrizendő paramétereket rendszeresen méri előírt karbantartási időpontokban. Ezeknek az értékeknek ismeretében minden mérés után meghatározzák, hogy az alkatrészt újjal helyettesítik-e vagy sem. Ha t_i ($i = 1, 2, \dots, n$) az egyes karbantartási időpontokat, v_i ($i = 1, 2, \dots, n$) pedig az ezekben az időpontokban mért paraméterértéket jelöli, g_i ($i = 1, 2, \dots, n$) jelöli az alkatrész meghibásodási időpontjának becslését, illetve μ_i szimbolizálja a szórásnégyzetet, akkor az előzetes adatok alapján rendelkezésre álló g_0 meghibásodási időpontbecslés és ehhez tartozó μ_0 szórásnégyzet ismeretében a meghibásodási időpont (g) és annak szórásnégyzete (μ) ún. végső becslése a következő képletekkel fejezhető ki:

$$g = \frac{\mu_n g_0 + \mu_0 g_n}{\mu_n + \mu_0};$$

$$\mu = \frac{\mu_n \cdot \mu_0}{\mu_n + \mu_0}.$$

Ezután becsülni kell annak valószínűségét, hogy az alkatrész meghibásodik a t_{n+1} időpont előtt, ez a következő:

$$C_0 = \frac{\mu_0}{(g - t_{n+1})^2}.$$

Ha az alkatrészt a t_n időpontban újjal helyettesítik, akkor ennek az alkatrésznek meghibásodási valószínűsége a (t_n, t_{n+1}) szakaszban a következő:

$$C_n = \frac{\mu_0}{(g + t_n - t_{n+1})^2}.$$

Végezetül becsülnünk kell az alkatrész élettartamának azt a hányadát, amelyet elvesztünk, ha a t_n időpontban az alkatrészt újjal helyettesítjük. Ha c egy alkalmasan megválasztott súlyozási tényező, akkor ez a hányad a következő:

$$C_r = \frac{(g - t_n)C}{g_0}.$$

Ezeket a becsléseket felhasználva az alkatrész helyettesítését határozzuk el a t_n időpontban, ha $C_0 > C_n + C_r$ vagy, ha $g < t_{n+1}$. Az előadó gyakorlati példát mutatott be a módszer alkalmazására.

Temes, G. (USA) előadásában a hibaszimuláció hatásos módszereivel foglalkozott. Számítógépes algoritmusokat közölt a lineáris és non-lineáris rezisztív aktív áramkörök többszörös hibahatásainak szimulálására. Az eredmények felhasználhatók az elektronikai áramkörök vizsgáló pontjainak optimális kiválasztására, valamint hibaszótárak összeállítására automatizált hibakeresési eljárások esetében.

Gefferth, L. (MNK) előadásában a két hibás elemmel rendelkező rendszerek hibadiagnosztikáját tárgyalta. Új módszert adott meg a kétszeres hibák lokalizálására. A módszer azon alapszik, hogy bizonyos feltételek között a hálózati paraméterek közötti összefüggés racionális törtfüggvény, azaz a hálózati függvény értékét és a frekvenciát rögzítve az x_i és x_j valós értékű paraméterek közötti összefüggés a következő:

$$x_i = \frac{Ax_j + B}{Cx_j + D},$$

ahol az A, B, C és D állandók, komplex számok. Ha két frekvencián számítjuk ki x_i és x_j értékét, akkor csak a hibás paraméterpár értéke lesz mindkét frekvencián azonos, a hibátlan paraméterpárok különbözőek lesznek. A módszer alkalmazását az előadó példával szemléltette és a számítógépes értékelő programot is tárgyalta.

A rendszerek megbízhatóságának értékelésére számos módszert ismertettek az előadók.

Amoia, V. és Somma, R. (Olaszország) a homogén Markov-folyamatok megbízhatóság-elméleti kérdéseivel foglalkozott. Az elektronikai rendszerek megbízhatósági állapotainak változását leíró átmeneti mátrix saját értékeinek tulajdonságaira bizonyítottak be az előadók állításokat.

Biernat, J. (LNK) előadásában az „n-ből k” típusú rendszerek megbízhatósági analízisét vizsgálta. Ez a rendszer n számú rendszerből áll és csak akkor hibásodik meg, ha a részrendszerek közül $(n - k)$ számú meghibásodott. Az előadó a rendszer megbízhatósági struktúrájának elemzése után meghatározta a rendszer megbízhatósági függvényét is a szavazó- és kapcsolóegység megbízhatóságának figyelembevételével. Hryniewicz, O. és Lewin, W. (LNK) a rendszerek tartalékalkatrész-készletének meghatározását vizsgálta abban az esetben, ha a rendszerek soros kapcsolásúak és a rendszerelemek meghibásodásai egymástól függetlenek. Ennek megfelelően megkülönböztethetők az elemeknek függő és független meghibásodásai. A független meghibásodások esetében a rendszerelemek működési idő-eloszlását exponenciálisnak tételezik fel. Karpinski, J. (LNK) a rendszerek működési idő-eloszlását tárgyalta a rendszer megbízhatósági struktúrájának alapján. Bevezette a szakirodalomból ismert, rendszer-állapotot leíró vektort: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, ahol x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) jelöli a rendszer i -edik elemének állapotát ($x_i = 1$, ha az elem működőképes; $x_i = 0$, ha az elem meghibásodott). Az x vektor $\varphi(x)$ függvényét struktúrafüggvénynek nevezik. A struktúrafüggvény tulajdonságaiból meghatározható, hogy a rendszer koherens-e vagy sem. Koherens akkor a rendszer, ha összes eleme működése esetén a rendszer működik, azaz $\varphi(1) = 1$, összes eleme meghibásodása esetén a rendszer meghibásodik, azaz $\varphi(0) = 0$, valamint bármelyik elemének meghibásodása csökkenti vagy nem változtatja a rendszer megbízhatóságát. A működési utak ($\varphi(x) = 1$) és a meghibásodási utak ($\varphi(x) = 0$) ismeretében a rendszer megbízhatósága kiszámítható. A szerző példaként a soros-, párhuzamos és ún. összetett rendszerek megbízhatóságát határozta meg.

Klega, V. (CSSZSZK) független elemekből álló soros rendszer megbízhatóságát vizsgálta, abban az esetben, ha a rendszerelemek működési ideje Weibull-eloszlású valószínűségi változó. Bebizonyította, hogy alkalmas közelítést felhasználva a rendszer megbízhatósága is Weibull-eloszlással írható le.

Meghatározta a közelítéskor elkövetett hiba nagyságát is *Prazsewszka, M.* (LNK) nem felújítható rendszerek megbízhatósági kérdéseit tárgyalta. A rendszer különböző állapotainak mátrixát meghatározta és az ún. átmeneti intenzitás segítségével megállapította az előírt karbantartási stratégia optimális változatát. *Zukauskas, K.* (Szovjetunió) közelítő képleteket határozott meg „ n -ből k ” típusú rendszerek átlagos működési idejére. Bebizonyította, hogy a rendszerelemek exponenciális működési idő eloszlása esetében az „ n -ből k ” típusú rendszer átlagos működési ideje aszimptotikusan tart a rendszer működési sűrűségfüggvényének maximumához (módusához), ha az elemek n száma tart a végtelenhez.

A tartalékalakatrészek optimális számának meghatározásának területén *Krtolice, R.* és *Sztankovics, R.* (Jugoszlávia) az alkatrész költségek, a javítási költségek és munkaráfordítás ismeretében állapította meg az adott rendszer megbízhatóság biztosításához szükséges optimális tartalékalakatrész-készletet. *Petrovics, R.* és előadótársai (Jugoszlávia) hasonló kérdést tárgyalt több szintű, hierarchikus rendszerek esetében. Az optimális tartalékkészlet elrendezése dinamikus programozású rekurrens összefüggés ciklikus alkalmazásán alapszik. *Kesselyák, P.* (MNK) a távbeszélő-központokban alkalmazott áramkörök paramétereinek türéseiből származtatott megbízhatósági tartalékok kérdésével foglalkozott. Az alkatrészek megbízhatóságának becslése nagy mértékben függ attól, hogy adott alkalmazási körülmények között mit tekintünk meghibásodási kritériumnak. Az alkatrészek laboratóriumi megbízhatósági vizsgálatai során a paraméterekre rendszerint szűkebb türéshatárokat írnak elő, mint az alkalmazási feltételek között. Ez azt jelenti, hogy a felhasználás során ezeknek az alkatrészeknek megbízhatósága várhatóan jobb lesz, mint a laboratóriumi vizsgálatok alapján előre jelzett érték. Ez a tulajdonság tartaléknak tekinthető és felhasználható a rendszerek megbízhatóságának növelésére. Például a távbeszélő-központok logikai áramköreiben használt ellenállások megengedhető változása $\pm 30\%$, szemben a laboratóriumi vizsgálatok esetén megengedett $\pm 5\%$ -kal. Ez azt eredményezi, hogy az ellenállások üzemi megbízhatósága ezekben a logikai áramkörökben 1,5 nagyságrenddel jobb, mint az előre jelzett érték. Megjegyzendő, hogy további egy nagyságrenddel való javítást eredményezett az üzemi és laboratóriumi igénybevételi feltételek (hőmérséklet, villamos terhelés stb.) közötti eltérés is.

A megbízhatósági jellemzők becslésével számos előadás foglalkozott. *Hartler, G.* (NDK) regressziós modellek segítségével vizsgálta hogyan függ az elektronikai alkatrészek megbízhatósága az igénybevételi körülményektől. Az alkalmas regressziós modell típusa függ az alkalmazott megbízhatósági jellemzőtől. Ha az alkatrész működési idő-eloszlását vizsgáljuk, akkor az eloszlás paraméterei függenek az igénybevételtől. Ha a megbízhatóságot egy mérési jellemző időfüggvényével írjuk le, akkor a megfelelő modell egy időtől függő ún. hatásfelület. *Rejtő, L.* és szerzőtársai (MNK—KANADA) véletlenszerűen csonkított adatokból származtatott becsléseket adtak meg a működési idő eloszlására, sűrűségfüggvényére és meghibásodási rátájára. A szerzők bebizonyították, hogy becsléseik erősen konzisztensek, *Balogh, A.* (MNK) a megbízhatóság-elméletben használt általánosított eloszlások jellemzését adta meg adott típusú torzítatlan becslésekkel. *Sarkadi, K.* (MNK) valószínűségi számítási módszerekkel bizonyította be *Bartoszewicz* lengyel matematikusnak a „3. Megbízhatóság az elektronikában” Szimpóziumon ismertetett, Laplace-transzformáció segítségével bizonyított tételét. A tétel állítása a következő: exponenciális működési idő-eloszlás esetén, adott T időtartamig folyó vizsgálat során a megfigyelt összes működési idő és meghibásodási szám által adott statisztika nem teljes, ha a vizsgálati mintanagyság legalább 2.

Mukherjee, S. P. (India) függő elemekből álló rendszerek működési idő-eloszlásaira vonatkozó általános eredményeket ismertetett. Összefüggéseket mutatott ki a soros-, párhuzamos és tartalékolts rendszerek működési idő-eloszlásai között. *Szeloch, F.* (LNK) elektronikai alkatrészek megbízhatóságának oksági modelljét vizsgálta. Feltételezve, hogy ismerjük a termék fizikai állapotait befolyásoló összes tényezőt és degradációs folyamatot, a megbízhatóság közvetlenül kiszámítható. *Czechowski, A.* (LNK) a megbízhatóságnak a tétel minőségi értékelésére gyakorolt hatását tárgyalta. Mivel a gyártó és felhasználó ellenőrző vizsgálata között idő telik el, további meghibásodások is előfordulhatnak. Ezért a meghibásodási rátát erre az időre is becsülni kell. *Goranova, E.* (BNK) a megbízhatóság biztosításának szabványosítási kérdéseivel foglalkozott előadásában.

A megbízhatósági vizsgálatok eredményeinek értékelésére alkalmazott számítógépes módszerekről három előadás hangzott el. *Barta, Gy.* (MNK) egy programrendszert ismertetett, amely három fő részből áll: adatfeldolgozás, megbízhatósági jellemzők értékelése és az ún. tervezés. A tervezés lehetővé teszi a vizsgálatok tervezését, a meghibásodási paraméterek előre jelzését, a szolgáltatási-karbantartási tevékenységek becslését, az optimális karbantartási stratégiák megválasztását. *Chrobak, O.* (CSSZSZK) rendszerek megbízhatóságának értékelésére alkalmazott, kis számítógépekre kidolgozott programokat ismertetett. *Várad, I.*—*Balogh, A.* (MNK) az integrált áramkörök megbízhatósági vizsgálati eredményeinek értékelésére használt számítógépes programokat ismertette, valamint a berendezések megbízhatóságának előrejelzésére szolgáló szimulációs eljárást tárgyalta.

Az előadásokban közölt információk és az előadásokat követő vita alapján megállapítható volt, hogy az elméleti kutatások során mind nagyobb figyelmet kell fordítani a nagyberendezések megbízhatósági jellemzőinek meghatározására, a karbantartási stratégiák optimális változatának megkeresésére, valamint a gyakorlati alkalmazását elősegítő közelítőképletek meghatározására.

Az elméleti szekció előadásaihoz kapcsolódóan került sor a „Megbízhatóság elmélete és gyakorlata közötti kapcsolat” című kerekasztal-vitára.

A megbeszélésen több, mint 40 szakértő vett részt és számos hozzászóló fejtette ki véleményét, hogyan lehet megszüntetni, illetve csökkenteni az elmélet és gyakorlat között sajnos még meglevő széles „szakadékot”.

Rámutatott arra, hogy a nemzetközi szervezetek keretében végzett, jól szervezett szabványosítási tevékenységek is hozzájárulhatnak ennek a célnak eléréséhez. Különösen fontos, hogy a gyakorlati szakemberek számára a matematikai modelleket és képleteket számukra érthető formában fogalmazzák meg. Az elméleti modellek felhasználásának feltételeire vonatkozó megalapozott döntést a vállalati vezetésnek (management) kell megtennie. A megbízhatósági adatok meghatározása, az adatvizsajelentési rendszerek kialakítása nagymértékben elősegíti az elméleti eljárások gyakorlati megvalósítását. A kerekasztal-megbeszélés végül a megbízhatóság oktatási kérdéseivel is foglalkozott. Megállapították, hogy mind az egyetemi oktatásban, mind pedig a szakmai továbbképzés keretében a mérnököknek megbízhatósági ismeretekre kell szert tenniük.

2. szekció: Integrált áramkörök és elektronikai alkatrészek megbízhatósága

A szimpózium 2. szekciója az alkatrészek megbízhatósági kérdéseivel foglalkozott. Az előadások többsége az új vizsgálati módszerek alkalmazása területén szerzett tapasztalatokról számolt be. A szekció előadásaiban különös hangsúlyt kapott a gyártástechnológia és a megbízhatóság kapcsolata. A szekción 34 előadás hangzott el.

A szekción megtartott első három előadás a megbízhatóság biztosításának általános kérdéseivel foglalkozott. *Sauer W.* (NDK) az elektronikai eszközök és alkatrészek gyártása során alkalmazott megbízhatósági módszerekről szóló előadásában rámutatott arra, hogy a gyártási eljárások megbízhatósága nem kevésbé fontos, mint az alkatrészeké és rendszereké. Törekvések a vonatkozó elmélet megalapozására irányulnak. A gyártási eljárásokat elemekre bontják és az elemekre meghatározott intenzitás adatokból következtetnek a gyártási folyamat megbízhatóságára. *Serbezova, N.* (Bulgária) az elektronikus készülékek tervezése során alkalmazott, a megbízhatóság specifikálását és becslését szolgáló gyakorlati módszerekről nyújtott áttekintést. *Bráda, F.* (Magyarország) az elektronikai alkatrészek megbízhatósági szintjének növelését elősegítő szűrő- és rövid idejű vizsgálati módszerek jelentőségét hangsúlyozta. Rámutatott a vizsgálatok fontosságára a gyártás különböző fázisaiban és megvilágította szerepüket a gyártók és felhasználók szempontjából.

A passzív alkatrészekre és hibridáramkörökre vonatkozó előadások a gyártástechnológia és megbízhatóság összefüggéseit, valamint a vizsgálatok során szerzett tapasztalatokat ismertették. *Kolonits, V.* (Magyarország) a NiCr vékonyréteg-ellenállások gyorsított vizsgálatának lehetőségeit elemezte. Beszámolt arról, hogy a rövid tartamú, megnövelt terheléssel végzett vizsgálatok alapján meghatározott regressziós görbék extrapolálása jó élettartam becslést tesz lehetővé. *Rysanek, W.* (Csehszlovákia) a rezisztív rendszerek stabilitásának előrejelzésével foglalkozott. Tapasztalataik szerint a váltakozó áramú

nonlinearitás mérés alkalmas ellenállások és félvezetők fontos tulajdonságaiban bekövetkező változások előrejelzésére és lehetővé teszi a hosszú idejű élettartam-vizsgálatok lerövidítését.

Petrikovits, L. (Magyarország) egyik előadásában a poliészter kondenzátorok váltakozó áramú élettartam-vizsgálata során szerzett tapasztalatokról számolt be, mely szerint a katasztrófális meghibásodások az ionizációra voltak visszavezethetők, a kisülések következtében káros szennyeződések is keletkezhetnek. *Petrikovits, L.* másik előadásában Ni ellenelektrodával kialakított vékonyréteg tantál kondenzátorokon végzett lépcsős és hosszú idejű élettartam-vizsgálatokról adott tájékoztatást. A vizsgálatok eredménye szerint 10 V üzemi feszültség és 70 °C hőmérséklet mellett a kondenzátorok meghibásodási rátája $10^{-9}/h$ nagyságrendű és így alkalmasak hibrid áramkörökben való alkalmazásra. A meghibásodás valószínűsége a kapacitás értékével növekszik.

Guyonnet, J. (Franciaország) a kondenzátorok megbízhatóságával foglalkozó előadásában áttekintést nyújtott a témakör történeti fejlődéséről, a megoldott és megoldásra váró feladatokról. Az alkatrészek megbízhatóságának növelését szolgálhatják az IEC-szabványok megbízhatósági adatokra vonatkozó előírásai, a nemzetközi minőségellenőrző rendszerek, a vizsgálati és minősítési módszerek továbbfejlesztése.

Jablonski J. (Lengyelország) a vastagréteg hibrid mikroáramkörök belső huzal kötéseinek megbízhatóságáról nyújtott értékelést. *Glaser, P.* (Magyarország) a félvezető és hibrid eszközökben egyaránt alkalmazott Au-Al termokompressziós kötések tanulmányozása során szerzett tapasztalatokat ismertette. A 150 °C hőmérsékleten végzett 5000 óra tartamú tárolás-igénybevételt követően végrehajtott elektronmikroszkópos, elektronmikroszondás és röntgen-difrakciós vizsgálatok lehetővé tették a hibamechanizmus meghatározását. *Zednicek, S.* (Csehszlovákia) a hibrid integrált áramkörök megbízhatósága biztosításának néhány szempontjával foglalkozott. *Hajdú, L.—Göblös, I.* (Magyarország) a megbízható hibrid integrált áramkörök konstrukciós problémáit tekintette át hangsúlyozva, hogy a tervező-fejlesztő munka csak akkor lehet eredményes, ha a technológia hatásosságát és a megbízhatóságára gyakorolt hatását a gyártás minden szakaszában ellenőrzik.

A félvezető eszközökről szóló előadások a mikrohullámú félvezetők és az integrált áramkörök megbízhatóságát befolyásoló technológiai kérdéseket és vizsgálati eljárásokat tárgyalták. *Piacentini, G. F.* (Olaszország) a mikrohullámú teljesítménytranzisztorok és a felhasználásukkal épített rádióhálózatok megbízhatóságának összefüggéseit elemezte. Beszámolt a mikrohullámú teljesítménytranzisztorok nagyfrekvenciás feltételek mellett végzett gyorsított élettartam-vizsgálatának tapasztalatairól, melynek alapján ajánlásokat dolgoztak ki a rendszertervezők részére. *Mojzes, I.* (Magyarország) magyar gyártmányú GUN-diódátípusok megbízhatósági vizsgálatainak tapasztalatait ismertette. *Kadereit, H.* (NSZK) az úrkutatásban felhasznált mikrohullámú integrált áramkörök megbízhatósági vizsgálatairól nyújtott tájékoztatást. A kerámiahordozójú mikrohullámú vékonyréteg integrált áramköröket 250 °C hőmérsékletű tárolási igénybevételnek, $-55...+125$ °C ciklikus hőmérsékletváltozás-igénybevételnek, valamint gyorsulási- és rázás-igénybevételnek vetették alá és vizsgálták egyenáramú és nagyfrekvenciás viselkedésüket. A vizsgálatok tapasztalatai fejlett gyártási eljárásokat tükröznek. *Lewandowski, J.* (Lengyelország) a mikrohullámú eszközök szerelési módszereit tanulmányozta, a megbízhatóság növelése szempontjából és rámutatott arra, hogy a szerelési műveletek és néhány technológiai paraméter hogyan befolyásolhatja a mikrohullámú eszközök statikus- és zaj-jellemzőit.

Reich, B. (USA) a műanyag tokozású félvezetők és integrált áramkörök megbízhatóságával foglalkozó előadásában kifejtette, hogy a megbízhatóságot nem csupán a tokozás minősége, hanem a chip tisztasága, a passzívált réteg és a fémrendszer tulajdonságai is befolyásolhatják. Tökéletes tokozású anyag nincsen, kompromisszumos megválasztásához megfelelő minőségellenőrző módszerek szükségesek. *Gerich, W.* (Csehszlovákia) a műanyag tokozású integrált áramkörökben fellépő ezüst-migráció jelenségét vizsgálta. A kivezetésekből származó ezüst a kivezetések között átvezetést, áramszivárgást okozhat. Az elvégzett gyorsított vizsgálatok kimutatták, hogy a jelenséget a forrasztáshoz használt vegyszerek is elősegíthetik. A megfelelő tisztítással a migráció veszélye jelentősen lecsökkenthető.

Borri, F. (Olaszország) a Ti-Pt-Au fémmezést tartalmazó félvezető eszközök megbízhatóságát hasonlította össze a hagyományos műanyag tokozású, Al fémmezésű integrált áramkörökével. A végzett vizsgálatok és hibaanalízis azt bizonyítja, hogy a hármas fémmezést és kettős passziválást tartalmazó technológiák jelentősen javítják az eszközök megbízhatóságát szigorú nedvesség és hőmérséklet környezeti feltételek esetén. *Kalmár, G.* (Magyarország) egyik előadásában a félvezetőgyártásban alkalmazott mikrokötések hibamechanizmusának vizsgálati tapasztalatairól számolt be, másik előadásában TTL SSI-áramkörök hosszú idejű megbízhatósági vizsgálatainak eredményeit ismertette. A gyorsított igénybevételekből, egyenáramú és kapcsoló üzemi terhelésvizsgálatokból álló vizsgálatssorozattal $10^{-9}...10^{-7}/h$ meghibásodási ráta volt igazolható.

A nagy bonyolultságú integrált áramkörök megbízhatósági kérdéseivel foglalkozott *Holinski, M.* (Lengyelország) aki olyan számítógépes tervezési módszert ismertetett, mellyel a nagy sorozatban gyártott, statisztikusan ellenőrzött LSI chip-ek megbízhatósági vizsgálati módszerei optimalizálhatók. *Sindelár, B.* (Csehszlovákia) a félvezetőmemóriák megbízhatóságának vizsgálati módszereit és ezek lehetséges megoldásait ismertette. *Pechovcek, M.* (Csehszlovákia) pedig billenőáramkörök által okozott véletlen hibák kérdéseivel foglalkozott.

Tomasek, K. (Csehszlovákia) a MIS integrált áramkörök megbízhatósági tulajdonságainak analiziséből származó eredmények általánosításáról beszélt előadásában. *Ruge, I.* (NSZK) — akinek előadását *Reichel, D.* olvasta fel — a szilíciumlapkák technológiai eljárásai során végzett vizsgálatok lehetőségeit ismertette. *Ivanov, P.* és szerzőtársai (Bulgária) a PTI—100 és PTI—400 típusú tirisztor teljesítményimporterek megbízhatósági vizsgálatairól és megbízhatóság biztosítási módszereiről számoltak be.

Az elektromechanikai alkatrészek megbízhatósági kérdéseivel a szimpózium négy előadása foglalkozott. *Fejér, Gy.* (Magyarország) a nyomtatott áramköri csatlakozások megbízhatósági vizsgálatai terén szerzett tapasztalatokról számolt be, mely szerint a lépcsős igénybevételek jól ellenőrzött feltételek esetén lehetőséget nyújtanak gyorsított megbízhatósági vizsgálatok lefolytatására. *Sugár, G.* (Magyarország) az elektromechanikus alkatrészek megbízhatósági vizsgálatainak kiértékelésére szolgáló számítógépes módszereket és az e célra kidolgozott számítógép-programokat ismertette. *Weyhing, H.* (NSZK) a soksarkú csatlakozók forrasztás nélküli bekötési eljárásait, ezek fejlődési irányait mutatta be, utalva arra, hogy az új eljárások hogyan fokozzák a csatlakozók és az ezek felhasználásával felépített rendszerek megbízhatóságát. *Francyk, J.* (Lengyelország) előadásában a kapcsolók és kapcsológépek stabilitásának és megbízhatóságának kérdésével foglalkozott.

A 2. szekció előadásaival összefüggésben „Anyagvizsgálatok szerepe a megbízhatóságban” témakörben kerekasztal-megbeszélés megszervezésére is sor került. E megbeszélésen a felkért hozzászólók az anyagvizsgálatok hibaanalízisben betöltött szerepéről, az anyagvizsgálati módszerekről a mérendő és mérhető jellemzőkről és az anyagvizsgálat alkatrészgyártásban felmerülő feladatairól tartottak vitaindító előadásokat. A kerekasztal-megbeszélésen lefolytatott vita során az az általános vélemény alakult ki, hogy alapvető fontosságú az anyagtulajdonságoknak és ezek változásainak lehetőség szerint roncsolásmentes vizsgálatokkal történő regisztrálása és ezen adatoknak a megbízhatósági jellemzőkkel együtt történő statisztikai feldolgozása. A vizsgálati módszerek közül különösen az Auger elektron spektroszkópia alkalmazásának szükségességére körül alakult ki vita.

3. szekció: Elektronikai rendszerek és berendezések megbízhatósága és használhatósága

A szekcióban elhangzott 29 előadás témakörét tekintve három csoportba sorolható:

- berendezések és rendszerek megbízhatóságának általános kérdései;
- konkrét berendezések és rendszerek megbízhatósági problémái;
- távközlő-hálózatok használhatósági jellemzőinek meghatározása és tervezése ezekre a jellemzőkre.

Az előadások döntő többsége az első témakörrel foglalkozott. *Butkievich, S.* (L NK) a Thom-féle katasztrófa-elméletet al-

kalmazta érintkezők megbízhatóságának előrejelzésére. *Casale, R.—Riciniello, F.* (Olaszország) előadásukban költségmodellt ismertettek rendszerek megbízhatóságának tervezéséhez. A modell lehetővé teszi az optimális teljes évi költségmeghatározását a meghibásodási ráta és az átlagos javítási idő függvényében. *Lacey, W. A. C.* (Anglia) a teljes rendszer megbízhatóság fogalmát úgy értelmezte, hogy az tartalmazza a tervezés, gyártás és karbantartás alkotófogalmain túlmenően a felhasználók által támasztott igények figyelembevételét is. *Lajtha, Gy.* (MNK) a távközlő-hálózatok használhatóságát növelő tényezőket vizsgálta. A szolgáltatás használhatósága jelentős mértékben függ a gazdasági tényezőktől. Az előadás ezeknek az összefüggéseknek ismeretében határozta meg a hálózattervezés egyes lépéseit, kiemelve a tartalékok alkalmazásának jelentőségét.

Danek, J. (CSSZSZK) rendeltetés-orientált rendszerek megbízhatóságának becslését tárgyalta, az elemi funkciók analízise alapján. Az elemi funkciók fokozatos romlásának állapotait, a rendeltetés katasztrófális leromlásának valószínűségét és néhány ezzel kapcsolatos fogalmat vizsgált.

Maggi, A.—Mammucari, F. (Olaszország) az FDM-berendezések megbízhatósági előírásainak ellenőrzésére tervezett rendszert ismertetett. A rendszer lehetővé teszi az egyes alkatrészek meghibásodási rátáinak meghatározását tényleges működési feltételek között, így biztosítja hasonló berendezések esetében a megbízhatóság pontosabb előrejelzését. *Migdalski, J.* (LNK) függő, azaz egymás működőképességét befolyásoló elemekből álló rendszerek megbízhatóságát határozta meg. *Mindner, D.* (NDK) az elektronikai termékek megbízhatóságának biztosítására szolgáló alapvető intézkedésekről számolt be. Ezek közé sorolta a megbízhatósággal kapcsolatos szabványok kidolgozását, megbízhatóságra vonatkozó információs rendszer felállítását, a megbízhatósági tevékenység megszervezését, a megbízhatósági szakemberek képzését.

Nándorfi, M. (MNK) a távközlő-szolgáltatás fenntartásának szervezési kérdéseit tárgyalta és megvizsgálta a felügyeleti szolgáltatás fejlesztése szükségességének okait. A kérdéseket új hálózatok tervezése és régi hálózatok bővítése esetében válaszolta meg. A fenntartásszervezést az előadó a szolgáltatás minőség növelésének egyik módszerének tekintette. *Naiman, K.* és előadótársai (NDK) az elektronikai berendezések megbízhatósági szempontból való tervezését ismertették.

Tigerman, B. (Svédország) átviteltechnikai berendezések megbízhatósági adatainak közlési módszerét ismertette. A megbízhatósági adatok közlése azon alapszik, hogy a meghibásodásokat aszerint veszik figyelembe, hogy azok hány csatornát érintenek. *Zamojski, V.* (LNK) olyan megbízhatósági funkcionális modellt ismertetett, amely bonyolult rendszerek megbízhatóságának elméleti vizsgálatára alkalmas. *Zalcman, A.* (LNK) hidegtartalékkal rendelkező, javítható rendszerek megbízhatóságának számítási kérdéseit tárgyalta. *Gubin, N. M.* (SZU) a karbantartás alapvető tudományos módszereivel foglalkozott. *Magyar, I.* (MNK) a szolgáltatás megbízhatósági követelményeinek számítása területén a teljes referencia-áramkörre és egyes részére vonatkozó megbízhatósági követelmények összefüggését tárgyalta.

A konkrét rendszerek megbízhatósági kérdéseinek területén *Czeiner, A.* (MNK) nagy távolságú telefonhálózat átviteli útjainak használhatóságát vizsgálta és az erre vonatkozó

statisztikai adatokat ismertette. *D'Ottavio, A.* és társai (Olaszország) az új digitális pont-pont közötti és felfűzős olasz adathálózat megbízhatósági vonatkozásait tárgyalták. *Farkas Gy.—Jereb, L.* (MNK) komplex számítógéprendszer megbízhatósági mutatóit határozta meg. *Keresztényi, I.—Ghyms, Gy.* (MNK) előadásukban a távközlő-hálózatok megbízhatóságának növelési módszereivel foglalkoztak. *Lenz, U.* (NSZK) programvezérlésű adatkapcsoló-rendszer használhatóságának biztosítását tárgyalta. A SIEMENS EDS-rendszer telex- és adatközlésre alkalmas, magas megbízhatósági követelményekkel rendelkezik. Ezt tartalékolással, hatékony hibafelkutatási és hibalokalizálási eljárások alkalmazásával biztosítják. *Wazynska-Fiok, K.* (LNK) a vasúti forgalom ellenőrzésében használt elektronikai eszközök megbízhatósági kérdéseivel foglalkozott. *Wolf, H.* (NDK) elektronikai berendezések megbízhatóságát vizsgálta a kezdeti meghibásodások szakaszában. Ebben a közel 1000 órás szakaszban a működési idő eloszlását Weibull-eloszlással közelítette. *Zafka, M.* (CSSZSZK) a megbízhatóság kérdését az érintkező technikában vizsgálta. Adatgyűjtési módszert ismertetett a megbízhatósági program végrehajtására. *Heger, S.* (LNK) számítógéprendszerek megbízhatóságát tárgyalta az ipari folyamatok irányításának területén.

A rendszerek használhatóságra való tervezése területén *Bonaventura, G.—Mocci, U.* (Olaszország) az áramkör-tervezéssel foglalkozott. A telefonhálózatban a kommunikálás lehetősége függ a forgalmat felajánló áramkörök számától, valamint ezek közül a hibás áramkörök számától. A szerző azt a feladatot tartja a legfontosabbnak, hogy a „használhatatlansági valószínűség” értékét minimális költség mellett minimális szinten tartsuk. *Darnóczy, J.* (MNK) vivőrendszerek optimális tervezését tárgyalta. Foglalkozott a forgalom és a megbízhatóság kapcsolatával, a különböző struktúrájú rendszerek költségfüggvényeivel és az optimalizálással kapcsolatos feltételes szélsőérték-feladatok megoldásával.

Jereb, L.—Farkas, Gy. (MNK) a távközlő-szolgáltatás minősítésére alkalmazott olyan mértéket, amely a megbízhatóságot is figyelembe veszi. Ezt használhatóságnak nevezik, a paraméter meghatározására számítógépes algoritmust dolgoztak ki az előadók. *Peregi, Zs.* (MNK) távközlési-hálózat használhatóságának számítására alkalmazott programrendszert ismertetett, amely használható szövevényes hálózatszámításra kerülő út nélkül és vegyes hálózatra kerülő utakkal.

A 3. szekció keretében kerekasztal-megbeszélést tartottak „Rendszerek és hálózatok használhatósági jellemzőit” témakörben.

A legfontosabb megállapítások a következők voltak:

- A használhatóság szempontjából elsődlegesnek az előfizető által támasztott követelményeket kell tekinteni;
- Figyelembe kell venni a forgalom befolyásoló szerepét a megbízhatósági és használhatósági tervezésnél;
- A hálózatra megbízhatósági mutatót, a szolgáltatásra használhatósági mutatót kell megadni. Konkrét számértéket kell rögzíteni a követelményekre és felosztási elvet kell megadni a részekre. Ezt CCITT-szinten kell megállapítani, hogy ez ne képezhesse vita tárgyát a gyártó és az üzemeltető között.

Balogh Albert—Kauszer Dénes—Nándorfi Gyuláné

Hibridintegrált aktív transzformátorok és zajviszonyaik

ETO 621.3.049.776:621.372.57

A híradástechnikai transzformátorok igen széles körben felhasznált alkatrészek, melyek a jelenlegi egyéb alkatrészekhez képest mind gyártástechnológiai, mind felhasználói szempontból rosszul kezelhető és ezért kerülendő áramköri elemeknek számítanak. Az áramkörtervezők a transzformátor alkalmazásának elkerülésére törekszenek még akkor is, ha a választott megoldás nyilvánvalóan hátrányos tulajdonságokkal rendelkezik, és csak rosszul helyettesíti a transzformátoros megoldást. Az esetek túlnyomó többségében azonban semmiképpen sem kerülhető el a transzformátor alkalmazása, ugyanis transzformátoron kívül potenciális függetlenséget csak optoelektronikus csatolóval lehet biztosítani. Az optoelektronikai csatoló nemlinearitása és korlátozott dinamikatartománya miatt csak speciális esetekben használható, azonban kétségtelen, hogy a transzformátorhoz hasonlóan potenciális függetlenséget, valamint szimmetriát lehet biztosítani felhasználásával.

A híradástechnikai berendezések és műszerek bemeneti egységei, ritka esetektől eltekintve, transzformátort tartalmaznak. A transzformátor potenciálisan független és szimmetrikus bemenet biztosítására, továbbá illesztési feladat megoldására is felhasználható, de a jelenlegi áramköri megoldásokban nem az illesztés a bemeneti transzformátor fő feladata. A hagyományos bemeneti fokozat elvi rajza az 1. ábrán látható. Ebben a megoldásban a transzformátor biztosítja a bemenet potenciális és szimmetrikus leválasztását, de a kapcsolat több hátránnyal is rendelkezik, melyek a következők:

- a bemeneti impedanciát elsősorban a transzformátor paraméterei határozzák meg;
- a kapcsolat átviteli tényezője nemcsak a frekvenciától, hanem a meghajtó generátor impedanciájától is függ;
- a szimmetriát a tekercselés geometriája határozza meg;
- a relatív sávszélesség kb. 3 dekád;
- a transzformátor lényegesen nagyobb, különösen a hangfrekvenciás tartományban, mint a korszerű egyéb áramköri elemek.

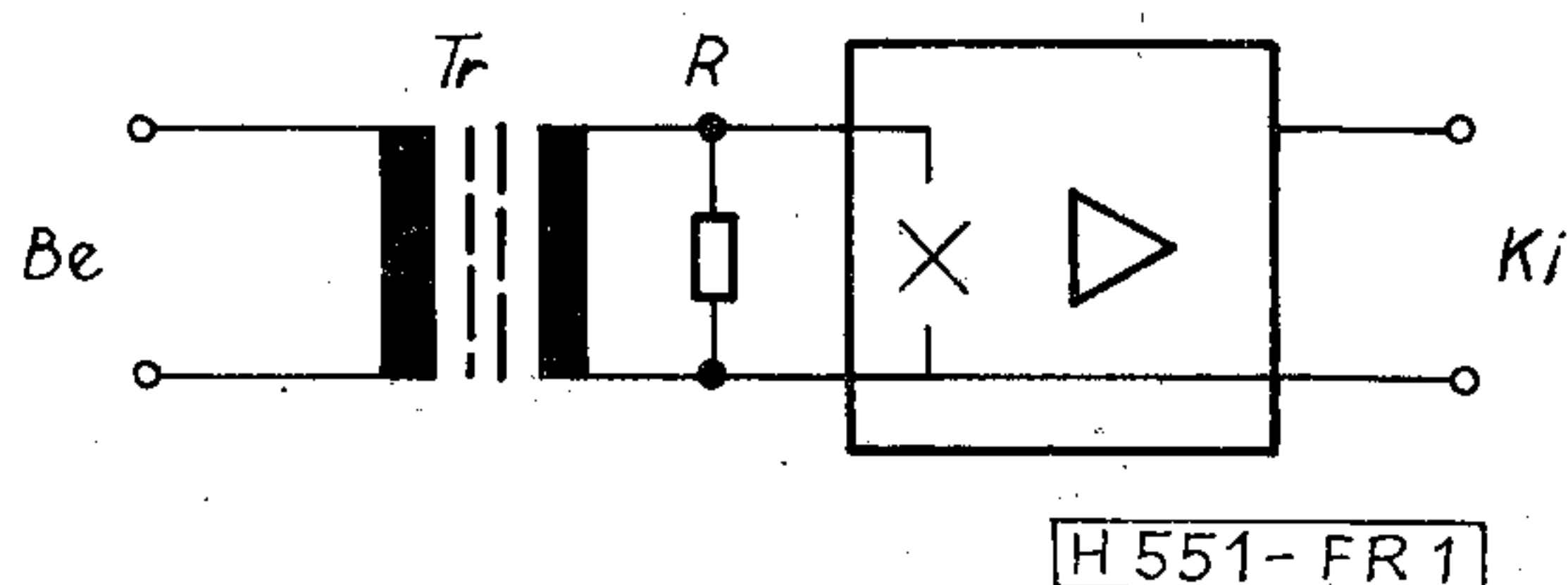
A kapcsolat egyetlen előnye, hogy egyszerű.

A 2. ábra egy korszerű és szellemes bemeneti fokozat elvi vázlatát mutatja be. Az 1 bemeneti erősítő és a 2 modulátor földfüggetlen táplálású, a tápfeszültséget az 5 DC—DC konverter biztosítja. A modulált és kis relatív sávszélességű jelet a T_r transzformátor a 3 demodulátor bemenetére csatolja, majd a demodulálás után a kellő szintet és a kimeneti impedanciát a 4 erősítő biztosítja.

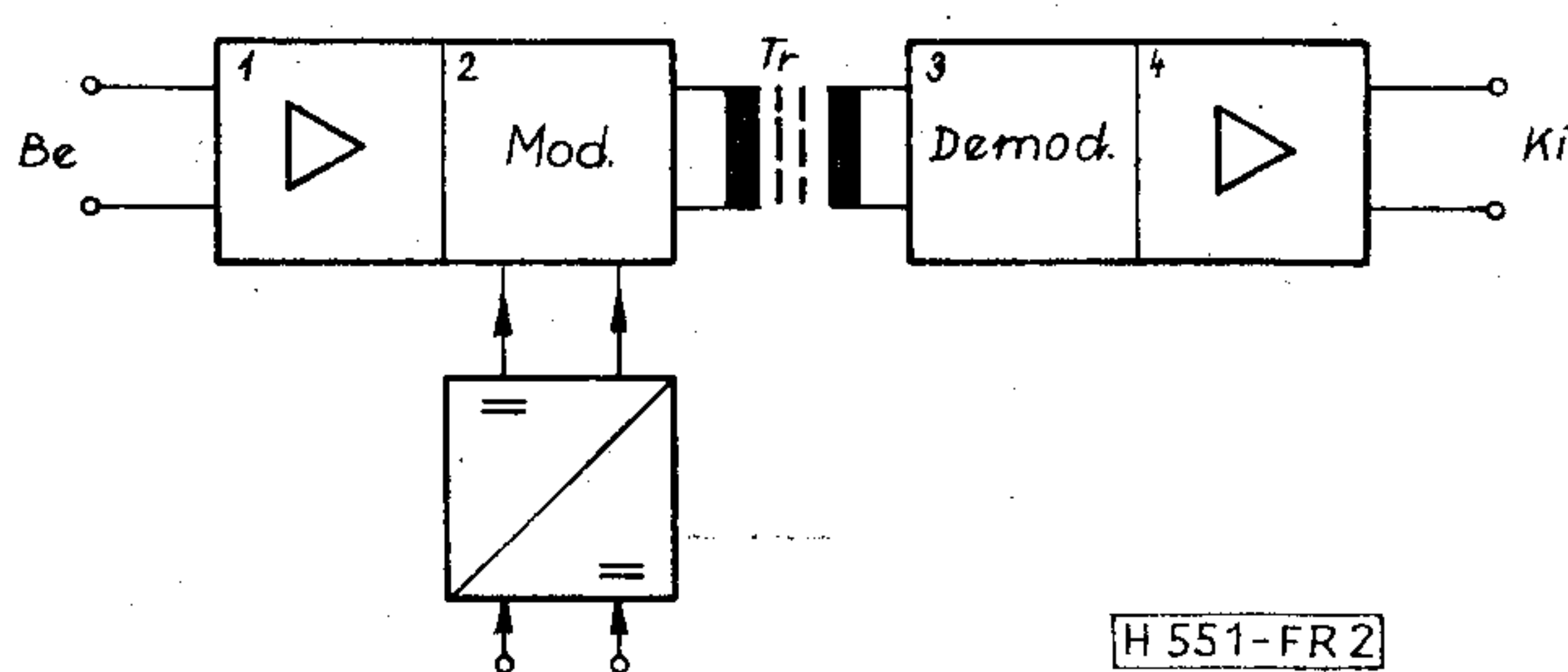
A modulátor és demodulátor különbözőképpen is megvalósítható, de szinkron modulátor és demodulátor alkalmazása esetén még egy harmadik transzformátorra is szükség van. A 2. ábrán látható megoldás áramkörileg bonyolult, és a következő lényeges tulajdonságokkal rendelkezik:

- a bemeneti impedancia széles határok között frekvenciafüggetlen;
- az átviteli tényező független a meghajtó generátor impedanciájától;
- a transzponálás eredményeképpen T_r relatív sávszélessége kicsi, kis méretű vassal is realizálható;
- aránylag könnyű a bemeneti szimmetria biztosítása;
- szinkron moduláció és demoduláció esetén a kapcsolat három transzformátort tartalmaz;
- DC jel átvitelére is alkalmas.

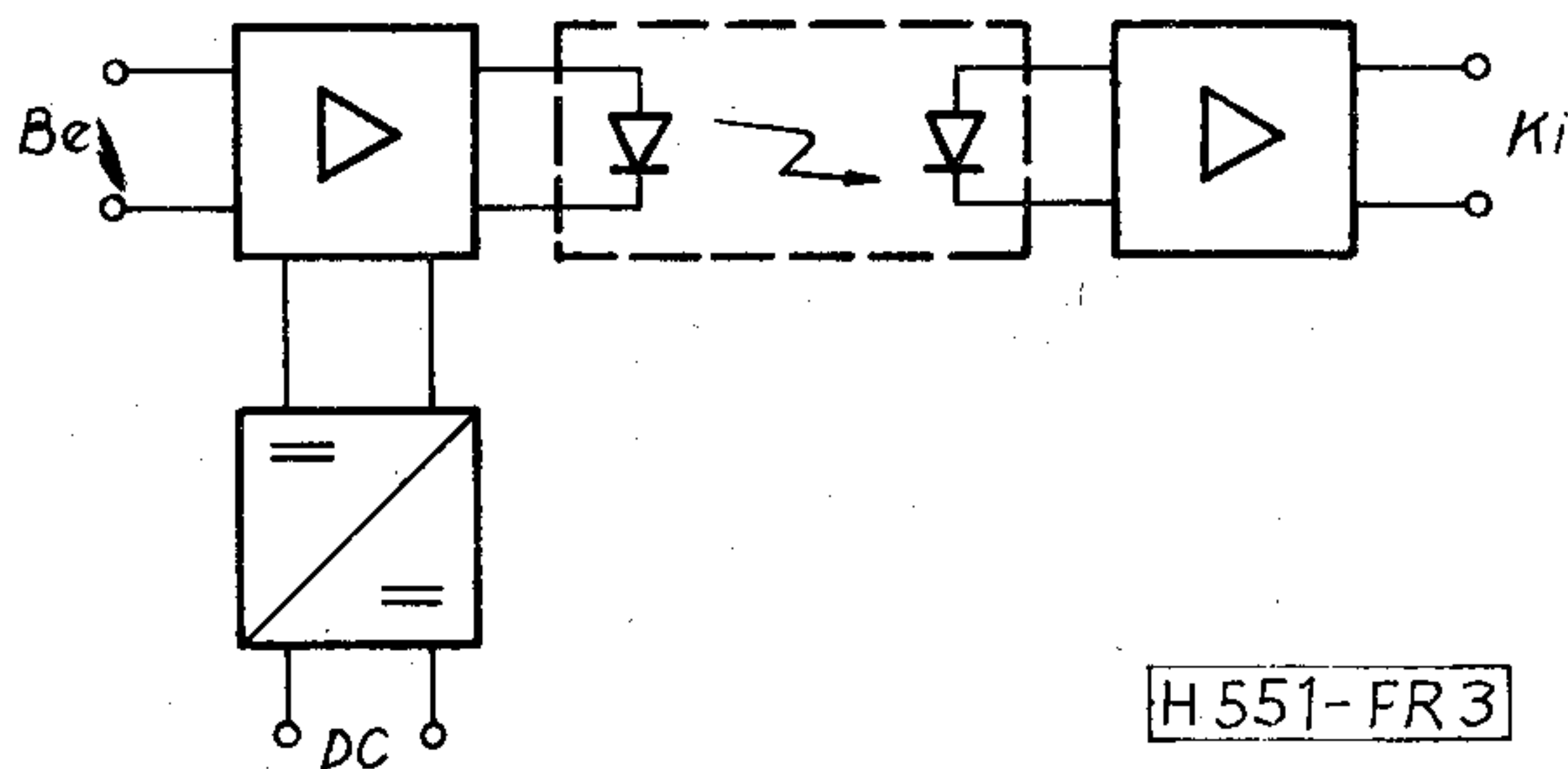
A 3. ábra egy további lehetséges bemeneti fokozatot mutat be, amely megoldás optoelektronikai csatolót tartalmaz.



1. ábra



2. ábra



3. ábra

Ez a megoldás is tartalmaz transzformátort, mely alapvetően meghatározza az átütési szilárdságot, és a 2. ábrán bemutatott kapcsolás tulajdonságaival rendelkezik a linearitás és a dinamikatartomány kivételével, melyeket az optoelektronikai eszköz használata korlátoz.

Az eddigieket röviden összevetve megállapítható, hogy a 2. és 3. ábrán bemutatott megoldások hibrid-áramköri technológiával realizálhatók. Ezen megoldásokban felhasznált transzformátorok miniatűr kivitelben készíthetők és így a hibridáramkörben elhelyezhetők.

A továbbiakban egy egyszerűbb és szintén hibrid-áramköri formában realizálható megoldást részletesen ismertetünk. Ennek érdekében először vizsgáljuk meg az induktív transzformátor tulajdonságait. Induktív transzformátoron veszteségmentes transzformátort értünk, melynek helyettesítő képe a 4. ábrán látható.

Az induktív transzformátort leíró egyenletrendszer a 4. ábra és az [1] irodalom alapján a következő:

$$\begin{aligned} u_1 &= pL_{11}I_1 + pL_{12}I_2, \\ u_2 &= pL_{12}I_1 + pL_{22}I_2, \end{aligned} \quad (1)$$

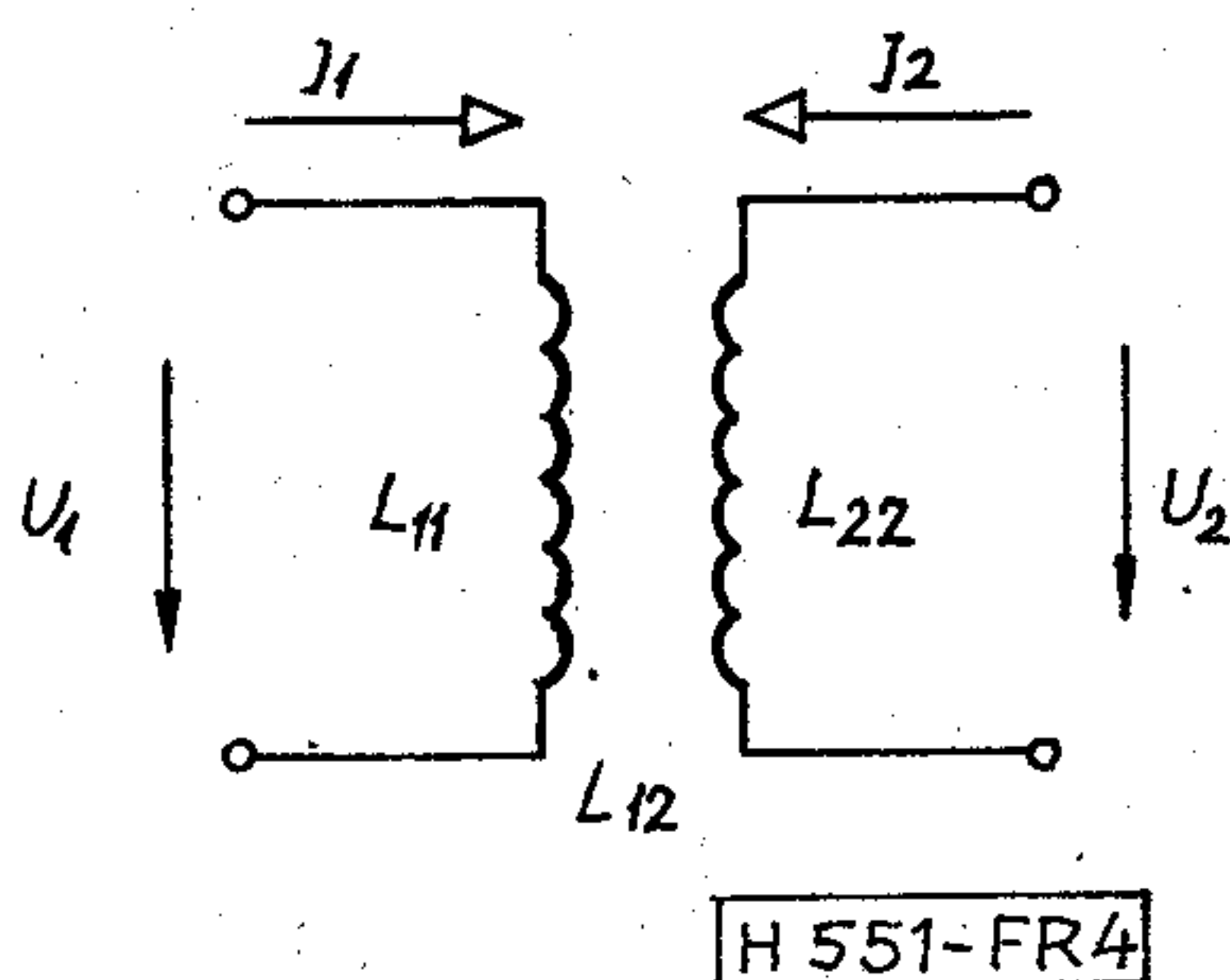
ahol:

$$\begin{aligned} L_{12} &= k\sqrt{L_{11}L_{22}}, \\ L_{11} &\text{— primer induktivitás,} \\ L_{22} &\text{— szekunder induktivitás,} \\ L_{12} &\text{— kölcsönös induktivitás,} \\ k &\text{— csatolási tényező.} \end{aligned}$$

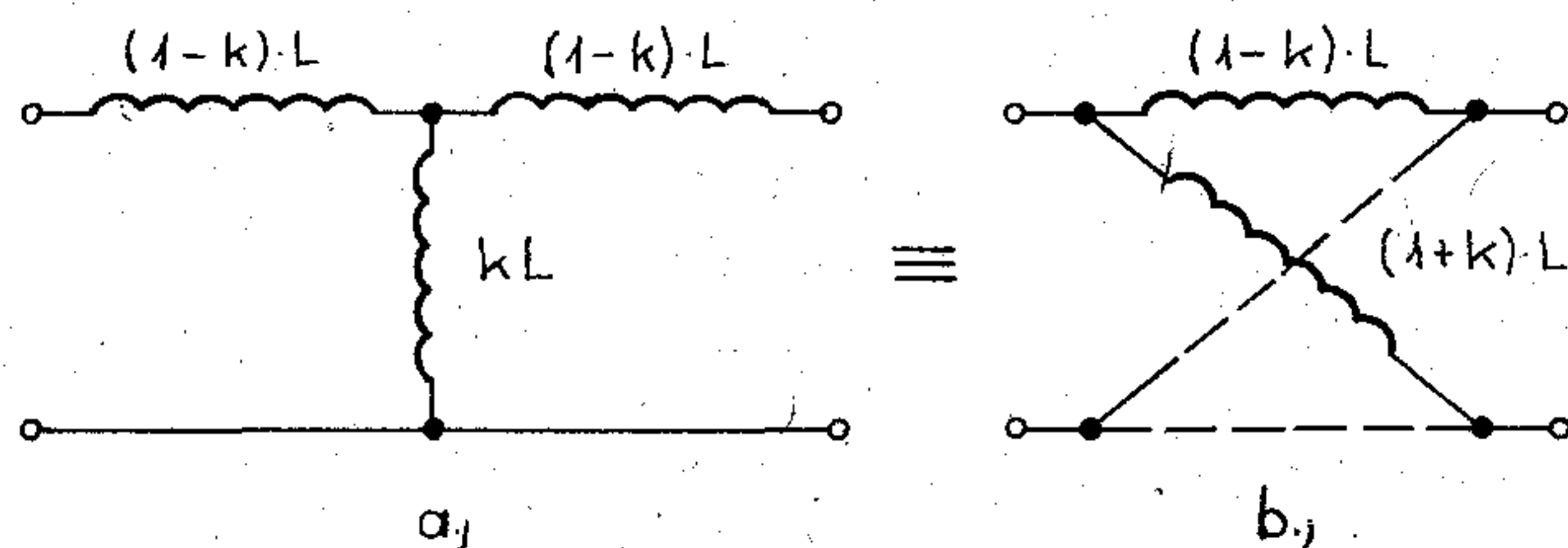
Ha $L_{11}=L_{22}=L$, azaz a transzformátor 1:1 áttételű, akkor a kifejezés tovább egyszerűsödik.

Az átviteli tulajdonságok vizsgálatához jobban használható az 5. ábra helyettesítő képe, amely potenciális függetlenségtől eltekintve, ekvivalens az 1:1 áttételű induktív transzformátorral. A 4. és 5. ábra helyettesítő képeinek ekvivalenciája a négy-pólus paraméterek felhasználásával bizonyítható.

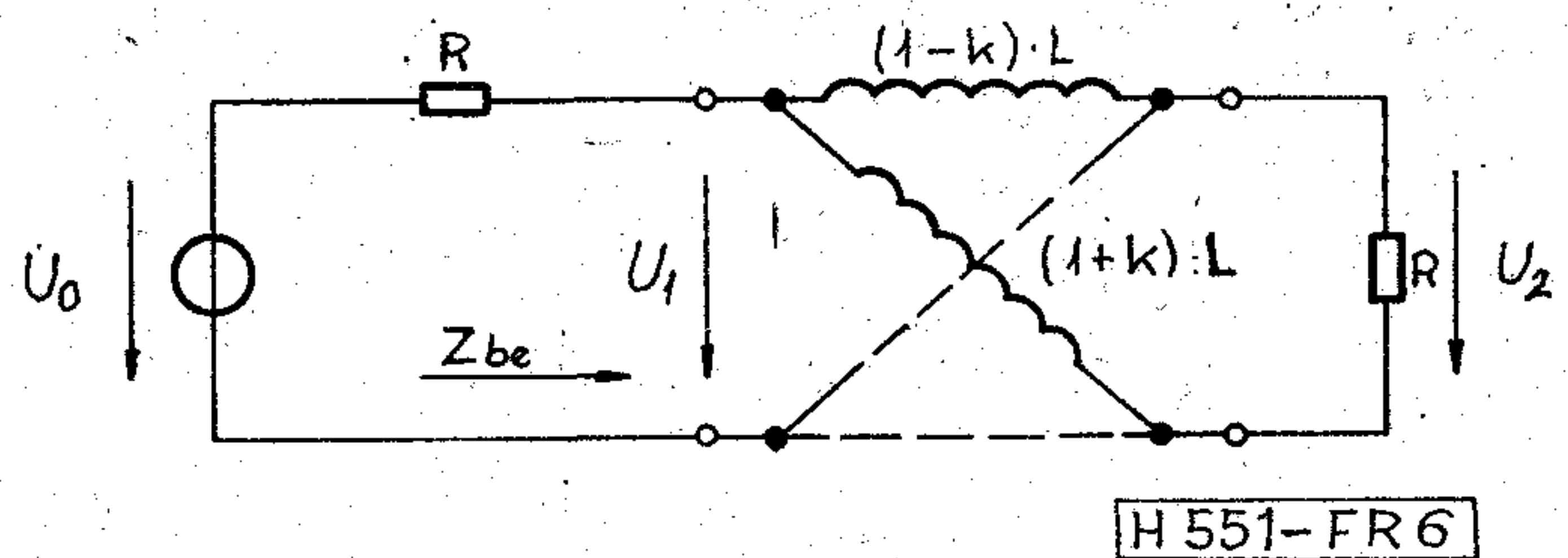
Először vizsgáljuk az 1:1 áttételű induktív transzformátor átvitelét szimmetrikus és ohmos lezárások között (6. ábra).



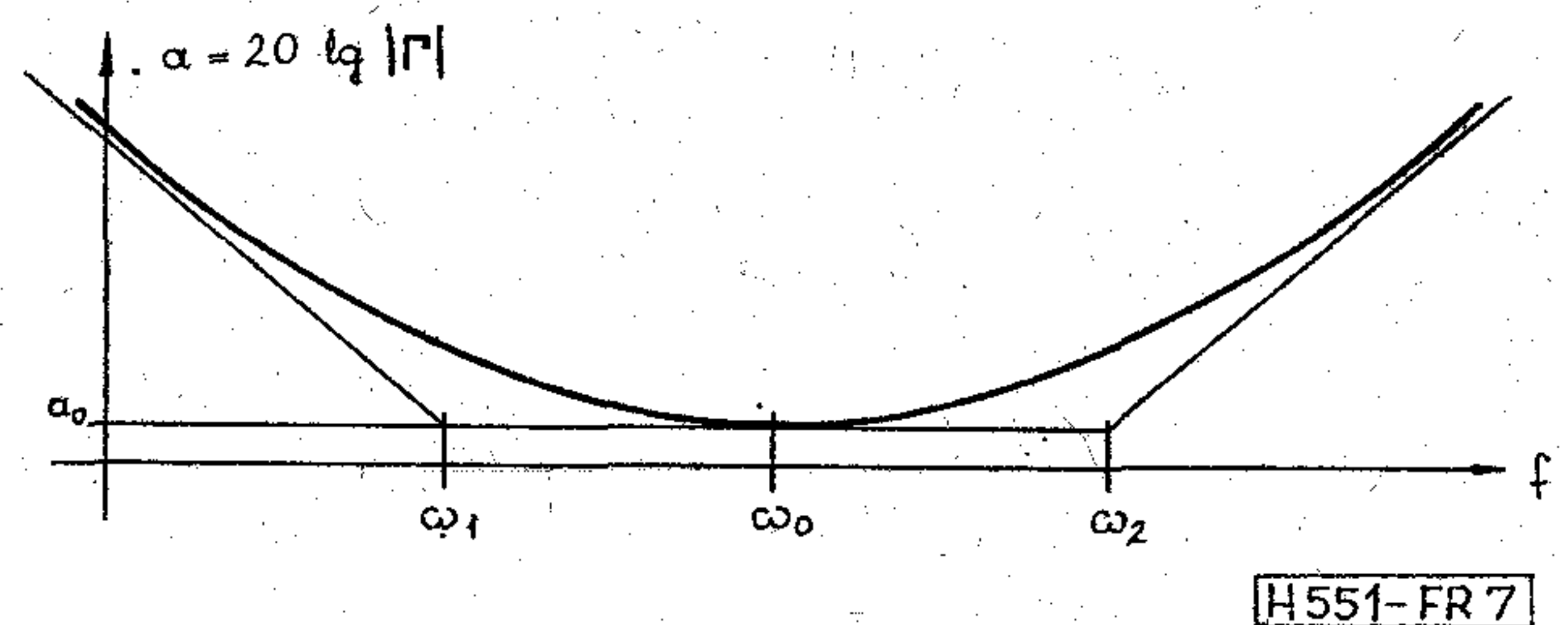
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

Az átviteli tényező a hídimpedanciákkal kifejezve a következő:

$$\Gamma = \frac{U_0}{2U_2} = \frac{(Z_I + R)(Z_{II} + R)}{(Z_{II} - Z_I)R} \quad (2)$$

ahol:

$$\begin{aligned} Z_I &= p(1-k)L, \\ Z_{II} &= p(1+k)L. \end{aligned}$$

A (2) összefüggés felhasználásával kapjuk, hogy

$$\Gamma = \frac{R \left[1 + \frac{p(1+k)L}{R} \right] \left[1 + \frac{p(1-k)L}{R} \right]}{2kpL} \quad (3)$$

Bode-diagramban ábrázolva a (3) összefüggés által adott átviteli tényezőt, a 7. ábrán látható eredményt kapjuk.

A 7. ábrán bevezetett jelölések a (3) összefüggés alapján:

$$\omega_1 = \frac{R}{(1+k)L}; \quad \omega_2 = \frac{R}{(1-k)L} \quad (4)$$

Az ω_1 és ω_2 frekvenciákat alsó, ill. felső törésponti frekvenciáknak nevezzük (3 dB-es pontok). Bevezetve továbbá, hogy a közepes frekvencia $\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$ és felhasználva, hogy a szórás értéke a csatolási tényezővel kifejezve írható:

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2} = \frac{R}{L} \frac{1}{\sqrt{\sigma}}; \quad (5)$$

a relatív sávzélesség:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1+k}{1-k} \cong \frac{4}{\sigma}, \quad (6)$$

valamint az a_0 csillapítás a közepes frekvencián:

$$a_0 = 20 \log |\Gamma(j\omega_0)| = 20 \log \sqrt{\frac{\sigma}{1-\sigma}} \quad (7)$$

Eddigi eredményeinkből jól látható, hogy az alsó törésponti frekvenciát a fő induktivitásnak (L) a lezáró ellenálláshoz való aránya szabja meg, továbbá, hogy a relatív sávszélesség kizárólag a transzformátor geometriájától függ (megvalósítható érték kb. 3 Dekád). A 6. ábrán Z_{be} -vel jelölt, primer oldalról értelmezhető bemeneti impedancia minden frekvencián induktív, ω_0 közepes frekvencián jó közelítéssel R értékű. A transzformátornak, mint négypólusnak a hullámellenállása:

$$Z = \sqrt{Z_I Z_{II}} = p\sqrt{\sigma L} \quad (8)$$

és a hullámellenállás abszolút értéke:

$$|Z| = \omega\sqrt{\sigma L}, \quad (9)$$

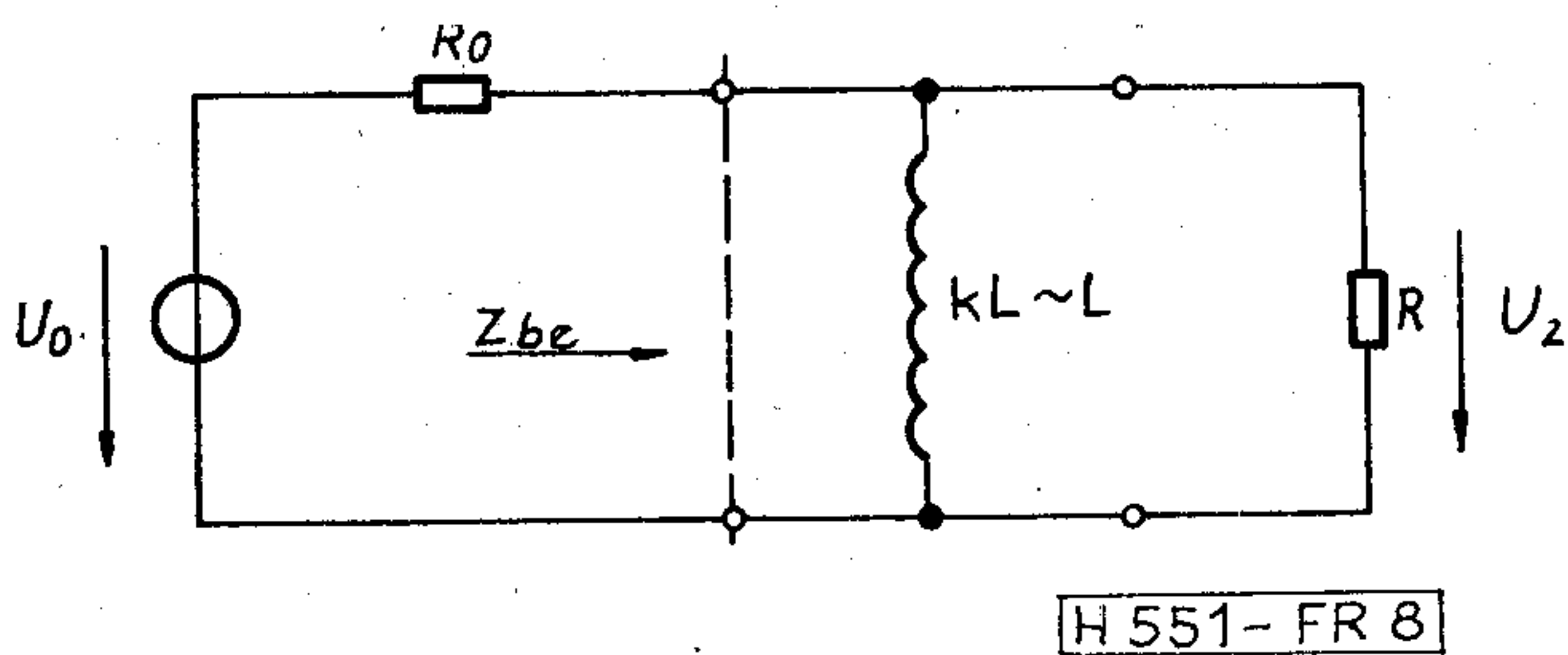
amely a közepes frekvencián (5) felhasználásával:

$$|Z| = R. \quad (10)$$

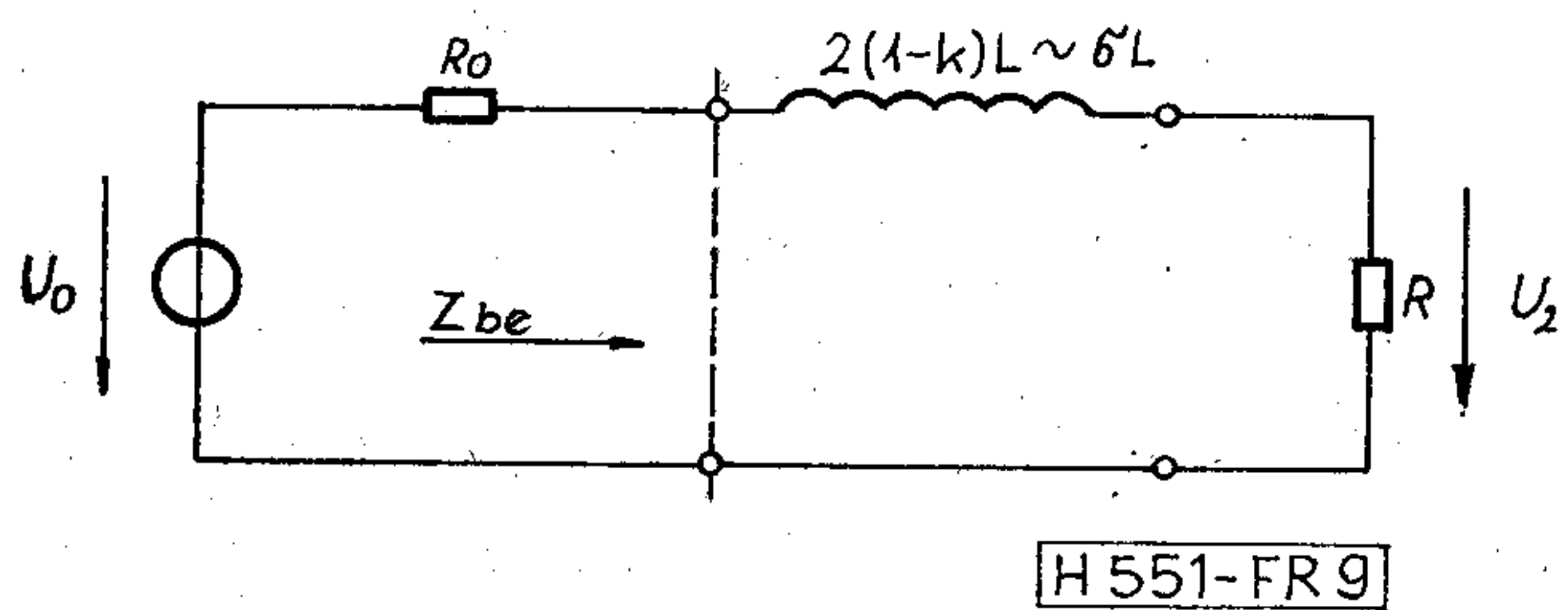
Átviteltechnikai alkalmazásokban általában potenciális leválasztás és földszimmetria biztosításán kívül a kis α_0 alapszabályítás megvalósítása is szükséges, ezért a transzformátort a 6. ábrának megfelelő lezárások között használják, és az (5) és (6) egyenletek alapján méretezik. A méretezés tovább egyszerűsíthető, ha bevezetjük a kisfrekvenciás és nagyfrekvenciás helyettesítő képeket (8. ábra és 9. ábra). Ezen helyettesítő képek további előnye, hogy segítségével az aszimmetrikus lezárások esetén is egyszerűen tárgyalhatók a transzformátor átviteli tulajdonságai. Sok esetben a Z_{be} impedanciának sokkal nagyobbak kell lennie, mint R_0 értéke, például átviteltechnikai műszerek bemeneti transzformátorainál, és ezekben az esetekben már nem a transzformátor illesztett lezárása a cél, hanem a nagy bemeneti impedancia és nagy szimmetriacsillapítás elérése, széles frekvenciatartományban.

A 8. ábra kisfrekvenciás helyettesítő képe alapján

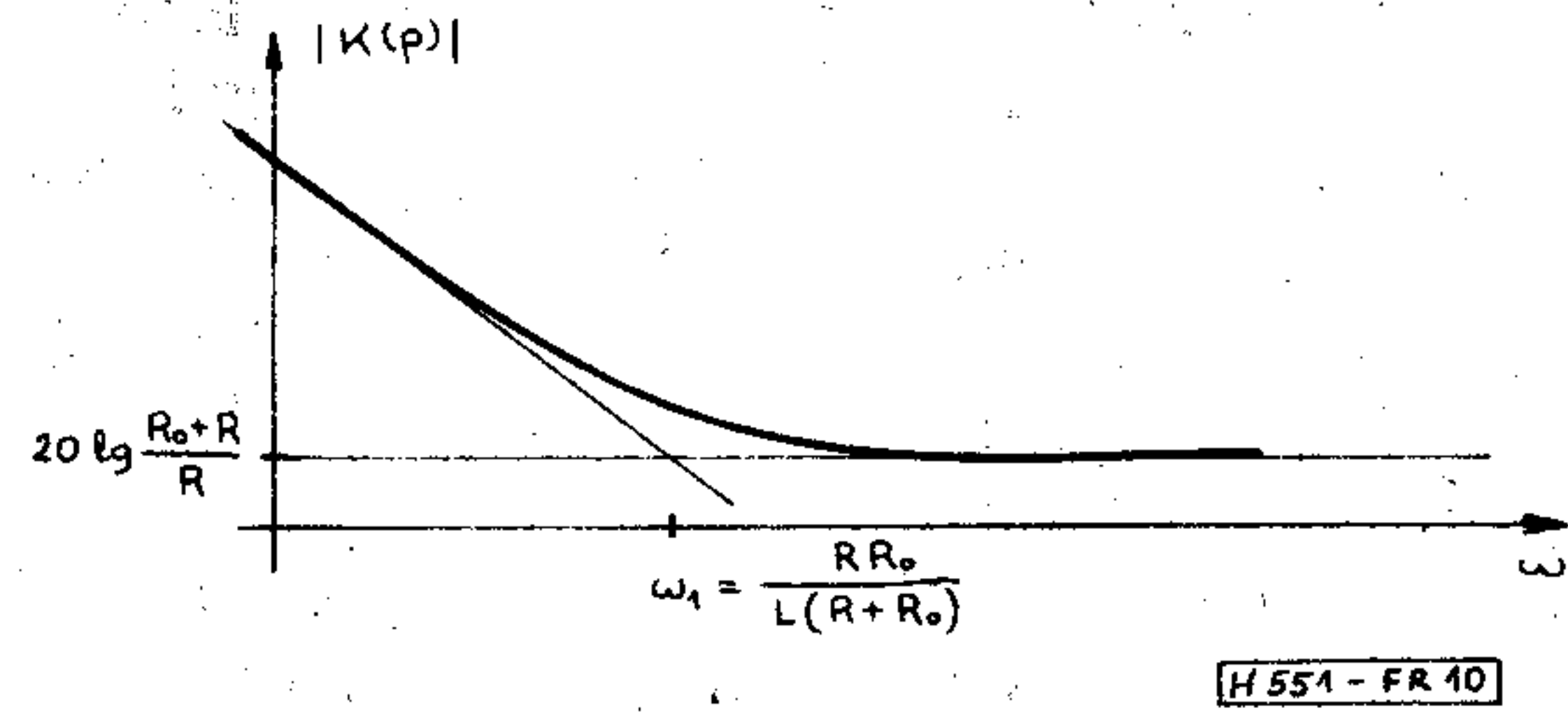
$$K(p) = \frac{U_0}{U_2} = \frac{R_0 \left[1 + p \frac{L(R_0 + R)}{R_0 R} \right]}{pL}. \quad (11)$$



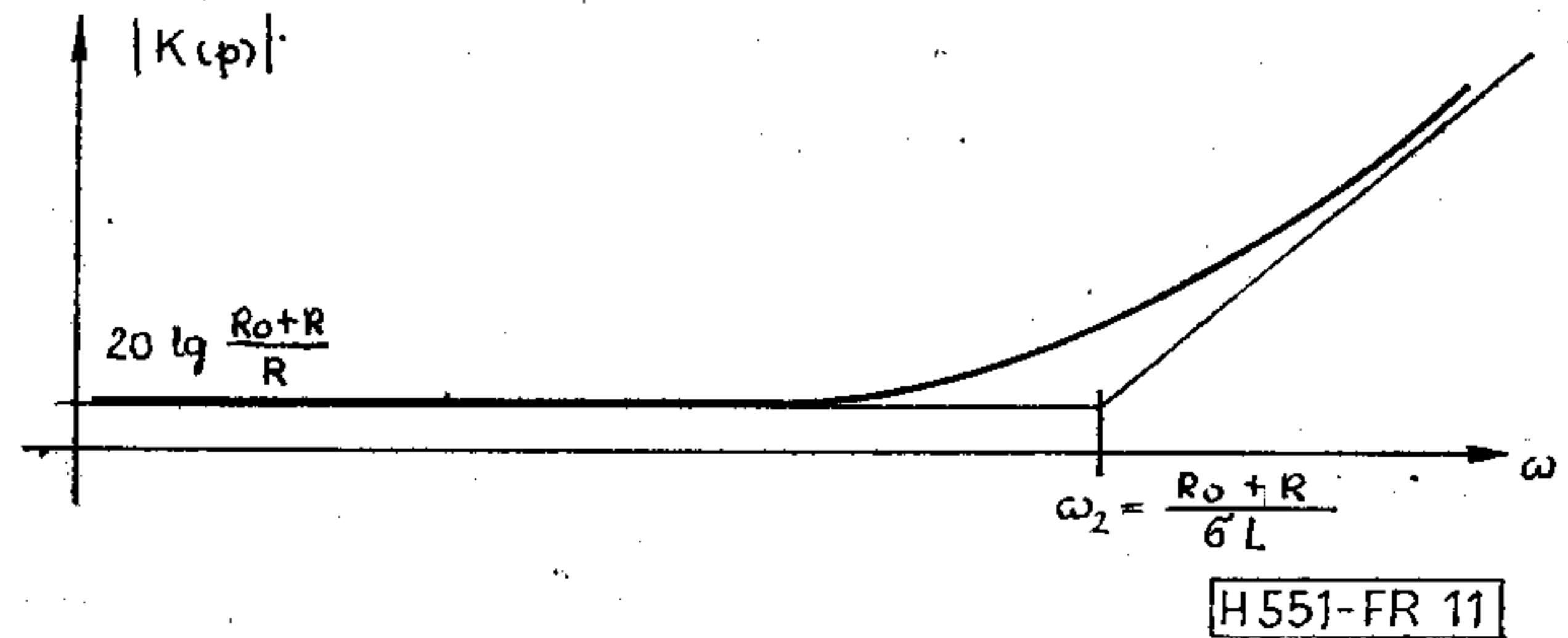
8. ábra



9. ábra



10. ábra



11. ábra

A kisfrekvencián érvényes átviteli tényező Bode-diagramban ábrázolva a 10. ábrán látható. A bemeneti impedancia igen egyszerűen felírható:

$$Z_{be} = pL \times R = \frac{pLR}{pL + R}. \quad (12)$$

Teljesen hasonló módon a nagyfrekvencián érvényes átviteli tényező a 9. ábra alapján:

$$K(p) = \frac{U_0}{U_2} = \frac{R_0 + R}{R} \left[1 + p \frac{\sigma L}{R_0 + R} \right], \quad (13)$$

a bemeneti impedancia pedig

$$Z_{be} = R + p\sigma L. \quad (14)$$

A (13) átviteli tényező Bode-diagramját a 11. ábra mutatja.

A továbbiakban vizsgáljuk meg a transzformátor átviteli tulajdonságait extrém lezárások esetén, ugyanis, mint az eddigiekből jól látható, az átviteli tulajdonságok igen erősen függenek a lezárástól. Az extrém lezárás önmagában véve szokatlan, de célszerűen éppen annak a ténynek bemutatása, hogy helyesen értelmezett, és természetesen gyakorlatilag is helyesen megvalósított extrém lezárás a transzformátor átviteli tulajdonságait nagyságrendekkel javítja, valamint olyan nagymértékű méretcsökkentést tesz lehetővé, hogy a transzformátor korszerű hibridintegrált áramkörökbe beépíthetővé válik.

Extrém lezáráson szakadást vagy rövidzárat értünk. A szakadással lezárt transzformátorról könnyen belátható, hogy átviteli tulajdonságai a véges lezárásokkal lezárt esethez képest tovább romlanak. A romlás még nagyobb értékű, mint az eddigi helyettesítő képeinkből kitűnik, ugyanis az egyszerűség kedvéért a szórt kapacitásokat és azok hatását idáig nem vettük figyelembe.

Az extrém lezárás másik esete, nevezetesen a rövidzár, rendkívül előnyös tulajdonságokkal rendelkezik, ugyanis elősorban az L főinduktivitás hatását csökkenti. A transzformátor szekunder oldalon elhelyezett R lezárását a primer oldalra áttéve, és a sze-

kunder oldalt rövidre zárva a 12. ábrán látható elrendezéshez jutunk, melynek tulajdonságai az előzőekben ismertetett megoldásoktól szinte minden szempontból eltérnek.

A szekunder oldali rövidzárban folyó áram áramfeszültség-konverter segítségével hasznosítható. Kétségtelen, hogy a konverter alkalmazása miatt a 12. ábra szerinti elrendezés nem reciprok, ellentétben a transzformátorral, de megjegyezzük, hogy az 1., 2. és 3. ábrákon bemutatott megoldások is ugyanazzal a tulajdonsággal rendelkeznek, azaz szintén nem reciprok hálózatok. Tulajdonképpen a transzformátor reciprok tulajdonságát csak igen kevés esetben használják ki. (Például erősítetlen kéthuzalos összeköttetés.)

A 12. ábra elrendezése a transzformátor induktív helyettesítő képével nem tárgyalható, ugyanis az extrém lezárás mellett már nem hanyagolható el a tekercsek ohmos ellenállása. A rézvesztéseket képviselő r ellenállásokkal kiegészített helyettesítő kép a 13. ábrán látható, mely további tárgyalásunk alapja, és a hagyományos lezárások között üzemelő transzformátorral jól összehasonlítható, mind átviteli tulajdonságok, mind bemeneti impedancia szempontjából. A 13. ábra kisfrekvenciás helyettesítő képe alapján írható, hogy

$$K(p) = \frac{U_0}{U_2} = \frac{r(R_0 + R + r)}{R} \cdot \frac{1 + pL \frac{R_0 + R + 2r}{r(R_0 + R + r)}}{pL}, \quad (15)$$

a bemeneti impedancia pedig

$$Z_{be} = R + r + pL \times r. \quad (16)$$

Figyelembe véve, hogy $r \ll R_0 \leq R$, (15) és (16) egyszerűbben is írható:

$$K(p) = \frac{U_0}{U_2} = \frac{r(R_0 + R)}{R} \frac{1 + p \frac{L}{r}}{pL}, \quad (17)$$

$$Z_{be} = R. \quad (18)$$

A (17) átviteli függvény Bode-alakját a 13a ábra mutatja.

A 12. ábrán látható kapcsolás nagyfrekvenciás helyettesítő képét a főinduktivitás elhagyásával, és a szórt inductivitások figyelembevételével kapjuk (14. ábra).

Az ábra alapján írható:

$$K(p) = \frac{U_0}{U_2} = \frac{R_0 + R + 2r}{R} \left[1 + \frac{p\sigma L}{R_0 + R + 2r} \right], \quad (19)$$

valamint

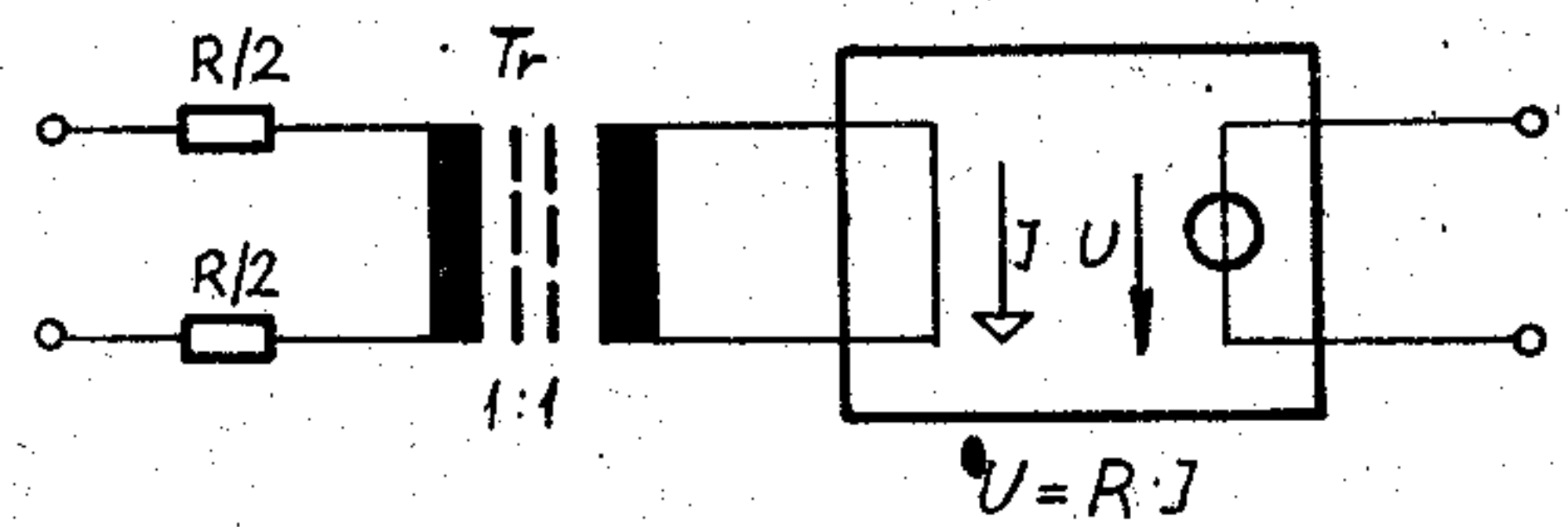
$$Z_{be} = R + 2r + p\sigma L. \quad (20)$$

Ismét felhasználva, hogy $r \ll R_0 \leq R$ kapjuk:

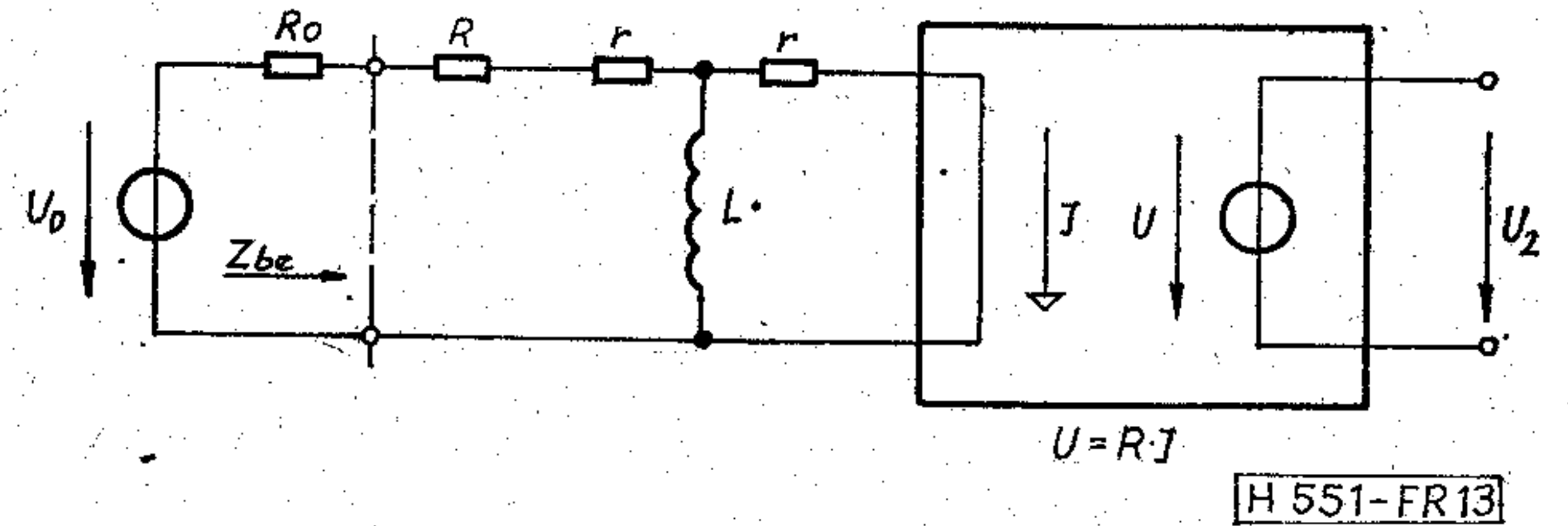
$$K(p) = \frac{U_0}{U_2} = \frac{R_0 + R}{R} \left[1 + \frac{p\sigma L}{R_0 + R} \right], \quad (21)$$

$$Z_{be} = R + p\sigma L. \quad (22)$$

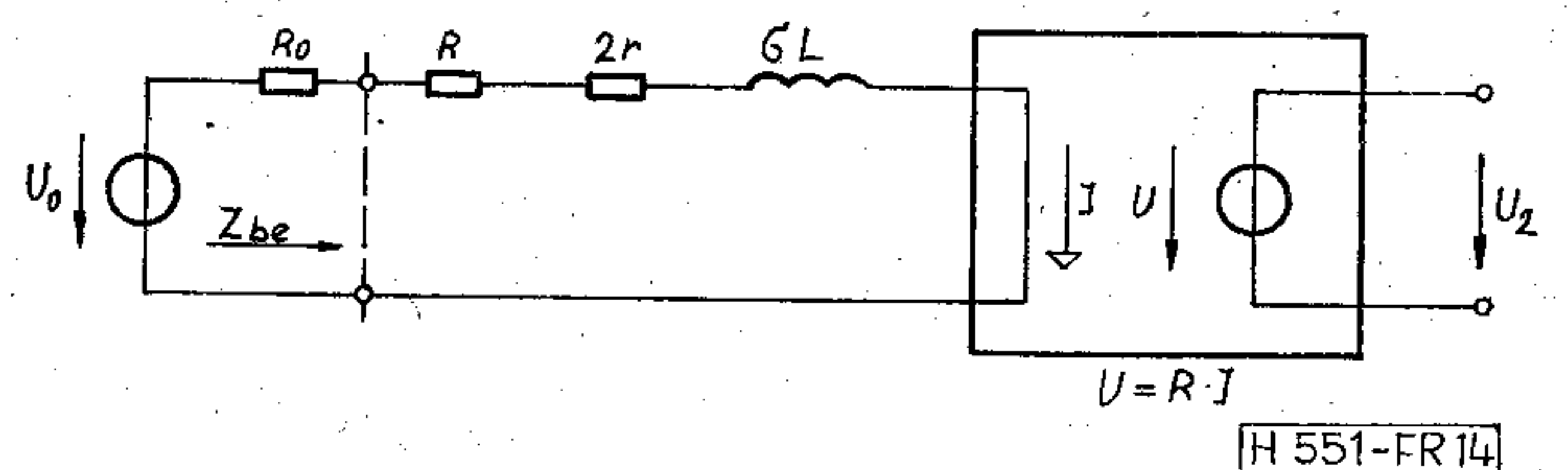
Eredményünk azonos a (13) és (14) eredményekkel, azaz a felső törésponti frekvencia a rövidre zárt



12. ábra



13. ábra



14. ábra

transzformátor esetében megegyezik a véges ellenállással lezárt transzformátor felső törésponti frekvenciájával. Az elmondottak a nagyfrekvencián értelmezhető bemeneti impedanciára is érvényesek.

[A (21) átviteli tényező Bode-diagramja a (13)-mal megegyezik és a 11. ábrán látható.]

Az egyszerű összehasonlíthatóság kedvéért térjünk vissza a véges és aszimmetrikus módon lezárt transzformátor esetéhez, és írjuk fel a 10. és 11. ábrák alapján a relatív sávzélességet, melynek értéke

$$b_1 = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{(R_0 + R)^2}{\sigma R_0 R} \Big|_{R_0=R} = \frac{4}{\sigma}. \quad (23)$$

A (23) összefüggés véges és szimmetrikus lezárások esetén is érvényes, ugyanis figyelembe véve, hogy $R = R_0$, a relatív sávzélességre a (6) összefüggést kapjuk vissza [3]. A rövidre zárt transzformátor relatív sávzélessége a 10. és 11. ábra alapján

$$b_2 = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{R_0 + R}{\sigma r} \Big|_{R_0=R} = \frac{2R}{\sigma r}. \quad (24)$$

A két relatív sávzélesség viszonyára írható, hogy

$$\frac{b_2}{b_1} = \frac{R_0 R}{r(R_0 + R)} \Big|_{R_0=R} = \frac{R}{2r}. \quad (25)$$

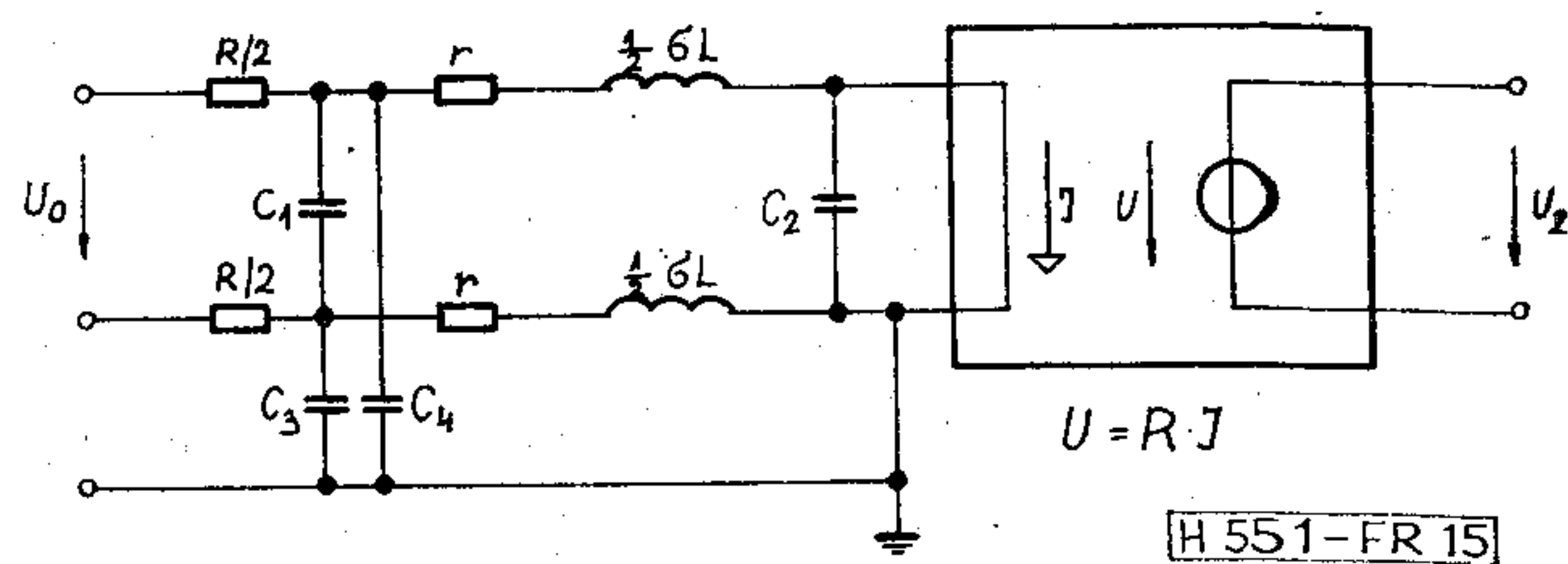
Tekintettel arra, hogy r két-három nagyságrenddel is kisebb lehet, mint R értéke, a 12. ábrán látható megoldással 5–6 dekád relatív sávzélesség is megvalósítható. A megoldás további előnyei is jól láthatók eddigi eredményeinkből. A rövidre zárt transzformátor alsó törésponti frekvenciája nem függ a meghajtó generátor belső ellenállásától és a bemeneti impedancia még az alsó töréspont környezetében is jó közelítéssel tisztán ohmos és R értékű. A kapcsolásnak ezt az előnyös tulajdonságát jól lehet hasznosítani hangfrekvenciás futásiidő-mérő műszer bemeneti fokozatainál, ugyanis a műszer mérési pontosságát a meghajtó generátor impedanciájától függő futásiidő-változás korlátozza. Ennek a hibának elkerülése érdekében a [4] irodalomban ismertetett műszer a 2. ábrán látható megoldást alkalmazza. A hagyományos 1. ábrának megfelelő megoldást alkalmazó műszereknél az elérhető futási idő mérési pontosság kb. egy nagyságrenddel rosszabb.

A véges lezárással szemben a rövidre zárt transzformátor alkalmazásának további előnye, hogy a szórt kapacitások hatását is csökkenti.

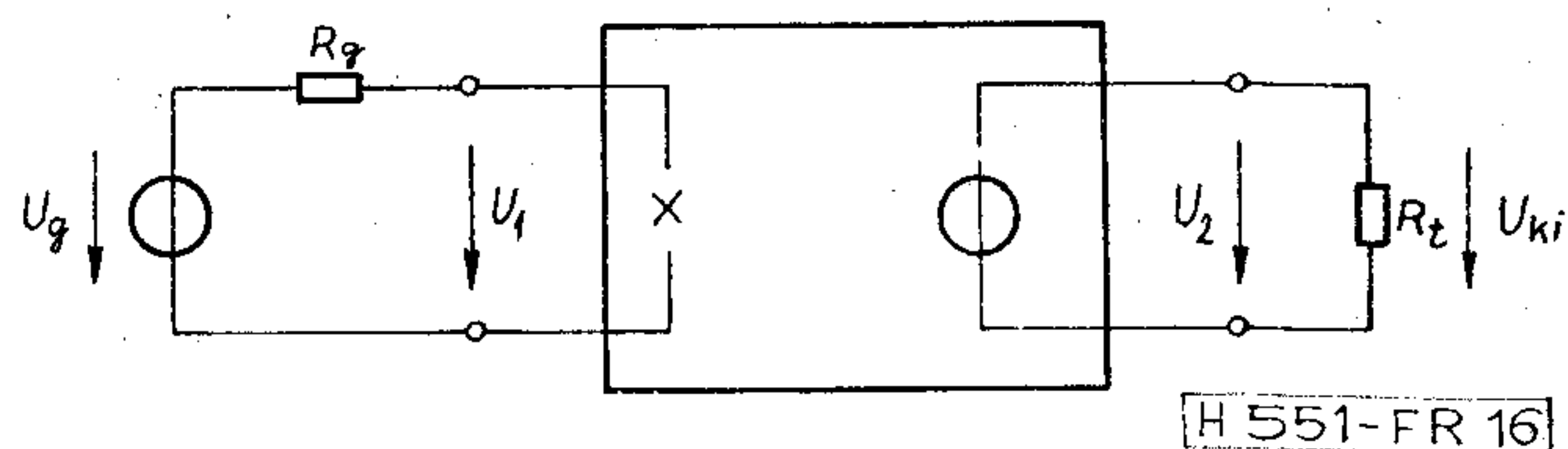
A 15. ábra a szórt kapacitásokkal kiegészített földszimmetrikus kapcsolás helyettesítő képét mutatja. A szórt kapacitások csak nagyfrekvencián befolyásolják az átviteli függvényt és a szimmetriacsillapítást, ezért a 16. ábra a transzformátor nagyfrekvenciás helyettesítő képét tartalmazza.

Feltételezve, hogy a transzformátor a primer és a szekunder tekercse között árnyékolást tartalmaz, a C_3 és C_4 kapacitás a primer tekercsárnyékolás, ill. föld közötti szórt kapacitását helyettesíti. Az így kialakított koncentrált paramétereket tartalmazó helyettesítő kép természetesen csak kvalitatív tárgyalásmódot tesz lehetővé, de véleményünk szerint egy bonyolultabb helyettesítő kép sem szolgáltat gyakorlatilag jól használható eredményeket. A paraméterek elsősorban a geometriától függenek és csak közelítő összefüggésekkel határozhatók meg. A 15. ábra alapján megállapítható, hogy a rövidzárt transzformátor szekunder tekercsének C_2 kapacitása gyakorlatilag nem befolyásolja a frekvenciamenetet, továbbá, hogy a primer tekercs C_1 kapacitása is csak kismértékben változtatja meg a rövidzártban folyó áramot. A szimmetriacsillapítást meghatározó C_3 és C_4 kapacitás csak a rövidre zárt transzformátor primer oldali impedanciájával párhuzamosan kapcsolódva érezteti a hatását, mely sokkal kisebb, mint a véges értékkel lezárt transzformátor esetében. A szimmetriacsillapítást tovább növeli, hogy a kapacitások nem közvetlenül a bemenetet teszik aszimmetrikussá, hanem a két gyakorlatilag egyforma $R/2$ értékű ellenállás után okoznak aszimmetriát. Ezen hatások eredményeképpen a szimmetriacsillapítás több mint egy nagyságrenddel nagyobb, mint a hagyományos bemeneti fokozatokkal elérhető szimmetriacsillapítás.

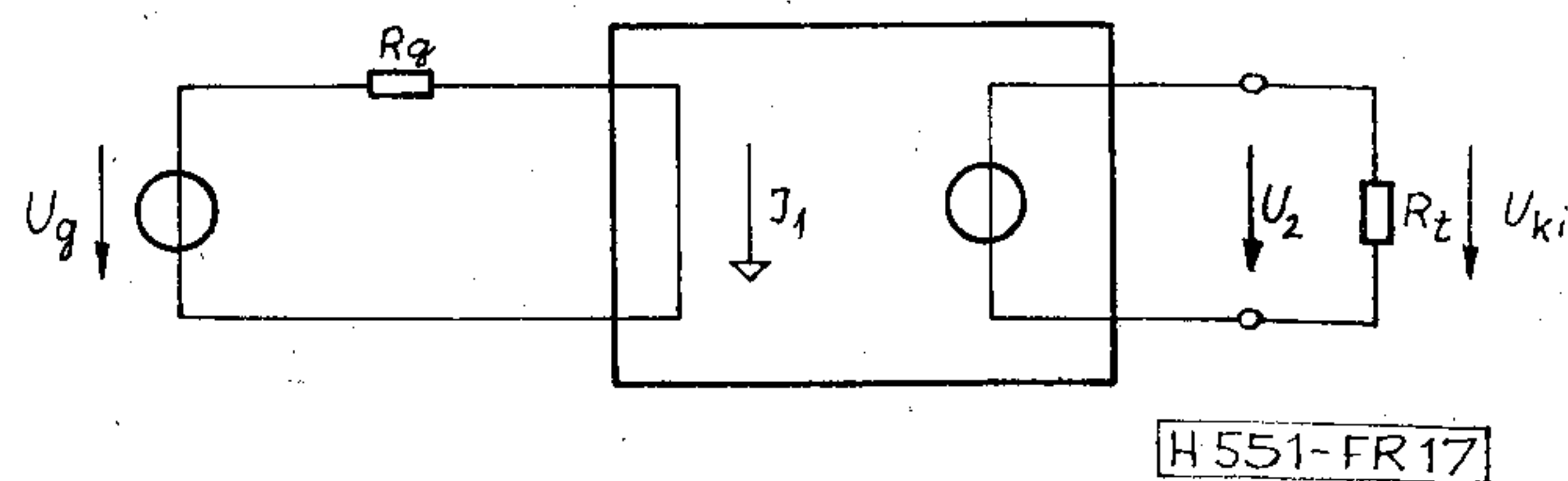
A transzformátort tartalmazó bemeneti fokozatok zajviszonyainak vizsgálatát az 1. és 12. ábra szerinti elrendezések zajtulajdonságainak összehasonlítása alapján célszerű elvégezni. Először a 16. ábra alapján írjuk fel a feszültség–feszültségkonverter zajtényezőjét. Az erősítő zajtényezőjét az erősítóból kivethető zajteljesítmény és a zajmentesnek feltétele-



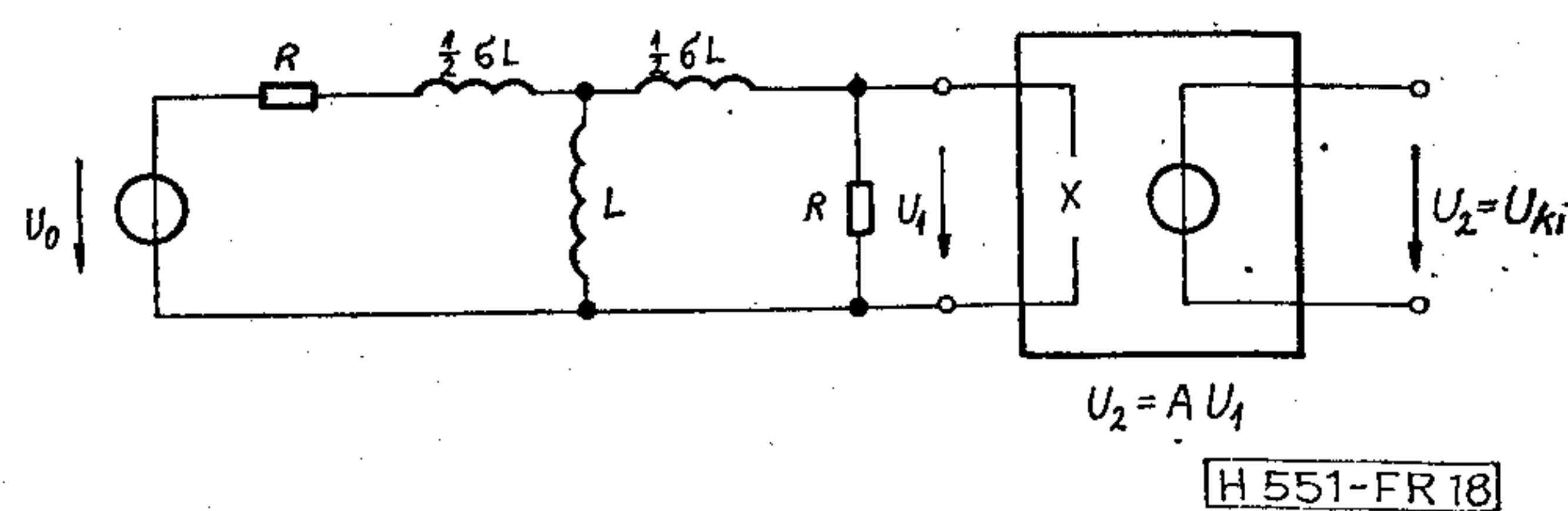
15. ábra



16. ábra



17. ábra



18. ábra

zett, de egyébként azonos tulajdonságú idealizált erősítóból kivethető zajteljesítmény hányadosaként definiáljuk. E definíció alapján írható:

$$F = \frac{P_g G_0 + P_N}{P_g G_0} \quad (26)$$

ahol P_g a vezérlő generátor belső ellenállásából kivethető termikus zajteljesítmény, P_N az erősítóból származó kivethető zajteljesítmény és G_0 az erősítő teljesítmény erősítése. Így a (26) egyenlettel definiált zajtényező a 16. ábra feszültség–feszültségkonverterére

$$F = \frac{U_{2ki}^2}{4kTR_g A \Delta f}, \quad (27)$$

ahol $A = \frac{U_2}{U_1} = \text{const.}$

A továbbiakban tételezzük fel, hogy R_g tisztán ohmos és F értéke R_g értékétől függetlenül konstans. Ezen feltételezések csak durva közelítést tesznek lehetővé, de egyszerű, jól áttekinthető és a mért értékekkel megegyező eredményre vezetnek.

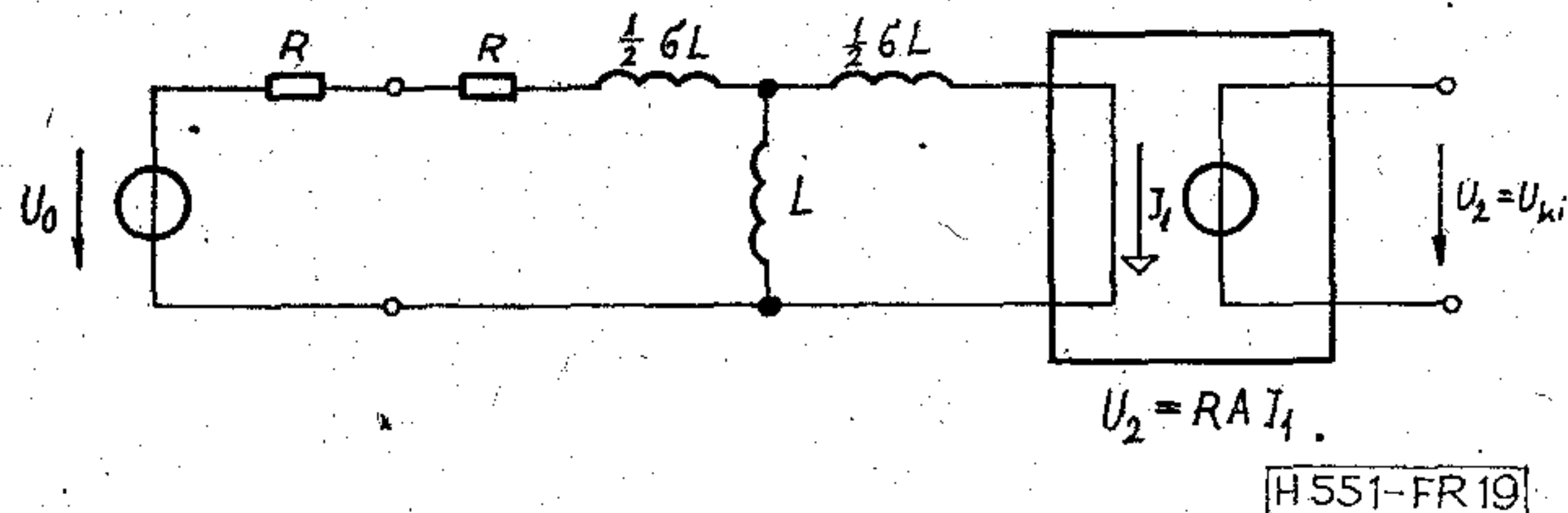
Az előzőekkel azonos feltételek mellett a 17. ábra áramfeszültség konverterének zajtényezője

$$F = \frac{R_g U_{zki}^2}{4kTR^2 A^2 \Delta f}, \quad (28)$$

ahol célszerűségi okokból

$$U_2 = I_1 R A.$$

Az összehasonlítási alapot szolgáló 1. ábrának megfelelő elrendezés helyettesítő képét a 18. ábra mu-



19. ábra

tatja. Könnyen belátható, hogy közepes frekvenciákon a kimeneti jel értéke

$$U_{ki} = \frac{U_0}{2} A \quad (29)$$

és a kimeneti zaj értéke (27) felhasználásával, valamint figyelembe véve, hogy jelen esetben jó közelítéssel $R_g = \frac{R}{2}$, írható

$$U_{zki}^2 = 2kTRFA^2 \Delta f. \quad (30)$$

A 12. ábra rövidre zárt transzformátorának zaj szempontból érvényes közelítő helyettesítő képe a 19. ábrán látható.

Közepes frekvenciákon a kimeneti jel értéke

$$U_{ki} = \frac{U_0}{2R} \cdot RA = \frac{U_0}{2} A, \quad (31)$$

azaz (29) értékével megegyezik. A kimeneti zaj értéke pedig (28) felhasználásával, valamint kihasználva, hogy közepes frekvenciákon $R_g = 2R$ közelítés használható, írhatjuk:

$$U_{zki} = 2kTRFA^2 \Delta f. \quad (32)$$

Eredményünk (30) alatti eredménnyel azonos, tehát feltételezve, hogy a feszültség-feszültség és az áram-feszültségkonverterek zajtényezője megegyezik, a kimeneti zajfeszültségek is megegyeznek, azaz a rövidre zárt transzformátor közepes frekvenciákon zaj szempontból ekvivalens a véges értékkel lezárt transzformátorral. Részletes zajanalízissal bizonyítható, hogy ez az állítás nemcsak a közepes frekvencia környezetében, hanem a teljes átviteli sávban is érvényes.

IRODALOM

- [1] Dr. Géher Károly: Lineáris hálózatok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [2] Gordos Géza: Példatár a lineáris hálózatokhoz. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
- [3] Dr. Izsák Miklós: Vezetékes távközlő berendezések. Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.
- [4] Goenning, Frank: Fortschritte in der Technik der Gruppenlaufzeitmessung, NTZ 1965. Vol. 18. 503—510.
- [5] Herpy Miklós: Analóg integrált áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- [6] Dr. Ambrózy András: Elektronikus zajok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.

SZEMLE

(Folytatás a 82. oldalról.)

A fényvezetős átviteli technológia rendkívül gyors fejlődésének vagyunk tanúi. A legfontosabb fejlesztési területek: a gyártási folyamat technológiája, az átviteli rendszer létrehozása, a fényvezetősálak tulajdonságainak analízisa és tökéletes megértése, új elképzelések és eszközök létrehozása. Az igen kis átmérőjű (2–5 μm -es) sálak 1 modulusban több 10 GHz szélességű sáv átvitelét teszik lehetővé. A jelenleg gyártott fényvezetők csillapítása a GaAs hullámhosszán (0,85 μm) 2 dB/km. A fényvezető sálak rendszerre jellemző még a sávon belüli futásidő-eltérés, ami kisebb 1 $\mu\text{s}/\text{km}$. A fényvezető gerjesztése vagy fotodiódákkal (LED) vagy lézersugárral történik, az utóbbi nagyobb teljesítményű. A ma gyártott átalakítók élettartama már eléri a 100 000 órát, a teljesítményük a +10 dBm-et, ill. +5 dBm-et. A mai fémkábeles rendszerekkel összehasonlítva a relatív átviteli költségek (50...10 km-es szakaszokat feltéve) 8400 Mbit/sec esetén már kedvezőbbek. Ez, valamint a nagy sáv szélesség, az alacsony anyagköltség, a kis méret és súly stb. előnyök a 80-as években a jelenlegi kábelek kiváltását teszik lehetővé. (Telecommunications, 1977. ápr. [383])

LSI-MOS áramköröket alkalmaznak az ultrahang vezérlő-részben. Ezeket az egységeket az USA-ból importálják és 6 csatorna fény- és hangerő, valamint a színszabályozást teszik lehetővé. Az egységes 20 lehetséges frekvenciája közül 16-ot használnak, 8-at közvetlen csatornaválasztásra. Az adórész tápfeszültsége 6 V, hatótávolsága 10 m. A TMS 3702-es kód-átalakító 5 bit-es kódszavakat képez, ezek jutnak a TMS 3835-ös frekvenciagenerátorra, a szó alapján ez felismeri a kisugárzandó frekvenciát. A kvarcoszcillátor 2,9725120 MHz-en rezeg, ennek a leosztásából keletkezik a 20 csatorna frekvenciája. (Radio-Fernseh-Phonopraxis, 1977. ápr. [384])

Arlingtonban (USA) bemutatták a Centralab Electronics új, miniatűr potencióméterét. Méretei: 0,475 $\times$ 0,64 hüvelyk, stabilitása a teljes feszültségtartományban jobb 0,2%-nál, míg a beállítási pontosság a teljes feszültség 0,05%-a. D. A. MacDonald szerint a kezdőellenállása 1 ohm vagy annál kisebb és széles sávot fog át. A mechanikai elforgatási lehetőség 300°. A szerelés vízszintes vagy függőleges lábakkal történik, ami a potencióméterek rendkívül sűrű (0,4 inch-es) elhelyezését teszi lehetővé. A 100 ohm 5 Mohm, ill. 100 ohm 1 Mohm-os tartományra készült potencióméterek ± 20 , ill. $\pm 30\%$ toleranciájuk. A Carbon típusok üzemi hőmérséklete: -55...+105 °C, a Cermet típusoké -55...+125 °C. A potencióméterek állíthatóságát a megrendelő igényei szerint képezik ki: lehet csavarhúzó és imbiszkulcsos, ill. csavarhúzó és kéziállítós (az utóbbi forgatógombos kivitel). Az R-sorozat ára igen alacsony: 1000 db-os megrendelés esetén a darabonkénti ár 0,185 dollár. (Electronics, 1977. máj. [385])

abszorpciója, amelyhez hasonló hatást fejtenek ki a szálban a buborékok (zárványok is). A sugárzási veszteségek elég alacsony szinten tarthatók és az átvitt hullám hosszának negyedik hatványával arányosan csökkennek. A saját veszteségek meghatározására olyan képletet vezet le, amelyben a hullámhossz az egyetlen változó. Ez az egyenlet lehetővé teszi a veszteségek meghatározását a 0,19...1,2 μm -es hullámhosszúságú tartományban. A vörös és az infravörshöz közeli tartományban ezek az értékek mintegy 20%-kal alacsonyabbak az eddig számított értékeknél. A GaAlAs-lézernél (hullámhossza 0,85 μm) és az Nd-lézernél (hullámhossza 1,06 μm) a tiszta kvarcüveg csillapítása 1,90, ill. 0,90 dB/km. A képlet (az állandók megfelelő megváltoztatásával) dotált kvarcüveg csillapításának meghatározására is alkalmas. (*Nachrichtentechnische Zeitschrift*, 1977. jún. [395])

*

Épületek belső terének biztosításában egyre nagyobb szerepet játszanak az infravörös érzékelők. Ha az infravörös detektor által ellenőrzött tartományban tipikus hőváltozás lép fel (pl. ember mozog) a berendezés azonnal vészjelzést ad. A napsugárzás, a természetes hőmérséklet-változás, a légmozgások és a zajok nem hatnak a detektorra. A PID 6 detektor után Zettler (NSZK) megjelentette a nagyobb teljesítményű PID 15-öt, amely 196 m² terület ellenőrzésére alkalmas. A földtől 2...3 m-re elhelyezett 115 mm átmérőjű és 170 mm hosszú berendezés-

ben 12 infravörös detektor van. A kiértékelő elektronikát a földtől 50 mm-re helyezték el. A PID 15-ös elektronikára 5 db PID 5 A független detektor kapcsolható. A berendezés 9...14 V-ról üzemeltethető, nyugalmi áramfelvétele 1—1 mA. Az infravörös belsőtérbiztosító-berendezés más berendezésekkel kombináltan is használható. (*Funkschau*, 1977. máj. 20. [396])

*

A nyugatnémet autópályán baleset vagy műszaki hiba esetén a segítség sokkal gyorsabban a helyszínre érkezik majd ezután. Az évente mintegy 700 000 alkalommal használt 7000 telefonállomást a közlekedési miniszter utasítására automatikus azonosítórendszerrel látják el. Ez az egyes központok személyzetének lehetővé teszi, hogy pontosan meghatározzák a hívó helyét. Az új, többfrekvenciás kódolású eljárással (MFC) dolgozó rendszer mintapéldánya Köln mellett kísérletként üzemel. Az átvitel 4 vezetékes, így a hatósugarat 65 km-re lehetett meghosszabbítani. A központba beérkező, csak arra az egy állomásra jellemző MFC-jel biztosítja, hogy a diszpécser kezelőpultján a km-t és az autópálya oldaljelzését a diódás display kimutassa, valamint, hogy (ez még csak terv) az autópálya méretarányos térképén a hívó állomás helyét villogó lámpácska jelezze. Ez a rendszer az A95-ös autópályán (München—Garmisch) üzemelő rendszer továbbfejlesztése. A minisztérium a következő 3 évben akarja az új rendszert bevezetni. (*Technische Rundschau*, 1977, máj. [397])

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.316.727.072.9:621.376.4

Dr. Grad J.:

A mintavételes fázisszinkronizáció

HÍRADÁSTECHNIKA XXIX. (1978) 3. sz.

A cikk olyan fáziszárt hurok működését írja le, amelynek fázisdetektora memóriamentes mintavevő-tartó áramkör. A különféle áramköri elrendezések egyetlen alapmodellre vezethetők vissza. A cikk ezt az alapmodellt tárgyalja. Felírja a működésre jellemző differenciaegyenletet. A differenciaegyenletnek a kis jelű közelítéssel történő megoldása a hurok stabilitási feltételét eredményezi. Végezetül méretezési példa szemlélteti az analízis útján nyert eredmények felhasználhatóságát.

ETO 537.311.4.08:621.315.682:620.16

Laczkó B.—Újvári A.—Dávid B.:

Az átmeneti ellenállás változásának mérése — módszer a kötések degradációjának vizsgálatára

HÍRADÁSTECHNIKA XXIX. (1978) 3. sz.

A kidolgozott vizsgálati módszer és a kiegészítő pásztázó elektron-mikroszkópos analízis segítségével a szerzők meghatározták az átmeneti ellenállásváltozás és az intermetallikus fázisok kialakulása közötti kapcsolatot. A módszer érzékenyen jelzi a kötési paraméterek degradációra gyakorolt hatását, ezért paraméterbehatárolásra és gyártásközi ellenőrzésre alkalmassá tehető.

ETO 621.3.049.776:621.372.57

Dr. Földvári R.:

Hibridintegrált aktív transzformátorok és zajviszonyaik

HÍRADÁSTECHNIKA XXIX. (1978) 3. sz.

Bemeneti fokozatok potenciális leválasztása hagyományos módon lezárt transzformátorral viszonylag nagy geometriai méretekkel valósítható meg. Hibrid áramkörbe beépíthető méretekkel optoelektronikus csatolók, vagy transzponálást felhasználó leválasztó egységek rendelkeznek. Az extrém módon lezárt transzformátorok átviteli tulajdonságai kedvezőek és bemeneti leválasztó fokozatokban előnyösen felhasználhatók, továbbá hibridintegrált áramkörbe beépíthetők. A hibridintegrált aktív transzformátorokkal elérhető zajtényező jó közelítéssel megegyezik a hagyományos megoldások zajtényezőjével.

Обобщения

ДК 621.316.727.072.9:621.376.4

Д-р Град, Й.:

Фазовая синхронизация с квантованием

НÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIX. (1978) № 3

В статье описывается работа такой петли замкнутой фазы, фазовый детектор которой содержит пробоотборный — сохраняющий цепь без памяти. Различные схемные конфигурации приводятся к единственной основной модели. В статье излагается эта модель. Определяется характерное для работы дифференциальное уравнение. В результате решения этого дифференциального уравнения при предположении режима малых сигналов получается условия устойчивости петли. В заключении на расчетном примере проектирования иллюстрируется использование результатов анализа.

ДК 537.311.4.08:621.315.682:620.16

Лацко, Б.—Уйвари, А.—Давид, Б.:

Измерение изменения переходного сопротивления — метод для испытания деградации соединений

НÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIX. (1978) № 3

При помощи разработанного метода испытания и дополнительного развёртывающего электронно-микроскопического анализа авторами определяется связь между изменением переходного сопротивления и формированием интерметаллических фаз. С помощью метода чувствительно индицируется действие параметров соединений на деградацию, поэтому его можно применить для ограничения параметров и контроля в ходе производства.

ДК 621.3.049.776:621.372.57

Др. Фелдвари, Р.:

НÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXIX. (1978) № 3.

Гибридные, интегральные, активные трансформаторы и их шумовые от ношения

Потенциальная развязка входных ступеней при помощи обычно нагруженного трансформатора может осуществляться при относительно больших геометрических размерах. Оптоэлектронные соединители и блоки отделения, с использованием транспонирования, обладают размерами, годными для монтажа в гибридных схемах. Характеристики передачи трансформаторов с крайними значениями нагрузки благоприятные и предпочтительно могут применяться во входных ступенях развязки и также могут вмонтироваться в гибридных интегральных схемах. Коэффициент шума гибридных, интегральных, активных трансформаторов с хорошим приближением совпадает с коэффициентом шума, полученным при традиционных решениях.

Zusammenfassungen

DK 621.316.727.072.9:621.376.4

Dr., J., Grad:

Phasensynchronisation durch Abtastung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) Nr. 3.

In dem Aufsatz wird die Funktion solch einer „phase locked loop“ beschrieben der Phasendetektor welcher ein memorienfreier Abtast- und Haltekreis ist. Die verschiedenen Stromkreisanordnungen können auf einem einzigen Grundmodell zurückgeleitet werden. In dem Aufsatz wird dieses Grundmodell erörtert. Die Differenzengleichung, welche die Funktion charakterisiert wird aufgeschrieben. Die Lösung dieser Differenzengleichung durch Kleinzeichenapproximation ergibt die Stabilitätsbedingung der Schleife. Zuletzt macht ein Dimensionierungsbeispiel die Anwendbarkeit der durch die Analyse erreichten Ergebnisse anschaulich.

DK 537.311.4.08:621.315.682:620.16

Lackó, B.—Újvári, A.—Dávid, B.:

Messung der Schwankung des Übergangswiderstandes — Methode zur Prüfung der Degradation von Bindungen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) Nr. 3.

Mit der ausgearbeiteten Prüfmethode und komplementäre abtastelektromikroskopischen Analyse bestimmen die Verfasser den

Zusammenhang zwischen der Schwankung des Übergangswiderstandes und der Entwicklung der intermetallischen Phasen. Die Methode zeigt empfindlich den Einfluss der Bindungsparameter auf die Degradation und deshalb kann sie zur Parametereingrenzung und Zwischenfabrikations-Kontrolle brauchbar gemacht werden.

DK 621.3.049.776:621.372.57

Dr. Földvári, R.:

Hibride integrierte aktive Transformatoren und ihre Rauschverhältnisse

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) Nr. 3.

Die potentielle Trennung der Eingangsstufen kann mit abgeschlossenen Transformatoren in verhältnismässig grossen geometrischen Dimensionen ausgeführt werden. Trennstufen die das Mischprinzip verwenden oder optoelektronische Koppler besitzen solche geometrische Dimensionen, die das Integrieren in einem Hybridstromkreis ermöglichen. Die Übertragungseigenschaften der extrem abgeschlossenen Transformatoren sind günstig und können vorteilhaft in den Eingangstrennstufen angewendet und in hybriden integrierten Stromkreisen eingebaut werden. Das mit den hybriden integrierten aktiven Transformatoren erreichbare Rauschverhältnis ist mit dem Rauschfaktor der klassischen Lösungen vergleichbar.

Summaries

UDC 621.316.727.072.9:621.376.4

Dr. Grad, J.:

Phase Synchronization with Sampling

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) N° 3.

The paper describes the operation of a phase locked loop the phase detector of which is a memory-free sample and hold. The different circuit layouts are to be reduced to a single basic model. In the paper this basic model is discussed. The difference equation characterizing the operation is given. The solution of this difference equation by small signal approximation results the stability condition of the loop. Finally a design example shows the applicability of the results obtained by the analysis.

UDC 537.311.4.08:621.315.682:620.16

Lackó, B.—Újvári, A.—Dávid, B.:

Measurement of Interface Resistivity Increase — A Test Method for the Degradation of Thermocompression Bonds

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) N° 3.

The interface resistivity measuring and scanning elektronmicroscopic analysis was applied to determine the correlation between the interface resistivity increase and formation of intermetallic phases. The method was very sensitive for the influence of bonding parameters and therefore can be suitable for parameter determination and control in device processing.

UDC 621.3.049.776:621.372.57

Dr. Földvári, R.:

Hybrid Integrated Active Transformers and Their Signal-Noise Ratio

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) N° 3.

The potential separation of input stages can be carried out with relatively large geometrical dimensions by means of classically terminated transformers. Optoelectronic couplers or separating units using transposition have dimensions suitable to be mounted into hybrid circuits. The transmission properties of extremely terminated transformers are favourable and can be used advantageously in input separating stages and further can be mounted in hybrid integrated circuits. The noise factor available with hybrid integrated active transformers is in accordance with the noise factor of classical solutions with a good approximation.

Résumés

CDU 621.316.727.072.9:621.376.4

Dr. Grad, J.:

Synchronisation de phase à échantillonnage

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) N° 3.

L'article décrit l'opération de telle boucle à verrouillage de phase dont le détecteur de phase est circuit d'échantillonnage et de maintien — retard sans mémoire. Les arrangements différents de circuit se ramènent à unique modèle fondamental. L'article s'occupe de ce modèle. Il écrit l'équation aux différences finies caractérisant le fonctionnement. La solution des ces équations aux différences finies par l'approximation à petits signaux donne la condition de stabilité de boucle. En dernier lieu un exemple de calcul représente l'applicabilité des résultats obtenus par analyse.

CDU 537.311.4.08:621.315.682:620.16

Lackó B.—Újvári A.—Dávid B.:

Mesure de changement de résistance au passage — méthode à examiner la dégradation des connexions

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) N° 3.

Les auteurs ont précisé le rapport entre le changement de résistance de transition et la formation des phases intermétalliques par la méthode exécutée et l'analyse supplémentaire à microscope électronique à balayage. La méthode indique sensiblement l'effet des paramètres de connexion sur la dégradation ainsi on peut la rendre propre à déterminer les paramètres et contrôler des produits en fabrication.

CDU 621.3.049.776:621.372.57

Dr Földvári, R.:

Transformateurs hybrides intégrés actifs et les conditions de bruit

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXIX. (1978) N° 3.

La séparation potentielle des étages d'entrée peut être usuellement réalisée par relativement grandes dimensions géométriques. Des coupleurs optoelectroniques ou des dispositifs utilisant la transposition ont des dimensions aptes à employer dans des circuits hybrides. Étant donné que les caractéristiques des transformateurs à fermé extrême sont bonnes, ils peuvent être avantageusement utilisés dans les étages de séparation d'entrée plus incorporer dans des circuits hybrides intégrés. Le facteur de bruit que on peut obtenir par des transformateurs hybrides intégrés actifs est égale, avec bonne approximation, à celui des réalisations traditionnelles.

Lapunk példányonként megvásárolható:

az V., Váci utca 10.

**az V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti
hírlapboltokban**
