



**A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA**

**XXXV. évfolyam  
BUDAPEST**

**1984**

**8**

# HÍRADÁSTECHNIKA

## A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

XXXV. évfolyam 1984. 8. szám

BHG ORION TERTA

## MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXX. évfolyam 1984. 8. szám

MEV REMIX TKI

## MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

II. évfolyam 1984. 8. szám

Felelős szerkesztő:  
DR. TÓFALVI GYULA

Szerkeszti a szerkesztő bizottság

A szerkesztő bizottság elnöke:  
HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:  
ANGYAL LÁSZLÓ  
MÉREY IMRÉNÉ  
SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ

\*

### SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

#### HTE

Rovatvezető: Mérey Imréné  
Dr. Flesch István  
Forintos György  
Gál Ferenc

#### BHG

Rovatvezető: Angyal László  
Tudományos szerkesztő: Dr. Frajka Béla  
Bernhardt Richard, dr. Eisler Péter,  
dr. Gosztony Géza, dr. Kerpán István, Klug  
Miklós, Laczkó Endre, Tölgyesi László

#### MEV

Rovatvezető: Kászonyi László  
Tudományos szerkesztő: Dr. Kormány Teréz  
Balogh Albert, Csornai László, Czermann  
Mihály, Hidas György, Huszka Zoltán,  
dr. Ligeti Róbertné, dr. Mátay Géza,  
dr. Motál György, Schödl Ervin

#### ORION

Rovatvezető: Jakubik Béla  
Tudományos szerkesztő: Dr. Frigyes István  
Csernoch János, Froemel Károly, Szabó  
Károly, Szász Gerő

#### REMIX

Rovatvezető: Rippel Géza  
Tudományos szerkesztő: Dr. Kormány Teréz  
Bodnár László, Kovács Gyula, Mészáros  
Sándor, Molnár László

#### TKI

Rovatvezető: Dr. Baranyi András  
Tudományos szerkesztő: Dr. Lajtha György  
dr. Henk Tamás, dr. Kása István Megyesi  
Csaba, dr. Sárkány Tamás, dr. Simonyi Ernő

#### TERTA

Rovatvezető: Bánsághi Pál  
Tudományos szerkesztő: Dr. Gordos Géza  
Baján Tibor, Benedek Elek, Halmi Gábor,  
Hutter Mihály

\*

Szerkesztőségi ügyekben  
és kéziratokkal kapcsolatban  
felvilágosítást ad: Szöllősi Györgyné,  
telefon: 495-098

### ROVATOK

Egyesületi élet  
Rendszertechnika  
Kapcsolástechnika  
Vezetékes technika  
Fénytvávközlés  
Vezeték nélküli technika  
Adástechnika  
Vételtechnika  
Mikroelektronika  
Alkatrésztechnika  
Hálózatelmélet  
Elektromágneses problémák

### ROVATGAZDÁK

HTE (H)  
TKI (□)  
BHG (#)  
TERTA (↔)  
ORION (\*)  
MEV (Λ)  
REMIX (Δ)

### ROVATTÁRSÁK

BEAG HTV  
BME KONTAKTA  
BRG KŐPORC  
EMO KFKI  
El. szöv. M. Posta  
FMV ML  
GAMMA MM  
HTSZ MFKI  
HAGY TUNGSRAM

### TARTALOM

#### DR. AMBRÓZY ANDRÁS:

Teljesítmény-egyenirányítók méretezése ..... 337

#### DR. SZÉKELY VLADIMÍR—BAJI PÁL—KERECSENNÉ DR. RENCZ MÁRTA—KÓNYA ILONA—DR. MASSZI FERENC— DR. KOLTAI MIHÁLY:

Layout visszafejtő program cellás tervezésű integrált áramkörökhöz 341

#### SCHRÖTER KONRÁD:

Műanyagfóliás kondenzátorok gyártásának fejlesztési irányzatai az  
NDK-ban ..... 349

Szemle ..... 352, 359, 382

#### DR. BESSENYEI GÁBORNÉ—DR. ZSOLDOS BÉLA—GESZTI TAMÁSNÉ:

Nikkel vékonyréteg ellenállások előállítása kémiai redukciós eljárás-  
sal ..... 353

#### HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET:

MIVIMAT felügyelő készülék ..... 360

#### SZÁDECZKY-KARDOSS TAMÁS—SZEGHY ISTVÁN:

Telefon alközponti szolgáltatások szimbolikus leírása ..... 370

#### MOHR LÁSZLÓ:

Josephson-átmenetek és számítógépes alkalmazásai ..... 374

Tartalmi összefoglalások ..... 383



# Teljesítményegyenirányítók méretezése

DR. AMBRÓZY ANDRÁS

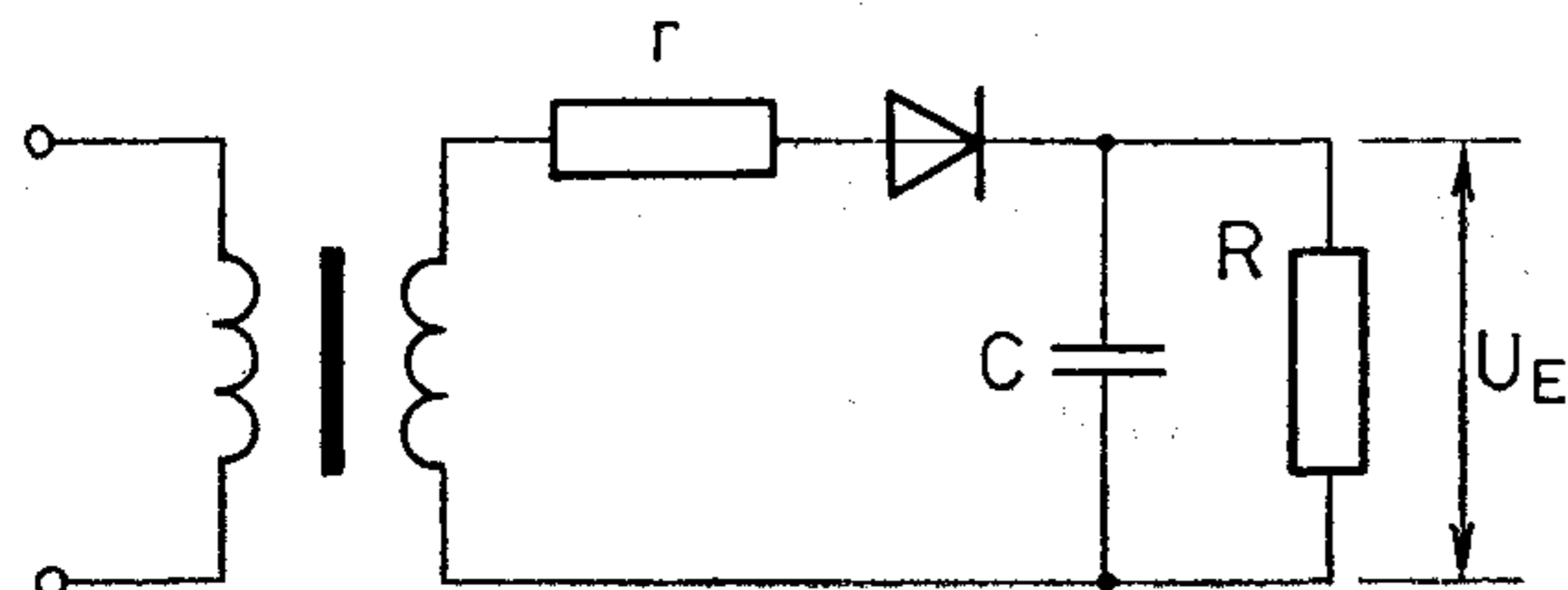
BME Elektronikai Technológia Tanszék



## ÖSSZEFOGLALÁS

Egyszerű felépítése ellenére a pufferkondenzátoros egyenirányító számítása bonyolult feladat. A puffermányos formulák nehezen kezelhetők, ezért a konstruktőrök gyakran becslésekre hagyatkoznak. A dolgozatban bemutatott méretezési eljárás világos fizikai képre támaszkodva jól közelítő, egyszerű formulákat vezet le.

Kevés olyan egyszerű topológiájú elektronikus áramkör van, mint a pufferkondenzátoros egyutas egyenirányító (1. ábra). Számításához a szükséges egzakt formulák régóta ismeretesek [1], használatuk azonban kényelmetlen részben egy fontos változó implicit megjelenése, részben a sok szögfüggvényt tartalmazó összefüggések miatt. A félvezető diódákra jellemző üzemi viszonyok lehetővé teszik olyan közelítések bevezetését, amelyek a méretezési képleteket lényegesen leegyszerűsítik.



H965-1

1. ábra. Egyutas egyenirányító kapcsolási rajza

## Pontos formulák [1], [2]

Az 1. ábrán látható egyutas egyenirányító feszültség- és áramviszonyait a 2. ábrán mutatjuk be. Egyelőre az egyenirányító dióda küszöbfeszültségét zérusnak vesszük.

Véges kapacitású pufferkondenzátor esetén a szaggatott töltési és kisütési görbe érvényes. Ebben az esetben a töltési görbe felezővonala és a koszinusz görbe maximuma nem esik egybe; eltérésüket  $\delta$ -val jelöljük. Számításunkat eleinte azzal egyszerűsítjük, hogy  $C = \infty$ -t tételezünk fel; ekkor a 2. ábrán a kihúzott vízszintes vonal mutatja a kondenzátoron és vele együtt az  $R$  terhelőellenálláson levő egyenfeszültséget, továbbá  $\delta = 0$ . Kimutatható, hogy

$$U_E = U_0 \cos \alpha, \quad (1)$$

Beérkezett: 1984. III. 20. (H)

## DR. AMBRÓZY ANDRÁS

Kitüntetéses villamosmérnöki oklevelét a Budapesti Műszaki Egyetemen szerezte 1953-ban, majd 1962-ben ugyanott doktori fokozatot szerzett. A műszaki tudományok kandidátusa fokozatot 1966-ban, a tudományok doktora fokozatot 1978-ban szerezte meg. 1953 óta a Budapesti Műszaki Egyetemen dolgozik, különböző beosztásokban. Először a Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszéken, majd az Elektro-

nikus Eszközök Tanszékén dolgozott. 1970-ben kapott megbízást az Elektronikai Technológia Tanszék vezetésére. 1979 óta egyetemi tanár. Az 50-es években ipari elektronikai kérdésekkel foglalkozott. A hatvanas évektől az elektronikus zajokra és az analóg integrált áramkörökre irányult figyelme. Három könyve és mintegy 90 publikációja jelent meg. A HTE elnökségi tagja és az Institute of Electrical and Electronics Engineers senior tagja.

ahol  $\alpha$  a folyási szög. Az  $r$  soros és az  $R$  terhelő ellenállás, valamint  $\alpha$  kapcsolata

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha - \alpha}{\pi} = \frac{r}{R}. \quad (2)$$

Ebből a folyási szöget sajnos nem lehet explicit módon kifejezni, pedig az alább következő összefüggéseknek mind ez a független változója. Így pl. a 2b ábrán látható áramhullám periodikus csúcértéke  $i$ , és a terhelő ellenálláson folyó  $I$  áram hányadosa

$$\frac{i}{I} = \frac{\pi}{\operatorname{tg} \alpha - \alpha} \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}. \quad (3)$$

Az áramhullám effektív értékének és  $I$ -nek a hányadosa pedig

$$\frac{I_{eff}}{I} = \frac{1}{\cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \alpha)} \left[ \frac{\pi}{2} (\alpha + 2\alpha \cos^2 \alpha - 3 \sin \alpha \cos \alpha) \right]^{1/2}. \quad (4)$$

Végül az egyenirányító hatásfoka

$$\eta = \frac{P_e}{P_v} = (\operatorname{tg} \alpha - \alpha) \frac{2(1 + \cos 2\alpha)}{2\alpha - \sin 2\alpha}. \quad (5)$$

## A közelítő formulák jellege

Az (1)...(5) képleteket még az elektroncsöves egyenirányítók idejében dolgozták ki. Ekkor  $r/R = 0,05 \dots 0,1$  és ennek megfelelően  $\alpha = 40^\circ \dots 50^\circ$



volt. A félvezető diódák sokkal kisebb  $r/R$  hányadosokat tesznek lehetővé, ezért  $\alpha$  inkább  $15^\circ \dots 30^\circ$  környékére esik. Egyre inkább megengedhető, hogy a szögfüggvényeket polinomokkal közelítsük. Ily módon (1) helyett

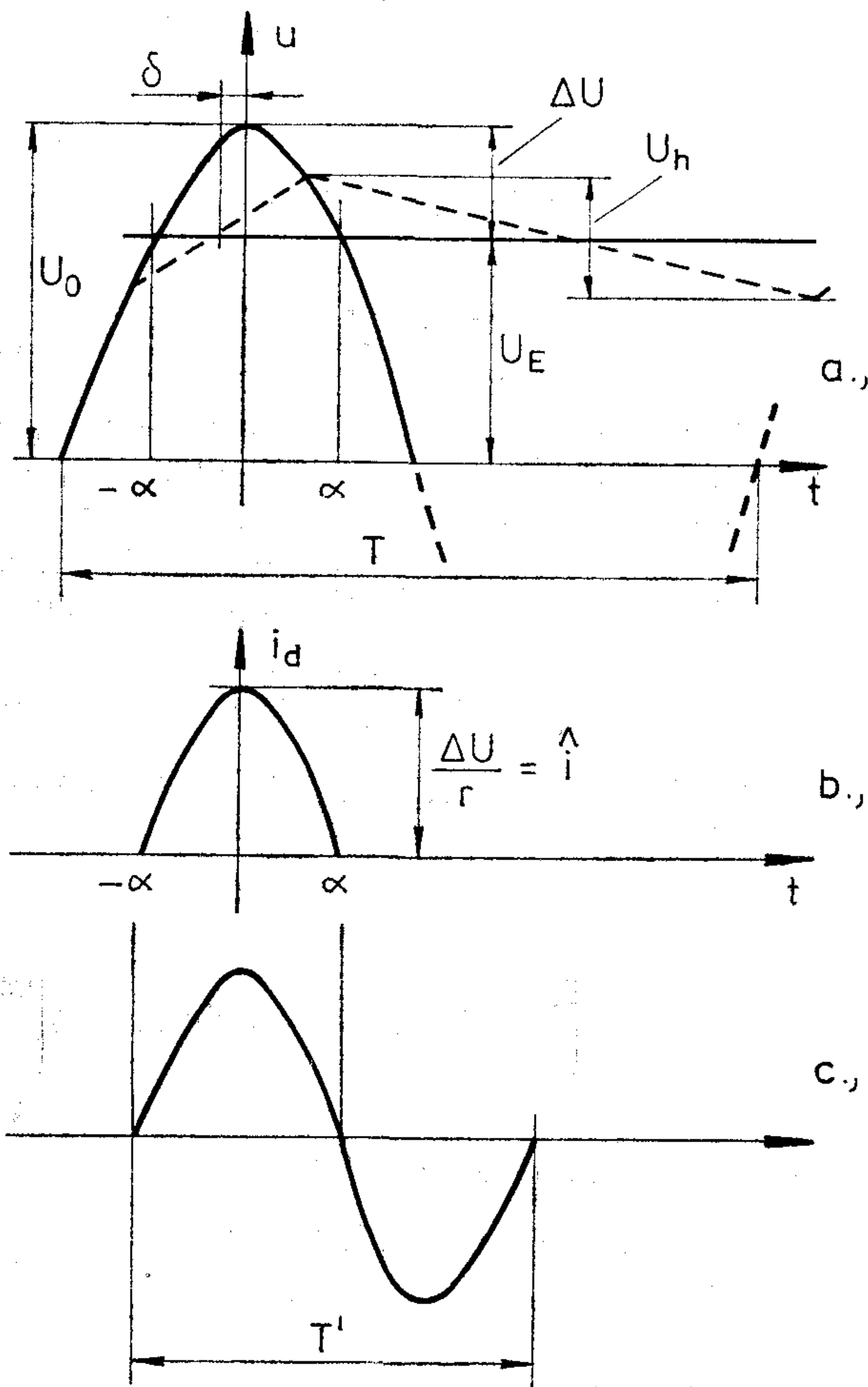
$$U_E = U_0 \cos \alpha \approx U_0 \left[ 1 - \frac{\alpha^2}{2} \right], \quad (6)$$

(2) helyett pedig

$$\pi \frac{r}{R} = \operatorname{tg} \alpha - \alpha = \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \frac{2\alpha^5}{15} + \dots - \alpha \approx \frac{\alpha^3}{3}, \quad (7)$$

$$(4) \quad \frac{1}{\cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - \alpha)} \left[ \frac{\pi}{2} (\alpha + 2\alpha \cos^2 \alpha) - 3 \sin \alpha \cos \alpha \right]^{1/2} \approx \frac{1}{\alpha^3/3} \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{4}{15} \alpha^5} = \frac{1,94}{\sqrt{\alpha}}. \quad (10)$$

$$(5) \quad (\operatorname{tg} \alpha - \alpha) \frac{2(1 + \cos 2\alpha)}{2\alpha - \sin 2\alpha} \approx \frac{\alpha^3}{3} \left( 1 + \frac{2}{5} \alpha^2 \right) \frac{2(1 + 1 - 2\alpha^2)}{2\alpha - 2\alpha + \frac{8}{6} \alpha^3 - \frac{32}{120} \alpha^5} = \frac{1}{1 + 0,4\alpha^2}. \quad (11)$$



2. ábra. Hullámalakok: a) az egyenirányítandó váltakozó feszültség, b) a diódaáram (töltőáram), c) a b hullámalak közelítése fél koszinusszal

írható. (6) és (7) kombinációjából

$$U_E \approx U_0 \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( 3\pi \frac{r}{R} \right)^{2/3} \right]. \quad (8)$$

Hasonlóan kezelhető (3), (4) és (5) is:

$$(3) \quad \frac{\pi}{\operatorname{tg} \alpha - \alpha} \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} \approx \frac{\pi}{\alpha^3/3} \frac{1 - (1 - \alpha^2/2)}{1} = \frac{3\pi}{2\alpha}. \quad (9)$$

Bár a (6)...(11) képleteket méretezésre is használhatnánk, helyesebb az egyenirányító problémáját fizikai oldalról közelíteni. A fizikai közelítésből kapott eredmények közvetlenül összevethetők lesznek (6)...(11) formuláinkkal.

#### Fizikai közelítés

Abból a tételből indulunk ki, hogy a pufferkondenzátorba periódusonként betöltött és kivett töltésnek egyenlőnek kell lennie

$$\int_0^T i_d(t) dt = I \cdot T, \quad (12)$$

ahol  $i_d(t)$  a dióda árama és  $T$  a periódusidő. A 2b ábra szerint

$$i_d = \frac{U_0 \cos \omega t - U_E}{r}; \quad -\alpha \leq \omega t \leq \alpha \quad (13)$$

és zérus egyebütt. Vezessük be a  $\Delta U$  és  $b$  mennyiségeket:

$$\Delta U = U_0 - U_E; \quad b = \frac{\Delta U}{U_E}, \quad (14)$$

amiből

$$U_E = \frac{U_0}{1+b} \approx U_0(1-b), \quad (15)$$

(6) és (15) összevetéséből

$$a \approx \sqrt{2b}. \quad (16)$$

A kondenzátorba egy periódus alatt bevitt töltésmennyiség a 2b ábra görbéje alatti területtel arányos (12) bal oldala szerint. Hogy ezt a területet könnyebben számíthassuk, a [3]-ban leírt gondolat továbbfejlesztésével a 2b ábra görbéjét a 2c ábra szerinti fél koszinusszal helyettesítjük. Írható, hogy

$$\frac{T'/2}{T} = \frac{2\alpha}{2\pi}; \quad T' = T \frac{2\alpha}{\pi}; \quad \omega' = \frac{2\pi}{T'} = \frac{\pi^2}{\alpha T}. \quad (17)$$

A (12)-ben kijelölt integrálás most már könnyűszerrel elvégezhető:

$$\int_0^T i_a(t) dt \approx \int_{-T/4}^{T/4} \frac{\Delta U}{r} \cos \omega' t dt = \frac{\Delta U}{r} \frac{2}{\omega'} = \frac{\Delta U}{r} \frac{2\alpha T}{\pi^2} = \frac{U_E}{R} T. \quad (18)$$

Innen kifejezhető  $b$ , ha (16)-ot is figyelembe vesszük:

$$b = \frac{\Delta U}{U_E} = \frac{r}{R} \frac{\pi^2}{2\sqrt{2b}}; \quad b = \left(\frac{\pi^4}{8}\right)^{1/3} \left(\frac{r}{R}\right)^{2/3} = 2,3006 \left(\frac{r}{R}\right)^{2/3}. \quad (19)$$

Fontos eredményhez jutottunk:  $r/R$  függvényében megkaptuk a  $b = \Delta U/U_E$  relatív feszültségvesztésget. (19)-et (15)-be helyettesítve az elvárható (8) jellegű közelítő függvényhez jutunk — csak a változó együttműködője tér el kis mértékben.

A továbbiakban rendre kiszámítjuk  $\hat{i}/I$ -t,  $I_{\text{eff}}/I$ -t és  $\eta$ -t, valamennyit  $b$ -vel kifejezve. Ily módon könnyen kezelhető, konzisztens méretezési rendszert kapunk.

A 2b ábrán látható áramimpulzus csúcserő  $\Delta U/r$ . (18) alkalmazásával

$$\hat{i} = \frac{\Delta U}{r} = \frac{U_E}{R} \frac{\pi^2}{2\alpha} = \frac{U_E}{R} \frac{\pi^2}{2\sqrt{2b}} = \frac{3,49}{\sqrt{b}} \frac{U_E}{R}. \quad (20)$$

Az  $\hat{i}$  periodikus csúcsáram —  $b$  értékétől függően — az átlagos egyenáram 6...12-szerese is lehet. A nevezőben  $\sqrt{2b}$  helyett  $\alpha$ -t írva (9)-et kapjuk vissza — kis eltéréssel az együttműködőben.

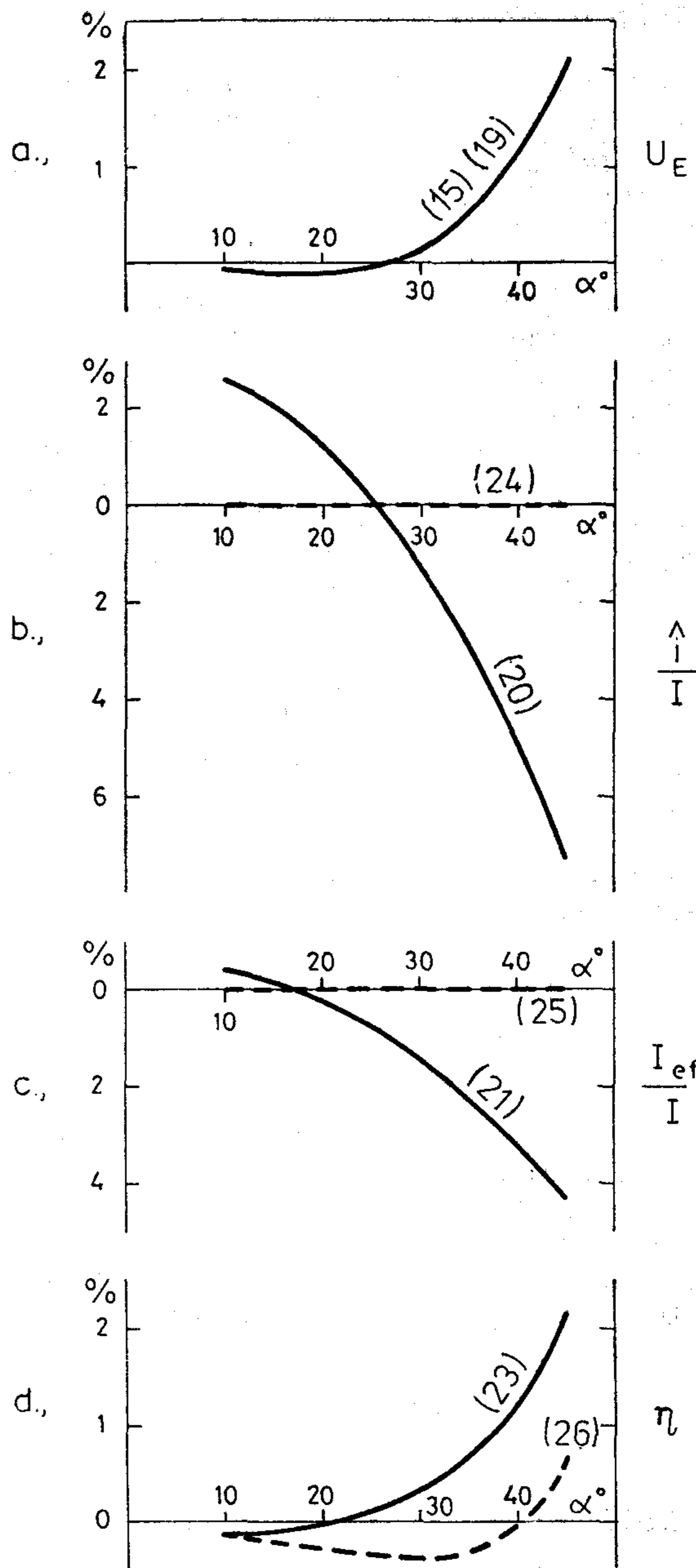
A diódán — tehát a töltőáramkörben — periodikusan folyó csúcsáram effektív értéke a diódát, a transzformátor szekunder tekercsét és az esetleg beépített soros védőellenállást melegíti. Kiszámításához az effektív érték meghatározásának definíciós képletét, valamint (18)-at használjuk:

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{2\alpha}{2\pi} \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta U}{r}\right)^2} = \frac{\Delta U}{r} \sqrt{\frac{\alpha}{2\pi}} = \frac{U_E}{R} \frac{\pi^2}{2\alpha} \sqrt{\frac{\alpha}{2\pi}} = \frac{U_E}{R} \left(\frac{\pi}{2}\right)^{3/2} \frac{1}{2^{1/4}} \frac{1}{b^{1/4}} = \frac{1,655}{b^{1/4}} \frac{U_E}{R}. \quad (21)$$

A második lépésben a középértékre azért kaptunk  $1/2$ -et, mert a 2b ábra szerinti hullámalakot fél koszinusszal helyettesítettük.  $I_{\text{eff}}/I$  jóval kisebb, mint  $\hat{i}/I$ , mert (21) számlálója kisebb, mint (20)-é, és  $b^{1/4} > b^{1/2}$ . A (21) képlet szintén megfelel várakozásainknak, mert a (10)-zel közvetlenül összevethető.

A hatásfok számítása van még hátra. Ehhez az egy teljes periódusra eső egyenáramú és váltakozó áramú munkát kell meghatároznunk. Előbbi  $U_E I T$ , utóbbi pedig a 2b–2c ábra átalakításának megfelelően

$$\int_{-T/4}^{T/4} (U_E + \Delta U \cos \omega' t) \frac{\Delta U}{r} \cos \omega' t dt =$$



H965-3

3. ábra. A közelítő és a pontos összefüggések közötti eltérés a) az egyenfeszültségre, b) a periodikus csúcsáramra, c) a töltőáram effektív értékére, d) az egyenirányító hatásfokára

$$= U_E \frac{\Delta U}{r} \frac{2}{\omega'} + \frac{\Delta U^2}{r} \left[ \frac{1}{2} t + \frac{1}{4\omega'} \sin 2\omega' t \right]_{-T/4}^{T/4}. \quad (22)$$

Innen a hatásfok (18) és (19) alkalmazásával

$$\eta = \frac{U_E I T}{\frac{\Delta U}{r} \frac{\alpha T}{\pi} \left( U_E \frac{2}{\pi} + \frac{\Delta U}{2} \right)} = \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} b}. \quad (23)$$

Eredményünk a (11) közelítéssel vethető össze.



### A közelítések hibája

A 3. ábra a közelítő és pontos értékek közötti relatív eltérést mutatja a folyási szög függvényében. A 3a ábra az  $U_E/U_0$ -ra vonatkozik [(19) és (15)-ből számított eredmény (1) és (2)-vel összevetve]. Látható, hogy az eltérés még  $\alpha=45^\circ$ -nál sem nagy, bár ott már rohamosan növekszik.

A 3b ábra  $i/I$  hibáját ábrázolja (20)-ból számítva a pontos (3) formula helyett. Itt már jelentősebb az eltérés. Az eltérést jellemző függvénykapcsolathoz akkor jutunk, ha a (9) kifejezésben a sorfejtéseket magasabb tagszámig kiterjesztjük. Ebből kiderül, hogy (9)-et  $(1+k_1\alpha^2)$ -tel kell szorozni a pontosabb közelítés végett. Ez a szorzó  $(1+2k_1b)$ -nek felel meg a (20) formulában.  $k_1$  értékét megkeresve és (20) együtthatóját kis mértékben módosítva az

$$\frac{i}{I} = 3,384 \frac{1+0,29b}{\sqrt{b}} \quad (24)$$

kifejezéshez jutunk, amelynek hibája a 3b ábrán vonalvastagságon belül a vízszintes tengelybe esik.

A 3c ábra  $I_{\text{eff}}/I$  hibáját szemlélteti (21) és (4) összehasonlítása esetén. A fenti gondolatmenetet (10)-re alkalmazva most is kiadódik egy  $(1+k_2\alpha^2)$ -es szorzó, aminek figyelembevételével (21) módosítható:

$$\frac{I_{\text{eff}}}{I} = 1,646 \frac{1+0,135b}{b^{1/4}} \quad (25)$$

Az így számított hiba ismét vonalvastagságon belül a tengelybe esik.

Végül a hatásfok közelítésének hibáját mutatja a 3d ábra, összehasonlítva (23)-at és (5)-öt. A hiba nem nagy, de tovább csökkenthető, ha (23)-ban  $b$  együtthatójául  $\pi/4$  helyett 0,84-et választunk:

$$\eta = \frac{1}{1+0,84b} \quad (26)$$

### Méretezési képletek

Eddigi számításainkban néhány egyszerűsítő feltetéssel éltünk:

- egyutas egyenirányítót vizsgáltunk;
- elhanyagoltuk a dióda küszöbfeszültségét,
- végtelen kapacitású pufferkondenzátort tételeztünk fel.

A gyakorlatban használatos teljesítmény-egyenirányítók többnyire kétutasak, de nagyobb teljesítmények esetén nem ritka a 3, illetve 6 fázisú megoldás. Eredményeinket ezekre az esetekre is kiterjeszthetjük, ha meggondoljuk, hogy a (12) összefüggésnek értelemszerűen mindig teljesülnie kell:  $n$  utas egyenirányító esetén (12) bal oldalát  $n$ -nel kell szorozni. A további számítások során  $n$  átkerül a jobb oldalra osztónak, tehát az alább következő (29)...(32) összefüggéseknek a nevezőjében találjuk.

A dióda küszöbfeszültségét  $U_E/U_0$ , illetve  $\eta$  számításakor kell figyelembe vennünk. Nyilvánvaló, hogy  $U_E$  helyett  $U_E+mU_K$ -t kell írunk, ahol  $U_K$  a dióda küszöbfeszültsége és általában  $m=1$ , de

hídkapcsolás esetén – ahol mindig 2-2 dióda kapcsolódik sorba –  $m=2$ .  $U_K$  meghatározása nem is könnyű feladat: az  $i$  csúcsáramig mért  $U_F-I_F$  nyitó-karakterisztikából kell extrapolálni.

Véges kapacitású pufferkondenzátor esetén két új jelenséggel kell számolnunk: az egyenfeszültség hullámossá válik és növekvő hullámosság esetén a 2a ábrán látható töltési görbe egyre aszimmetrikusabban helyezkedik el a koszinusz-görbéhez képest, azaz  $\delta \neq 0$ . Írható, hogy [2]

$$\text{tg } \delta = \frac{\frac{\pi}{n} - \alpha}{\omega CR \text{tg } \alpha} \quad (27)$$

Mindaddig, amíg  $\delta \leq 8^\circ$ , az e dolgozatban leírt összefüggések pontossága legfeljebb 1%-ot romlik. Ha  $\delta > 8^\circ$ , célszerű a [2] munka összefüggéseit használni.

A hullámosság nagyon egyszerűen számítható. A kisülési görbét mindig lineárisnak tekinthetjük, ezért

$$U_h = \frac{I}{C} T\gamma; \quad \gamma = \frac{1}{n} - \frac{\alpha}{\pi} = \frac{1}{n} - \frac{\sqrt{2b}}{\pi}, \quad (28)$$

ahol  $U_h$  a hullámosság csúcstól csúcsig vett értéke. Foglaljuk össze méretezési képleteinket:

$$b = 2,3 \left( \frac{r}{nR} \right)^{2/3}, \quad (29)$$

$$U_E = \frac{U_0}{1+b} - mU_K, \quad (30)$$

$$\frac{i}{I} = \frac{3,49}{n\sqrt{b}}, \quad (31)$$

$$\frac{I_{\text{eff}}}{I} = \frac{1,655}{n^{1/2}b^{1/4}}, \quad (32)$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4}b} \left( 1 - \frac{U_K}{U_E} \right), \quad (33)$$

$$U_h = \frac{I}{fC} \left[ \frac{1}{n} - \frac{\sqrt{2b}}{\pi} \right]. \quad (34)$$

Itt nem használtuk a (24)...(26) finomabb közelítéseket, mert több, nehezen figyelembe vehető tényező amúgy is rontja a pontosságot. Ezek egyike az, hogy a dióda karakterisztikája nem törtlineáris, de hőmérsékletfüggő; másika pedig, hogy a hálózati feszültség nem tiszta szinuszos és egyre kevésbé az, ahogy a tirisztoros fogyasztók szaporodnak.

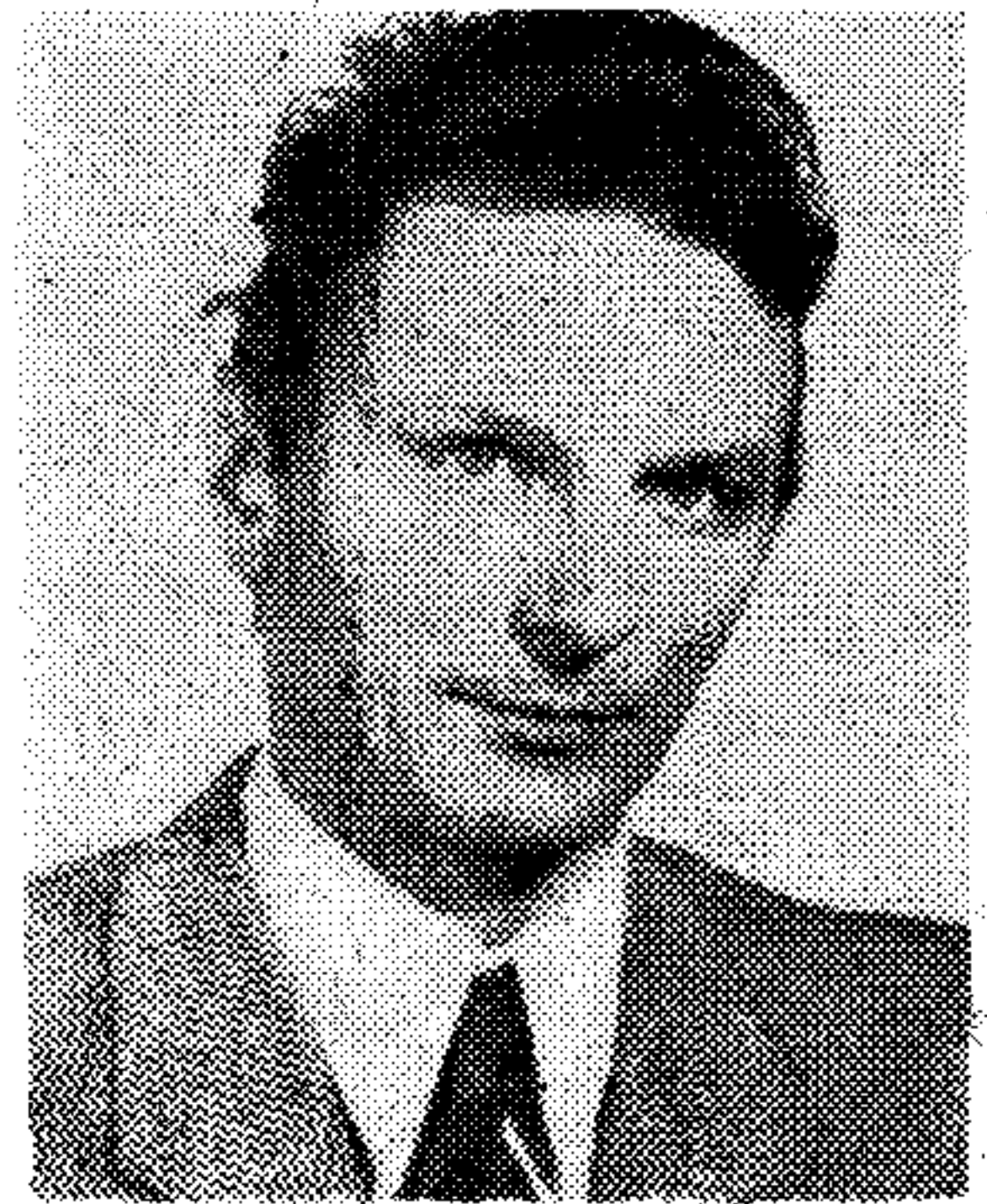
### I R O D A L O M

- [1] Kammerloher, J.: Hochfrequenztechnik III. Gleichrichtertechnik. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig, 1942.
- [2] Lieders, A.: Single phase rectifier circuits with CR filters. Part 1. Electronic Components and Applications, Vol. 1. 1979/3, p. 153–163.
- [3] Barta István: Rádiókészülékek és erősítők. Tankönyvkiadó, Budapest, 1956.



# Layout visszafejtő program cellás tervezésű integrált áramkörökhöz

DR. SZÉKELY VLADIMÍR — BAJI PÁL — DR. MASSZI FERENC  
KERECSENNÉ DR. RENCZ MÁRTA  
BME Elektronikus Eszközök Tanszék  
KÓNYA ILONA  
BME Villamoskari Matematika Tanszék  
DR. KOLTAI MIHÁLY  
BME Elméleti Villamosságtan Tanszék



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatott program — a CELLINEX — cellás tervezésű integrált áramkörök layout-jából megállapítja a cellák között megvalósított összeköttetéseket. Ennek alapján generálja az áramkör logikai leírását és ellenőrzi, hogy a megvalósított összeköttetések megengedettek-e, illetve nincsenek-e triviális hiányok stb. A cikk ismerteti a program jellemzőit és a visszafejtés legfontosabb algoritmusait. Bemutat néhány eredményközlési formát és útmutatót ad a program használatára vonatkozóan.

## 1. Bevezetés

Az integrált áramköri maszkok előállítását — tudjuk — igen költséges és időigényes feladat. Ezért elsőrendű fontosságú kérdés, hogy a maszkok lehetőség szerint már első változatukban jók legyenek — hiszen az esetleg szükséges megismétlés mind költségkihatásai miatt, mind az átfutási idő növekedése folytán kellemtelenül rontja a tervezés hatékonyságát. Különösen áll ez a berendezésorientált áramkörökre, amelyek életképességének alapfeltétele a redukált tervezési, gyártáselőkészítési költség és a vonzóan kis átfutási idő. Ezért minden lehetőséget meg kell ragadni a maszktervek menet közbeni ellenőrzésére, hogy tényleges előállításra csak a már nagy valószínűséggel jó maszkok kerüljenek.

Mit jelent közelebbről a maszktervek (layout-tervek) ellenőrzése? — A tervezés általában számítógéppel segített módon történik (grafikus editorral, digitalizálóval stb.), az eredményként előálló maszktervek tulajdonképpen számítógépi adatfile-ok, amelyek a maszkok geometriáját, a rajtuk levő geometriai objektumok, alakzatok összességét definiálják. Ebből az adathalmazból teljesen automatizált módon áll elő a gyártást szolgáló maszk. A lépések:

- az adatokból a mestermaszk előállítása számítógép-vezérelt ábragenerátorral,
- a mestermaszk végleges méretre kicsinyítése és léptetése,
- a gyártási maszkok másolása.

Idő és költség szempontjából egyaránt szűk keresztmetszet az ábragenerálás. (Jelenleg két ábragenerátor dolgozik az országban; a művelet sebességére az jellemző, hogy hetenként 1–2 LSI IC maszkjai állítható elő velük.) Ez mindenképpen azt jelenti, hogy még az ábragenerálás előtt, tehát a maszkokat leíró számítógépi adatfile-okon kell annyi ellenőrzést elvégezni, amennyit csak tudunk. Ez még extrém nagy gépidő felhasználás (akár néhányszor 10 órás CPU idő) mellett is gazdaságos megoldás.

## DR. SZÉKELY VLADIMÍR

A BME Villamosmérnöki Karán kitüntetéssel szerzett oklevelet 1964-ben. Egyetemi doktori disszertációját 1970-ben védte meg. Kandidátusi fokozatot 1978-ban szerzett, az integrált áramkörök elektro-termikus je-

lenségei modellezésének témakörében. 1964 óta a BME Elektronikus Eszközök Tanszék oktatója; jelenleg docens, tanszékvezető-helyettes. Fő szakterületei: félvezetőeszközök működésének fizikája, számítógépes szimuláció, integrált áramkörök számítógéppel segített tervezése.

Ha osztályozni próbáljuk a maszkadatok ellenőrzésének lehetőségeit, azokat két nagy csoportba sorolhatjuk.

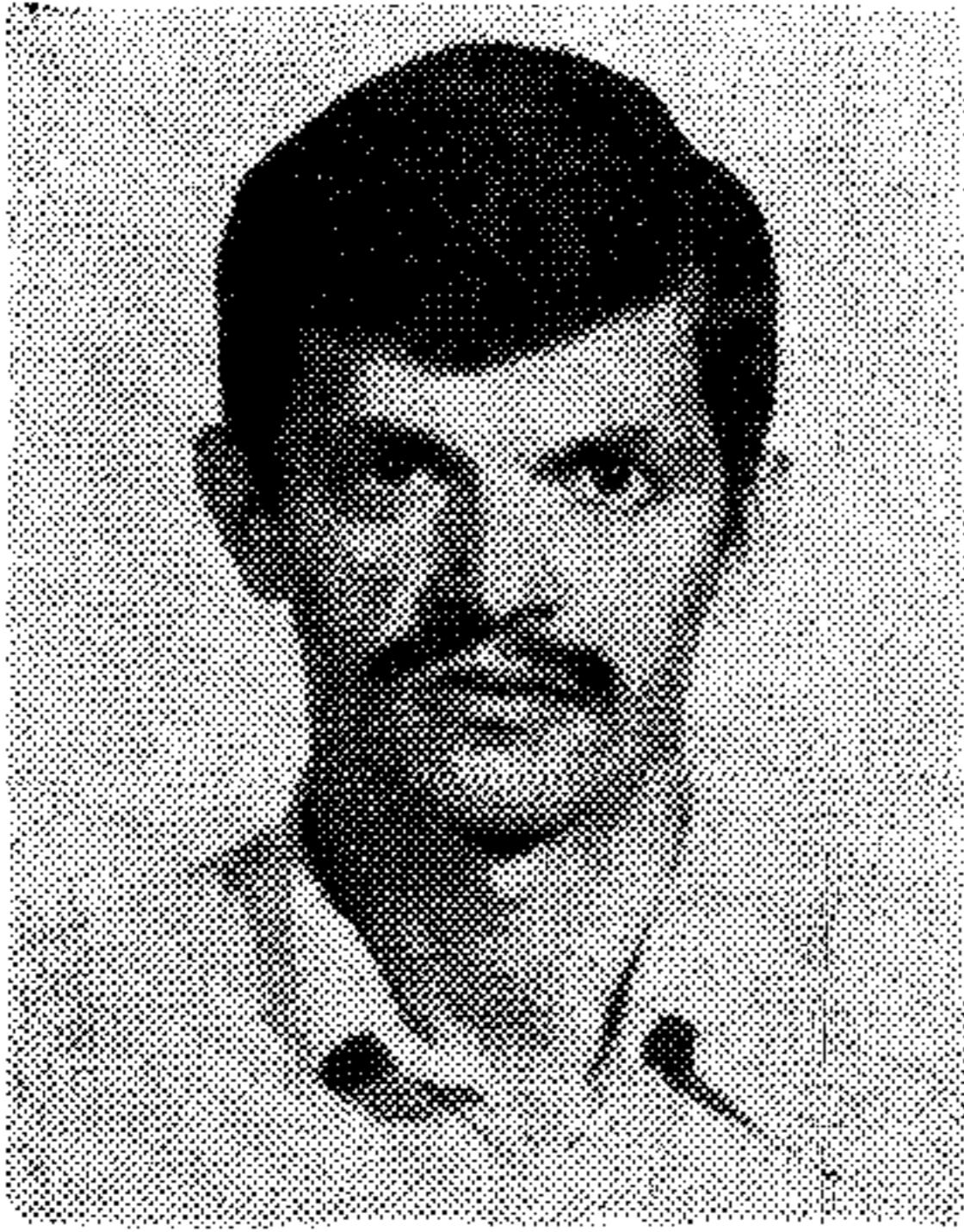
- *Szabályellenőrzés jellegű műveletek.* Nevezhetnénk ezeket szintaktikus ellenőrzésnek is. Léteznek ugyanis a maszkalakzatokra olyan alapvető, a technológia által meghatározott szabályok, amelyeket semmiképpen nem szabad áthágni, amelyek szinte a maszkok „geometriai helyesírását”, szintaxisát adják. Ilyenek például egy vezetősík minimális szélességére, két alakzat minimális távolságára vonatkozó megkötések. E szabályok összességét nevezzük *tervezési szabályoknak*, a rájuk vonatkozó ellenőrzést végzik a tervezési szabály ellenőrző (design-rule check, DRC) programok.
- *Visszafejtés jellegű műveletek.* Most azt ellenőrizzük, hogy a szintaktikusan hibátlan layout azt ábrázolja-e, amit kell — szemantikusan helyes-e tehát. „Visszafejtjük” a maszkrajzolatok alapján, hogy hol milyen alkatrész jön majd létre, és azok hogyan kapcsolódnak egymáshoz — vagyis visszafejtjük a layout által képviselt áramkört.

A visszafejtés mélysége különböző lehet aszerint, hogy mi az áramkör felismert legkisebb alkateleme. Ha ez a legkisebb elem az *alkatrész* (ellenállás, tranzistor stb.), akkor beszélünk *alkatrészszintű visszafejtésről*. Ha nem alkatrészmélységig, hanem csak egyes részegységekig (tipikusan a cellás tervezésű áramkör celláig) fejtünk vissza, akkor ez a *cellaszintű visszafejtés*. Utóbbi esetben a cellákon túl csak azok összekötő vezetéseiket kell felismerni — ezért sok esetben konnexió-feltárás néven is említik a műveletet.

Cikkünkben a cellaszintű visszafejtés egy lehetséges megvalósításával, az általunk 1983 tavaszán kidolgozott CELLINEX (CELL INterconnection EXtraction) programmal foglalkozunk.

Beérkezett: 1984. I. 26. (Λ)





**BAJI PÁL**

A BME Villamosmérnöki Karán 1970-ben szerzett diplomát. A BME Elektronikus Eszközök Tanszékén 1971–1973 között ösztöndíjas-ként, Schottky dióda technológiával foglalkozott. 1973-tól tanársegédként, 1984-től adjunktusként dolgozik a BME Elektronikus Eszközök Tanszékén. Érdeklődési területe: félvezető eszközök számítógépes modellezése, integrált áramkörök számítógépes tervezése.



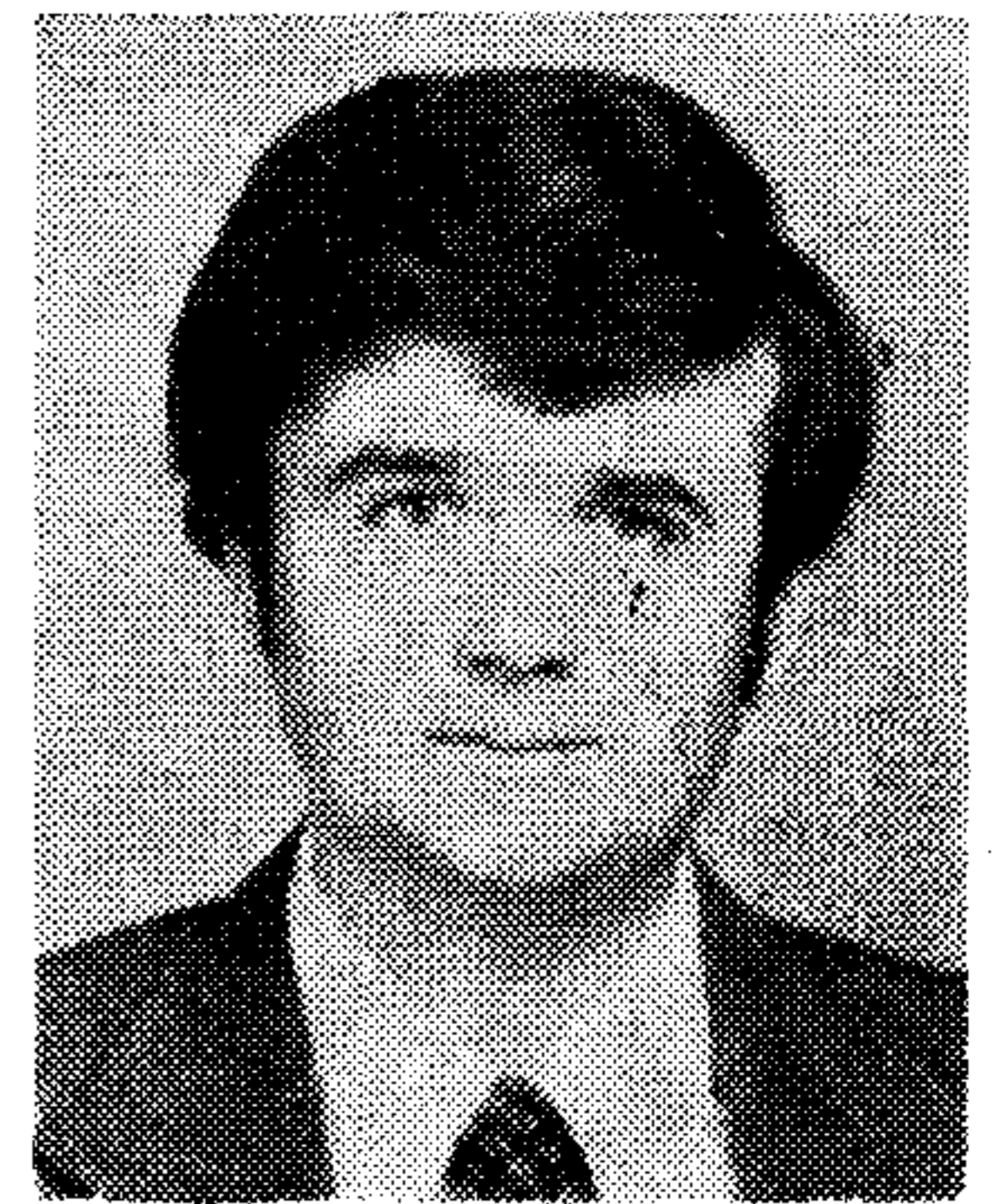
**KERECSENNÉ  
DR. RENCZ MÁRTA**

1973-ban végzett a BME Villamosmérnöki Karának Műszer és Irányítástechnika Szakán. Azóta a BME Elektronikus Eszközök Tanszékén dolgozik, jelenleg adjunktusként. Egyetemi doktori disszertációját 1979-ben védte meg. Szakterülete: félvezető eszközök számítógépes modellezése, integrált áramkörök számítógéppel segített tervezése.



**KÓNYA ILONA**

1970-ben szerzett oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának Híradástechnikai szakán, majd 1973-ban kitüntetéses villamosmérnök-matematikai szakmérnöki oklevelet. 1970-től a Villamoskari Matematika Tanszékén dolgozik, ahol elsősorban numerikus módszerekkel és számítástechnikával foglalkozik.



**DR. MASSZI FERENC**

1976-ban szerzett kitüntetéses oklevelet a BME Villamosmérnöki Karán. 1978-ban megvédett műszaki egyetemi doktori disszertációjának témája a félvezető memóriaelemek számítógépes modellezése volt. Oklevelének megszerzése óta a BME Elektronikus Eszközök Tanszékén dolgozik, jelenleg adjunktusként. Kutatási területe: félvezető struktúrák modellezése, számítógépes tervezés.

## 2. A CELLINEX-program jellemzői

A CELLINEX program cellás tervezésű digitális LSI áramkörök layout-ellenőrzésére szolgál [5]. Kidolgozása része annak a fejlesztő munkának, amely a Mikroelektronikai Vállalatnál a berendezésorientált integrált áramkörök tervezése software eszköztárának létrehozását célozza. Szorosan kapcsolódik a tanszékünk által korábban kidolgozott CELLIB cellakönyvtár-kezelő programhoz, amiről a közelmúltban adtunk ismertetést ugyanezen folyóiratban [4].

A program könyvtári cellákból és összeköttetéseiből álló layout visszafejtésére alkalmas. A layout adatait a Mikroelektronikai Vállalatnál általánosan használt grafikus leíró nyelven olvassa be. A kezelhető layout-méret megfelel a berendezésorientált tervezés által néhány év távlatában igényeltnek: 400 cella, 2000 jelvezeték, 5000 összeköttetés-funkciójú alakzat, mint maximum. Az összeköttetésrétegek száma a kezelhető 20 maszk síkon belül tetszőleges: egyrétegű és többrétegű fémezéssel készülő áramkörök egyaránt visszafejthetők. A program igen hatékony particionálási technikával és gondosan tervezett algoritmusokkal biztosítja a layout-feldolgozási feladatoknál szokatlanul kis számítási időt (4–5 perc a legnagyobb feldolgozható hálózatra).

A program eredményközlése az ellenőrzés változatos formáit szolgálhatja; úgy alakítottuk ki azokat, hogy lehetőleg minden tervezői igényt kielégítsenek. A visszafejtett áramkör például automatikusan továbbítható logikai szimulációra, vagy grafikus képernyőn tanulmányozhatjuk a layout-rajzon a logikai jelek terjedési útjait — hogy csak a lehetőségek szélsőségeit említsük.



**DR. KOLTAI  
MIHÁLY**

1973-ban szerzett diplomát a BME Villamosmérnöki Karán. 1976-ban megvédett műszaki egyetemi doktori értekezésének témája az általa kifejlesztett elektromágneses térszámító programrendszer volt. Oklevelének megszerzése óta a BME Elméleti Villamoságtan Tanszékén dolgozik, jelenleg adjunktusként. Kutatási területe: elektromágneses térszámítás, félvezető eszközök és technológia számítógépes modellezése, számítógépes grafika.

## 3. Algoritmus-kérdések

Első ránézésre úgy tűnhet, hogy az összeköttetésfelderítés nem vet fel komolyabb algoritmus-problémákat. Poligonok érintkezés-átfedését, poligonoknak ablakokkal való találkozását kell feltárni és nyilvántartani. Első benyomásunk az lehet, hogy eléggé triviális analitikus geometriai problémák programozásában merül ki a feladat megoldása.

Aki már találkozott az LSI integrált áramkörök maszkinformációinak gépi feldolgozási problémáival, az tudja, hogy ez nincs egészen így. A maszkok nagy összetettsége miatt a feldolgozandó információ-mennyiség már olyan hatalmas, hogy a „straight-forward” programozási mód már nem hozhat megoldást. Egyrészt a tárolóhelyigény nő meg alaposan. Nem járható az az út, hogy a számítás során

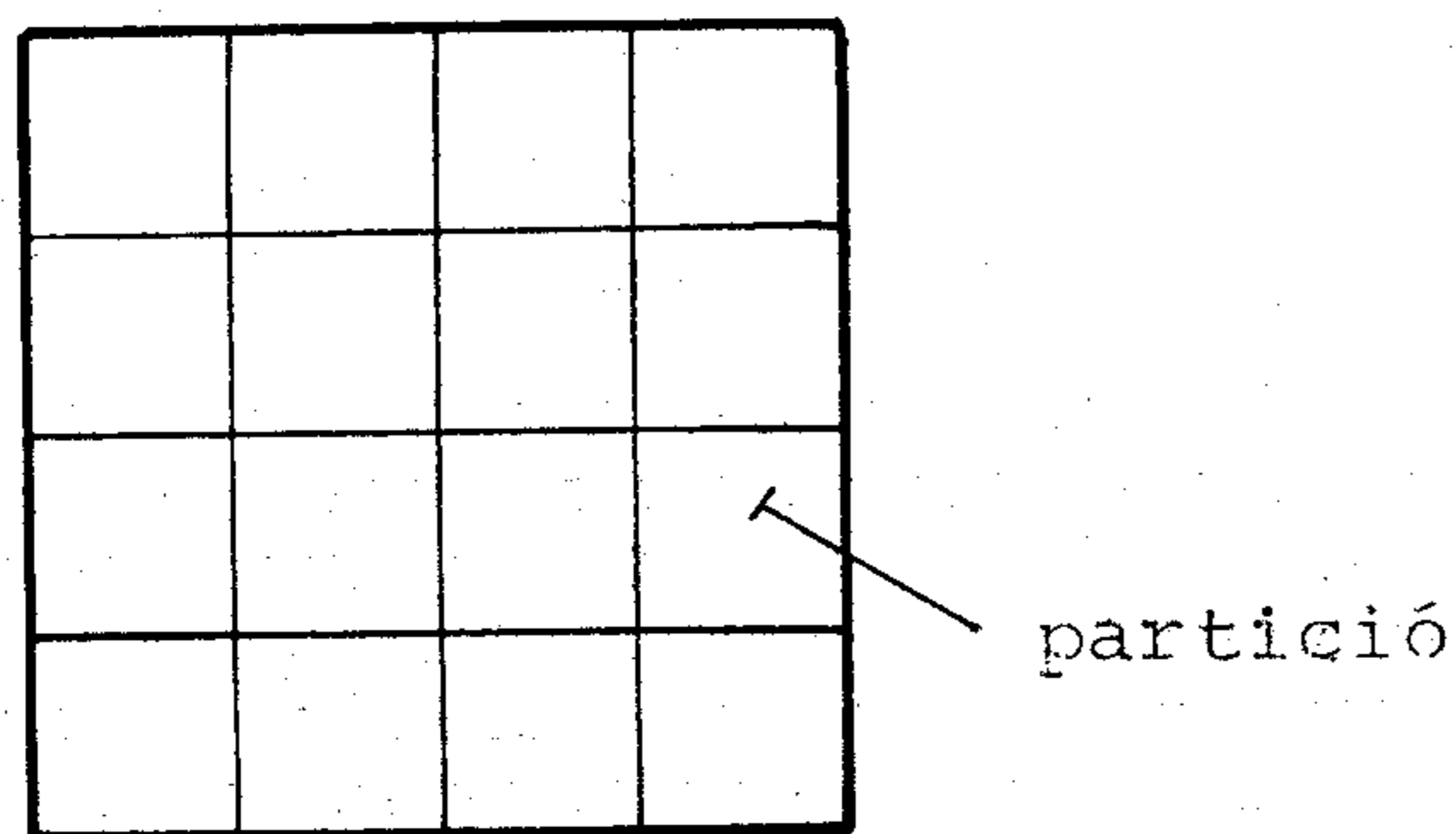


minden adatot mindig a központi memóriában tartunk. Ehelyett a háttértárolón őrzött nagy adatfile-okon kell a programnak dolgoznia (egyiket a másikba transzformálni stb.). A **CELLINEX** program által kezelt maximális layout-bonyolultságnál ezek a file-ok egyenként 0,5–1 megabyte-ig is elmehetnek. Másrészt (és ez a tárolóhelygondoknál is súlyosabb) az úgynevezett kétparaméteres geometriai műveletek időigénye nő meg tűrhetetlenül. Ilyen művelet például az alakzatok érintkezéseinek, átfedéseinek megkeresése. Ezekhez minden alakzatot minden másikkal össze kell vetni. Ha a vizsgált maszkokon  $n$  alakzat van,

$$\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} \approx \frac{n^2}{2} \quad (1)$$

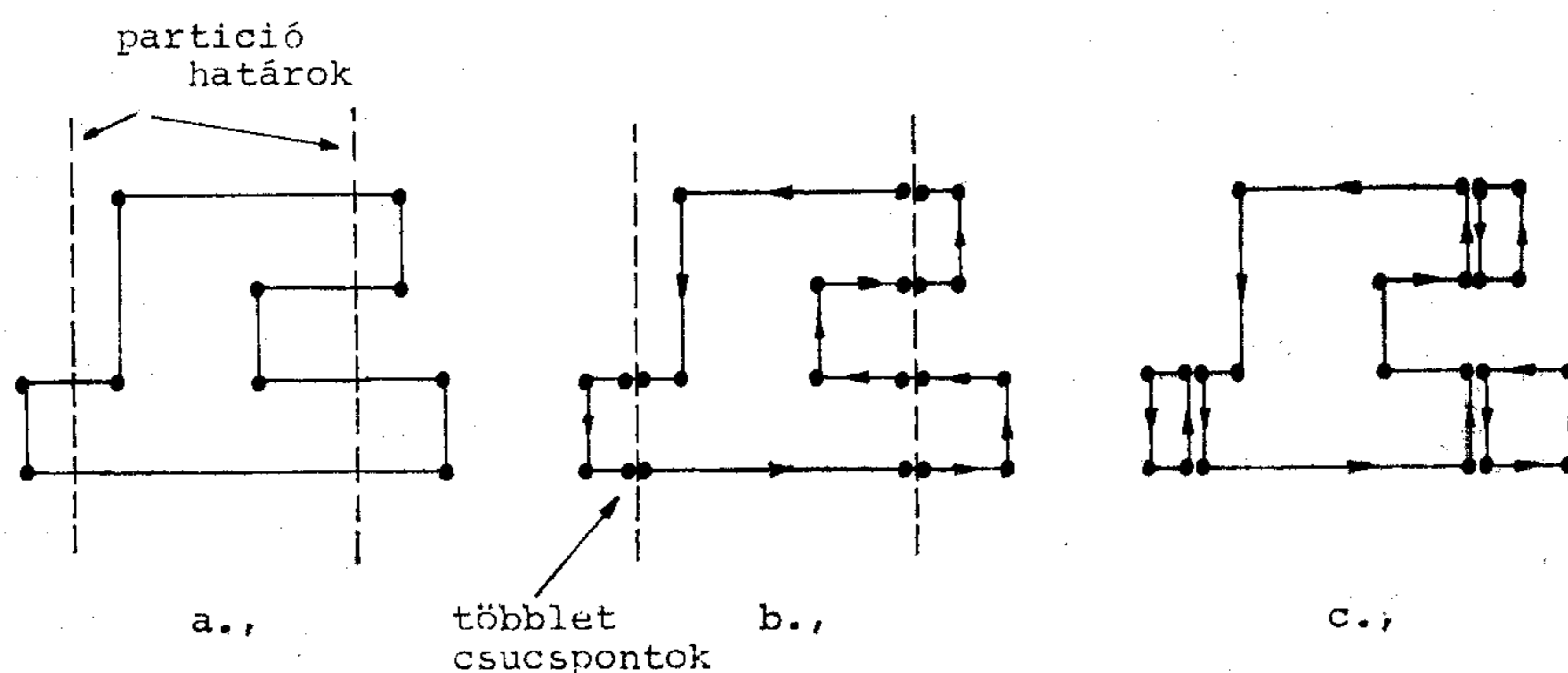
összevetést kell tennünk — a műveletszám tehát  $n^2$ -nel arányos. 2000 alakzattal számolva és egy összevetést 200  $\mu$ s-mal véve számításba, egyetlen ilyen művelet 6-7 perc CPU időt igényelne, ami a teljes program futását óras nagyságrendbe emelné.

A vázolt nehézségek indokoltá teszik, hogy az algoritmus kérdésekről részletesen szóljunk. Ezt tesszük az alábbiakban, mondanivalónkat néhány lényeges téma köré csoportosítva.



H958-1

1. ábra. A layout particionálása



H958-2

2. ábra. A particionálási algoritmus magyarázatához. A többlet csúcspontok párosával azonos helyre esnek, csak a szemléltetés kedvéért ábrázoltuk páronként külön azokat

**Particionálási technika.** Az alakzatok nagy számából eredő problémákat nagyságrendekkel enyhítheti a layout-terv részekre szabdalása, particionálása, és a műveletek particiónkénti külön elvégzése [1]. Tegyük fel például, hogy a layout-ot az 1. ábra szerint mindkét irányban felosztva,  $k$  db particióra vágjuk. Legyen az alakzatok eloszlása a maszkon egyenletes és egyelőre tekintsünk el a particióhatárok által elvágott alakzatok problémájától. Ekkor egy particióba  $n/k$  alakzat esik és a végzendő műveletek száma összesen

$$k \left( \frac{n}{k} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{n^2}{2k}, \quad (2)$$

vagyis  $k$ -szor kisebb, mint a particionálás nélküli esetben. A nyereség nyilvánvaló; 100 particióval dolgozva például, az előbbi, 6-7 perces műveletidő néhány másodpercre csökken.

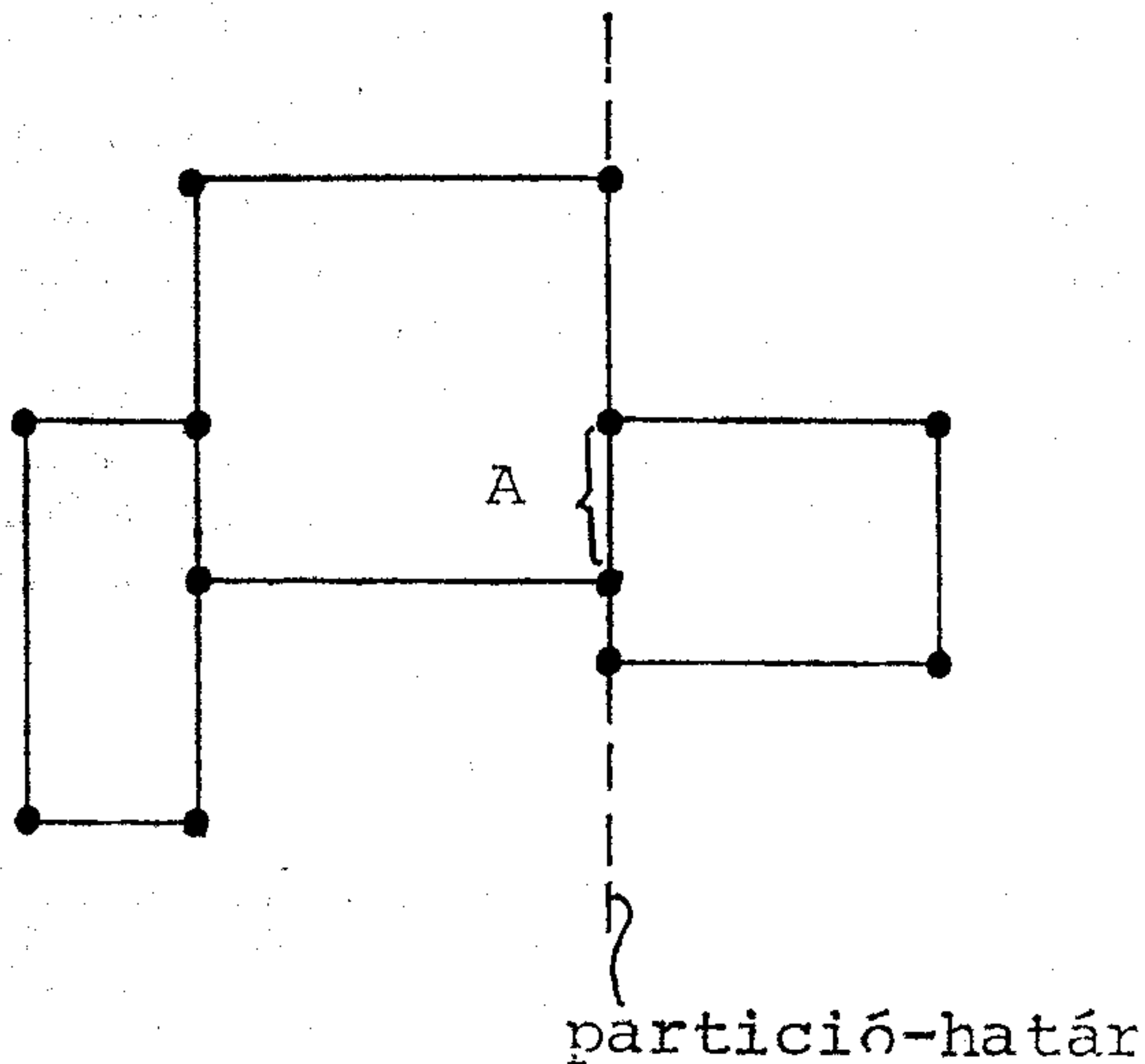
Elhamarkodott volna természetesen az a következtetés, hogy a particiók számát határtalanul növelni volna célszerű. Ha egy-egy partició mérete az átlagos alakzatoméret alá csökken, egyre több alakzatot vágunk két vagy több részre a particióhatárok, és ezzel az alakzatok teljes száma növekedni kezd. A sok partició maga is jelentős többletadminisztrációt, tehát időt igényel. Ezért egy határon túl már nem érdemes folytatni a layout felosztását; van egy optimális mértéke a particionálásnak [2]. (Erre vonatkozó kísérleti tapasztalatokról a következő szakaszban számolunk be.)

**A particionálás gyakorlati kérdései.** A **CELLINEX**-programban egy- vagy kétdimenziós, rögzített határu, elvágó particionálási technikát alkalmazunk. A particiók számát a felhasználó adhatja meg. Ez mind  $x$ , mind  $y$  irányban maximálisan 16, tehát összesen maximálisan 256 partició lehet. Rögzített határon azt értjük, hogy a particióhatárok helye állandó és független a maszk alakzatainak elhelyezkedésétől. Az „elvágó” particionálás annyit jelent, hogy a particióhatárok részre választják szét azokat az alakzatokat, amelyeket átmetszenek.

A particionálás algoritmusát a 2. ábra segítségével mutatjuk be. A műveletet először a függőleges particióhatárokkal végezzük el. A lépések a következők:

- mindazon pontokban, ahol poligonél partició-





H958-3

3. ábra. Ha partícióon belül vizsgáljuk csak az alakzatok érintkezését, az A-val jelölt kontaktus feltáratlan marad

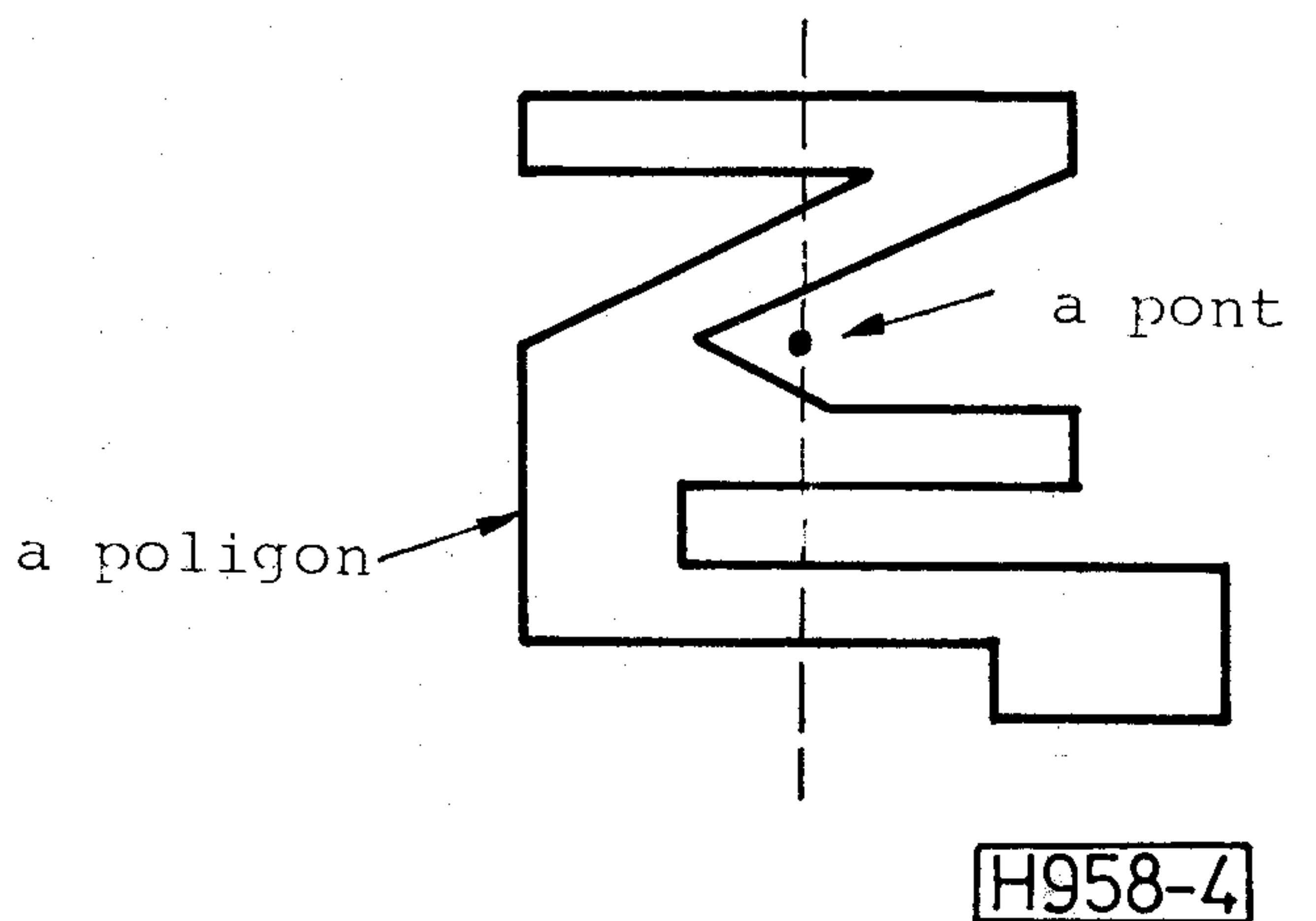
- határt metsz, két-két többlet poligon csúcspontot veszünk fel (ugyanazon koordináta-  
adatokkal, de egyiket az egyik, másikat a másik  
határos partícióhoz tartozóan; 2b ábra),
- valamely körüljárási irány szerint pointer-  
láncra fűzzük a poligon csúcspontjait,
- megállapítjuk minden egyes partícióhatárra  
a felvett többlet csúcspontok  $y$  irányú sorrend-  
jét,
- az  $e$  sorrendben szomszédos többlet csúcspontok  
közül a körüljárás szerint „hátsók” tovább-  
mutató pointerit felcseréljük (2c ábra).

A vízszintes partícióhatárookra a művelet hasonló módon végezhető el.

A partícionálásnál külön gondot okoznak azok az alakzatok, amelyek csúcspontjai, élei éppen partícióhatárra esnek. Ezek kezelése, ha megoldhatatlan problémát nem is jelent, de a partícionáló algoritmust meglehetősen bonyolítja. Ennél is súlyosabb nehézség viszont (ami miatt végül is más megoldást kellett választanunk), hogy ha megengedünk partícióhatárra eső alakzatéleket, akkor az érintkező alakzatok feltárása nem lesz partícióként függetlenül kezelhető probléma (lásd a 3. ábra ellenpéldáját).

A vázolt gondok elkerülésére a következő megoldást választottuk. Az alakzat-koordináták minden esetben eleve egész értékűek (a maszk-leíró nyelvek ugyanis egy kötött rácson, „grid-értékekben” teszik lehetővé a koordináták megadását). A CELLINEX-program belső adatábrázolásában kétszer ilyen sűrű rácst használ, a maszk minden koordinátáját tehát kettővel szorozzuk. Így az alakzatok csúcspont-koordinátái feltétlenül páros számok. Ez után elegendő a partícióhatárokat páratlan koordináta-érté-

\* Ez és minden további futásidő adat a MEV Fóti úti telephelyén, a gépi tervezési osztályon végzett futtatásokból származik és CPU időben értendő.



H958-4

4. ábra. A „pont a poligonban van-e” algoritmus magyarázatához

küre venni, s elkerüljük a partícióhatárra eső csúcspontokkal, élekkel együttjáró gondokat.

*Rendezési műveletek.* Célszerű elvégezni — és a programban meg is tesszük — a partícionált alakzatok megfelelő rendezését. A rendezés partíciók szerint történik. Végeredménye a „rendezett, partícionált alakzat-file”, amelynek minden egyes rekordja egy-egy partíció alakzatait, kontaktusablakait tartalmazza. A partíciókénti feldolgozás során e file rekordjait olvassuk egy nagy méretű (80 kbyte) bufferbe. Az egy partíciónyi adathalmazon a további műveletek előtt az egyes maszksíkokat összejelölő pointerláncokat hozunk létre.

A „pont a poligonban van-e” algoritmus. Ez az egyik legfontosabb algoritmus a programnak. Feladata: megállapítani, hogy egy pont a poligonon belülré (határára) esik-e vagy azon kívül. Az algoritmus jelentősége kettős. Egyfelől az ablakok közvetítésével létrejövő kontaktusok feltárásának kulcsa. Az ablakokat a program középpontjukkal veszi számításba: az a két poligon érintkezhet egy ablakon át, melyek mindegyikébe beleesik az ablak középpontja. Másfelől a poligonok azonosítóval (címkével) való ellátásában van szerepe: egy címkeszöveg azon poligonhoz tartozik, amelyre a kezdőpontja esik.

Az algoritmus lényegét a 4. ábrán szemléltetjük. Lépései:

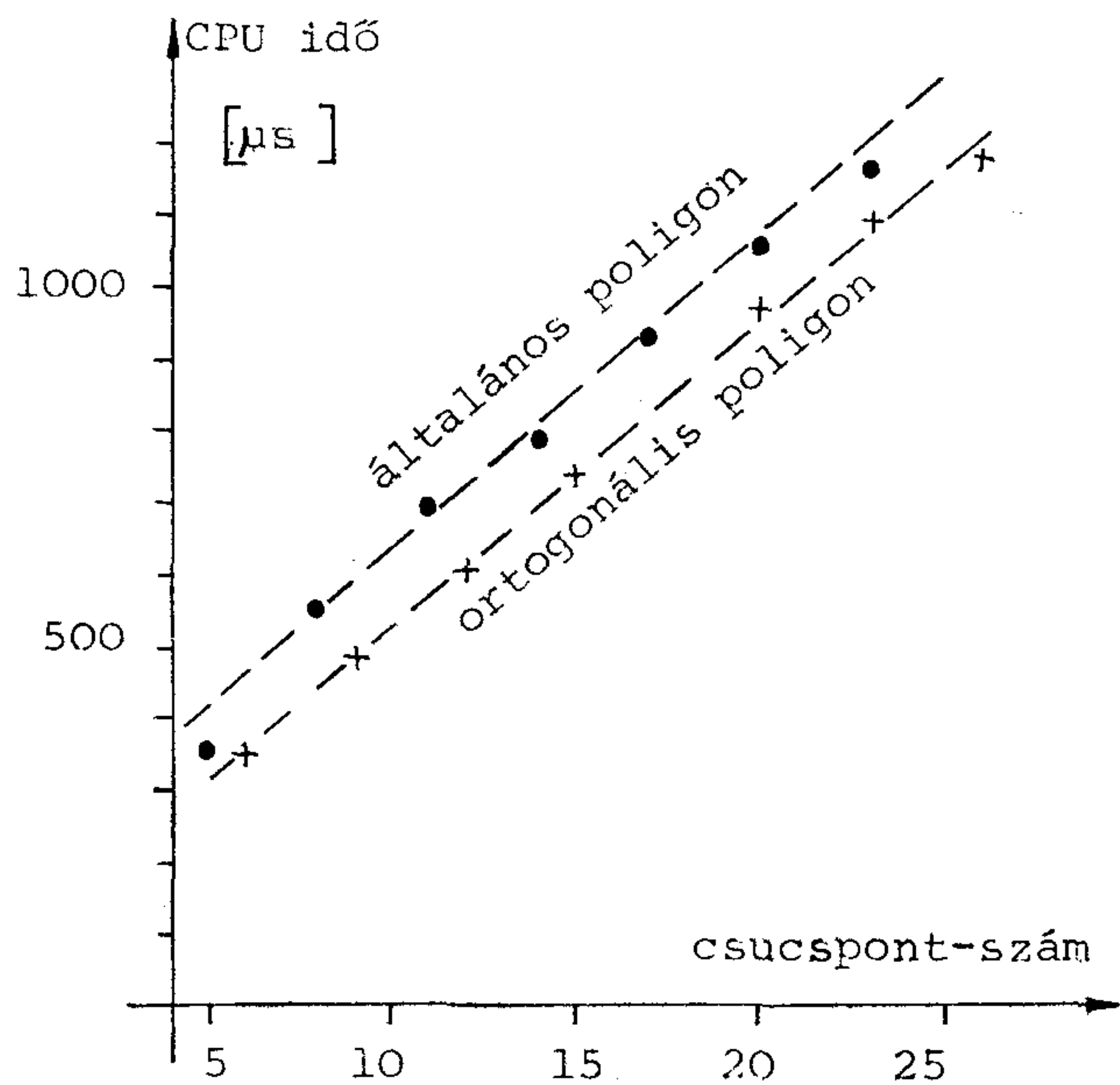
- a kérdéses ponton át képzeletben egy (pl.  $y$  irányú) egyenest húzunk,
- meghatározzuk ezen egyenes metszéspontjait az alakzat kontúrjával,
- ha ( $y$  irányban értve) páratlan számú ilyen metszéspont van a kérdéses pont „alatt”, akkor a pont benne van az alakzatban, egyébként rajta kívül.

(Az alakzathatárra eső pont esetét kezelő külön lépéseket itt nem részletezzük.)

Az 5. ábrán futásidő statisztikát mutatunk be a fenti algoritmust realizáló szubrutinról.\* A statisztikából elhagytuk a triviálisan számolható eseteket; ezeknél a gépidő  $\approx 50 \mu s$ .

A műveletek egyszerűsítési lehetőségei. A gyorsabb működés érdekében a program mindenütt kihasználja





H958-5

5. ábra. A „pont a poligonban van-e” algoritmus futás-idői

azokat a lehetőségeket, amelyek speciális esetekben a számítás egyszerűsítésére adnak módot vagy triviális esetekben a számítás teljes mellőzését teszik lehetővé. Ennek érdekében a poligonok belső tárolásának része

- a poligont befoglaló téglalap négy koordináta adata,
- kód, amely azt jelzi, hogy a poligon általános-e vagy valamely speciális, könnyebben kezelhető kategóriához tartozik (téglalap, ortogonális poligon).

Megéri, hogy tároljunk-e néhány redundáns adatot, mert segítségükkel a számítás sok esetben egyszerűsíthető. Például a „pont a poligonban van-e” vagy „két poligon érintkezik-e” típusú döntéseknél először a befoglaló téglalap adatait veszi tekintetbe a program. A negatív döntés (a pont *nincs* a poligonban, a két poligon *nincs* érintkezésben) sok esetben már ennek alapján meghozható. A poligon kategóriája alapján háromfelé ágazik a további számítás. Téglalap esetén nincs is szükség további vizsgálatra (hiszen ilyenkor az alakzat azonos a már megvizsgált befoglaló téglalappal). Ortogonális poligon esetén egyszerűbb úton folytatódhat a számítás, és csak az általános poligon esetén „veti be” a program a ferde oldaléleket is kezelő, s így leghosszadalmasabb algoritmust.

*Az összeköttetés-felderítés folyamata.* A program először partíciónként végigtekinti, hogy mely poligonok között áll fenn vezető összeköttetés. Ez az ablak közvetítésével létrejövő összeköttetéseknel a „pont a poligonban van-e” algoritmus segítségével történik, azonos maszk-sík érintkező alakzatainál a „két poligon érintkezik-e” algoritmussal. Valamennyi felfedezett érintkezést az ún. érintkezés-file-on jegyzi be a program; e file-on minden ilyen érintkezést két-két adat, a két érintkező poligon sorszáma reprezentálja.

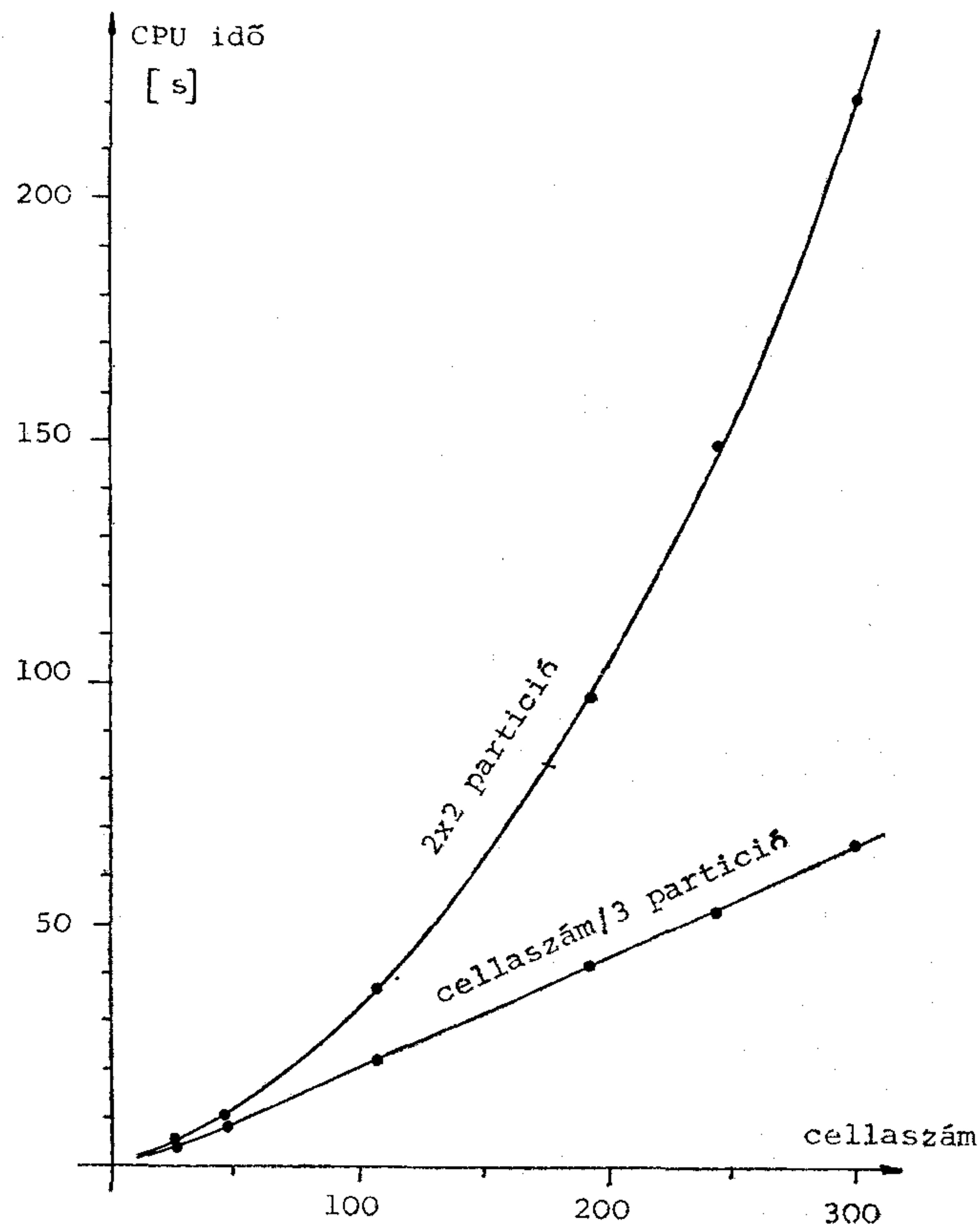
A következő lépés: a páronként felfedezett érintkezések alapján megkeresni az alakzatok ekvipotenciális csoportjait. Ennek algoritmusai:

- minden alakzathoz egy pointert rendelünk, ami az ekvipotenciális csoport egy következő alakzatára mutat,
- e pointer kezdeti beállítása olyan, hogy mindegyik alakzat önmagára mutat (tehát minden csoport egyetlen alakzattól áll),
- sorra vesszük az érintkezés-file-on bejegyzett alakzatpárosokat és minden egyes ilyen páros pointerit felcseréljük. (A többszörös összeköttetéseket, hurkokat tartalmazó ekvipotenciális csoportok miatt itt még néhány többletlépésre is szükség van; ezeket nem részletezzük.)

Mire a fenti eljárást végigvittük, a pointerok az ekvipotenciális alakzatok csoportjait láncolják össze. Az összeköttetés-feltárás tehát megtörtént; ami hátra van, az az eredményközlés.

#### 4. Particionálás és futásidő

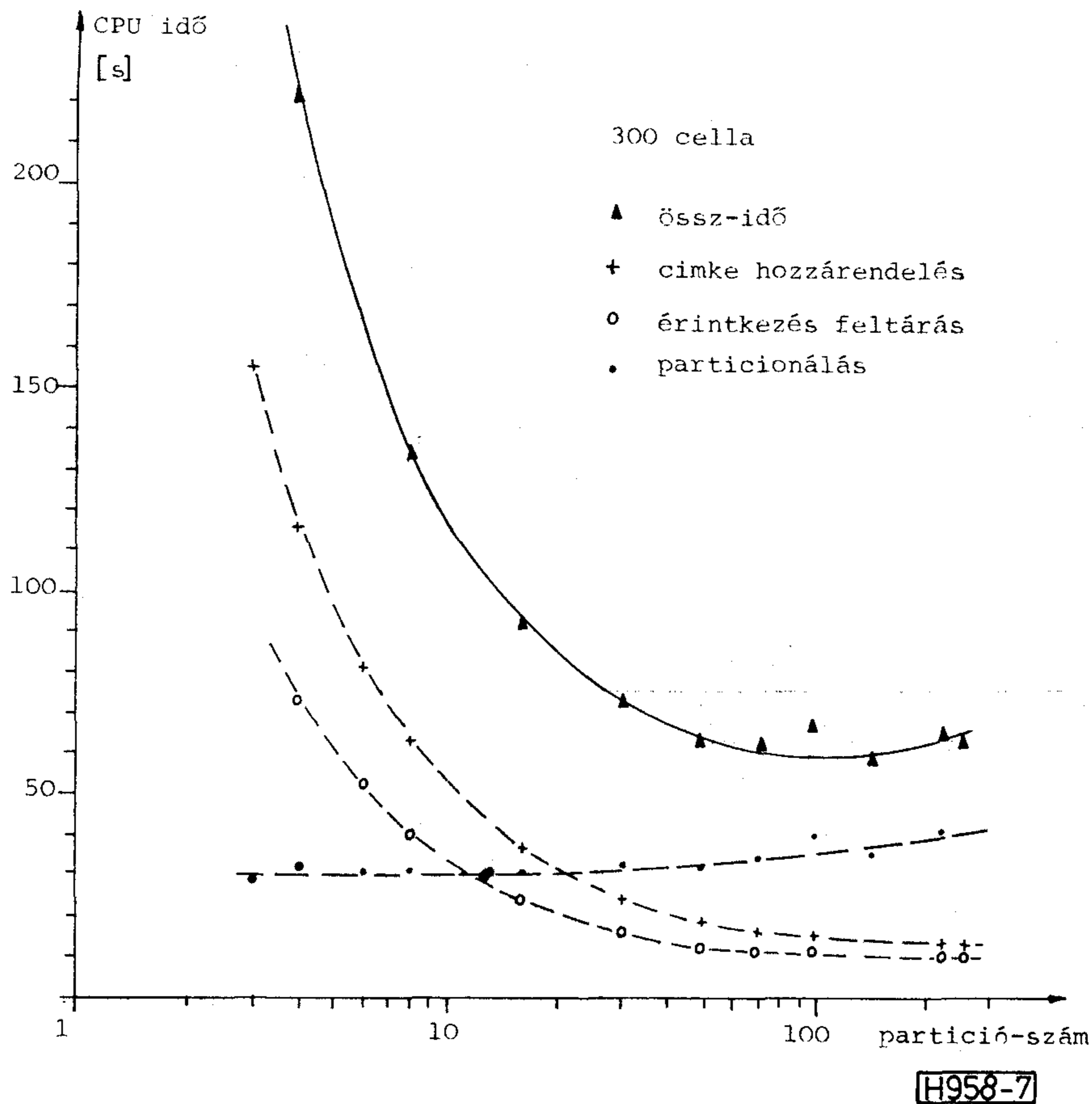
A program próbaüzeme során kísérleti vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy milyen összefüggés van hálózatméret és futásidő között, valamint hogy a particionálás mértéke hogyan befolyásolja a program egyes rész-algoritmusainak időigényét.



H958-6

6. ábra. A számítás CPU ideje a cellaszám függvényében (a „merge” művelet nélkül)





7. ábra. Az egyes rész-algoritmusok futásideje a partíciószám függvényében

A vizsgált mintahálózat alapeleme egy három cellából álló áramkör-részlet volt, 24 összeköttetés-alakzattal, 7 kontaktusablakkal, 20 alakzatazonosítóval. Ezt sokszoroztuk meg mátrixszerűen, a különböző méretű layoutok vizsgálatához.

Először a teljes CPU időt mértük különböző nagyságú hálózatokra, a partíciószámot vagy állandó értéken tartva vagy a hálózatmérettel arányosan növelve. Az eredményeket a 6. ábrán mutatjuk be. Rögzített számú partíciónál a várakozásnak megfelelően, nagyjából négyzetesen emelkedik a futásidő a layout mérettel, növekvő számú partíciónál cca lineárisan.

A következő vizsgálatunk egy nagyméretű, 300 cellából álló hálózatra vonatkozik. A partíciószámot egyre növelve vizsgáltuk az egyes rész-algoritmusok futásidejét. Az eredményeket a 7. ábrán közöljük. Látható, hogy a címké-hozzárendelés és az érintkezések feltárása a partíciószám növelésével monoton csökkenő időt igényel. Ezt részben lerontja magának a particionálásnak a növekvő időfelhasználása. Az összidőnek láthatóan minimuma, optimuma van a 100 körüli partíciószámnál.

Megjegyzendő, hogy az sem lényegtelen, hogy egy adott partíciószám hogyan oszlik meg az  $x$  és az  $y$  irányú particionálás között. A legjobb eredményt akkor értük el, ha a két irányban cca egyforma számú partíciót alkalmaztunk (egybehangzóan a kérdésre vonatkozó elméleti vizsgálatokkal [3]).

## 5. Az eredmények dokumentálása

A visszafejtés eredményei igen változatos formában használhatók fel a layout ellenőrzésére. A **CELLINEX**-program eredményközlési lehetőségeivel igyekszik támogatni minden szóba jövő ellenőrzési módszert.

*Hibajelzések, figyelmeztető üzenetek.* A visszafejtés során feltárássra kerülhetnek a layout olyan vonásai, amelyek feltétlenül tervezési hibára utalnak. Ezekről a program hibajelzést nyomtat. Más esetben csak valószínűsíthető a hiba jelenléte — ezekből képződnek a figyelmeztető üzenetek. Tipikus, a program által jelzett rendellenességek az alábbiak:

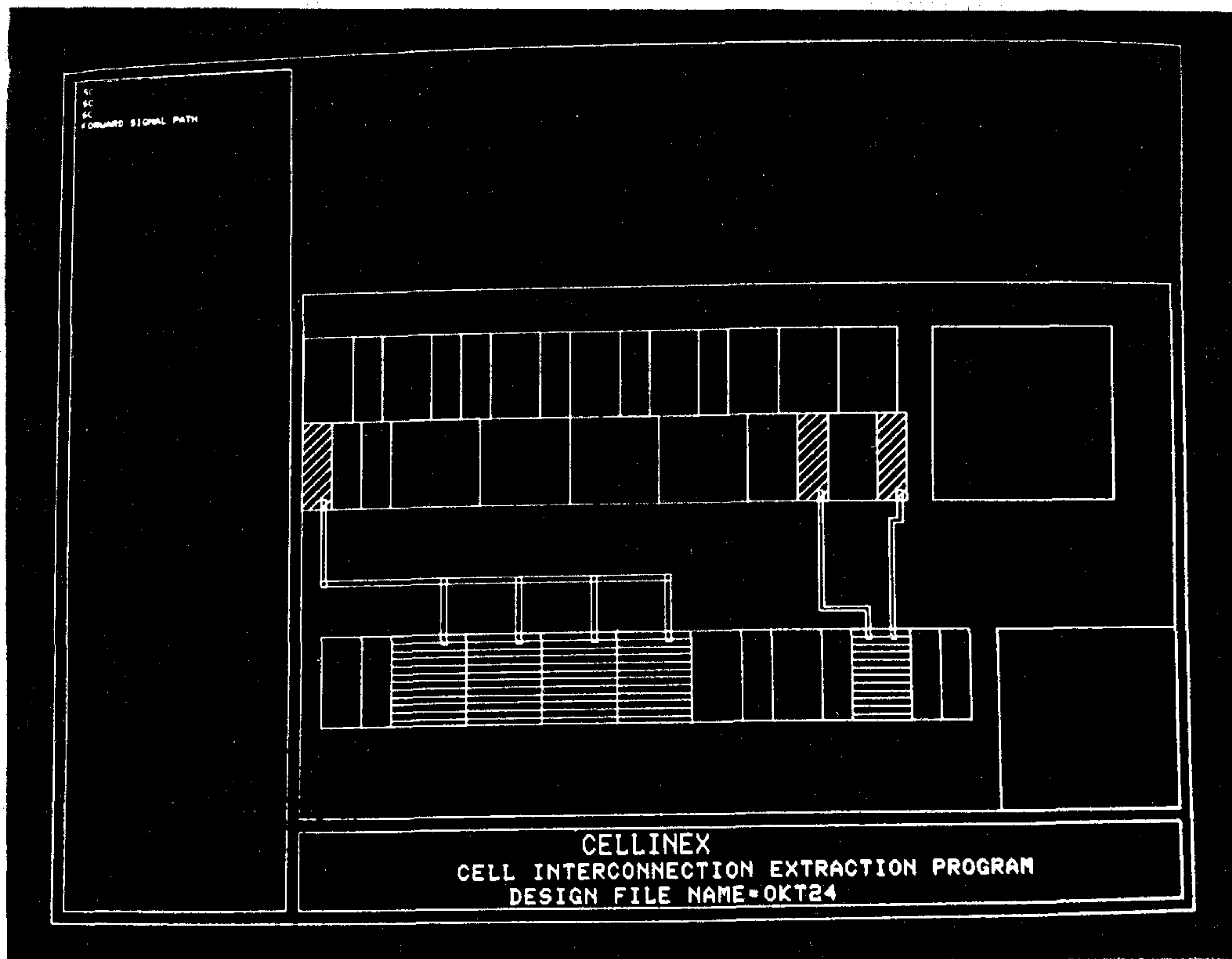
- kihasználatlan ablak,
- bekötetlen cellakivezetés,
- hurkot tartalmazó ekvipotenciális vezeték,
- záratok (tápfeszültség, cellakimenet stb.),
- funkcionális rendellenesség a cellák összeköttetésében (nem csatlakozik cellabemenet egy jelvezetékhez, több, nem háromállapotú kimenet össze van kötve stb.),
- rendeltetés nélküli részletek a layout-on (vezeték, amely csak egy cellához csatlakozik vagy egyhez sem).

*Listázás a cellák szerint.* A nyomtatási képet a 8. ábra mutatja, egyetlen cellára vonatkozóan. A program kilistázza a cella kivezetéseit, címkéjükkel és a funkciójukra utaló karakterkóddal (**INP**, **OUT** stb.)









11. ábra. Jelfolyam-felderítés a grafikus képernyőn

- alakzatok, ablakok, azonosítók, jelvezetékek száma,
- cellák és cellafajták száma,
- alakzatok átlagos és maximális csúcspontszáma,  $x$  és  $y$  irányú átlagos és maximális mérete,
- alakzatok megoszlása a partíciók között stb.

- A parazita kapacitások számítása. A program csekély kiegészítéssel alkalmas lesz arra, hogy az összeköttetések által képviselt szórt kapacitást számolni tudja. Ez igen lényeges lehet a pontosabb logikai szimuláció, az időzítések pontos ellenőrzése szempontjából.

## 6. Felhasználás, továbbfejlesztés

A CELLINEX-program 1983 júliusában került használatba a Mikroelektronikai Vállalatnál. Rendelése a cellás tervezésű berendezésorientált áramkörök layoutjának ellenőrzése. A használati tapasztalatokról korai ma még szólni; ezekre 1-2 év után érdemes majd visszatérni. A továbbfejlesztés lehetőségei közül kettőt látunk már ma meglehetősen világosan. Ezek:

- A program „feldeklarálása” nagyobb hálózatméretre. A programkészítés és az eddig végzett futtatások tapasztalatai alapján nyilvánvaló, hogy a program nagyobb nehézségek nélkül alkalmassá tehető a 400-nál több cellát tartalmazó layout-ok vizsgálatára — előre láthatóan kb. 1000 celláig.

Várható természetesen, hogy a használati tapasztalatok még egyéb továbbfejlesztési igényeket is felvetnek majd.

## I R O D A L O M

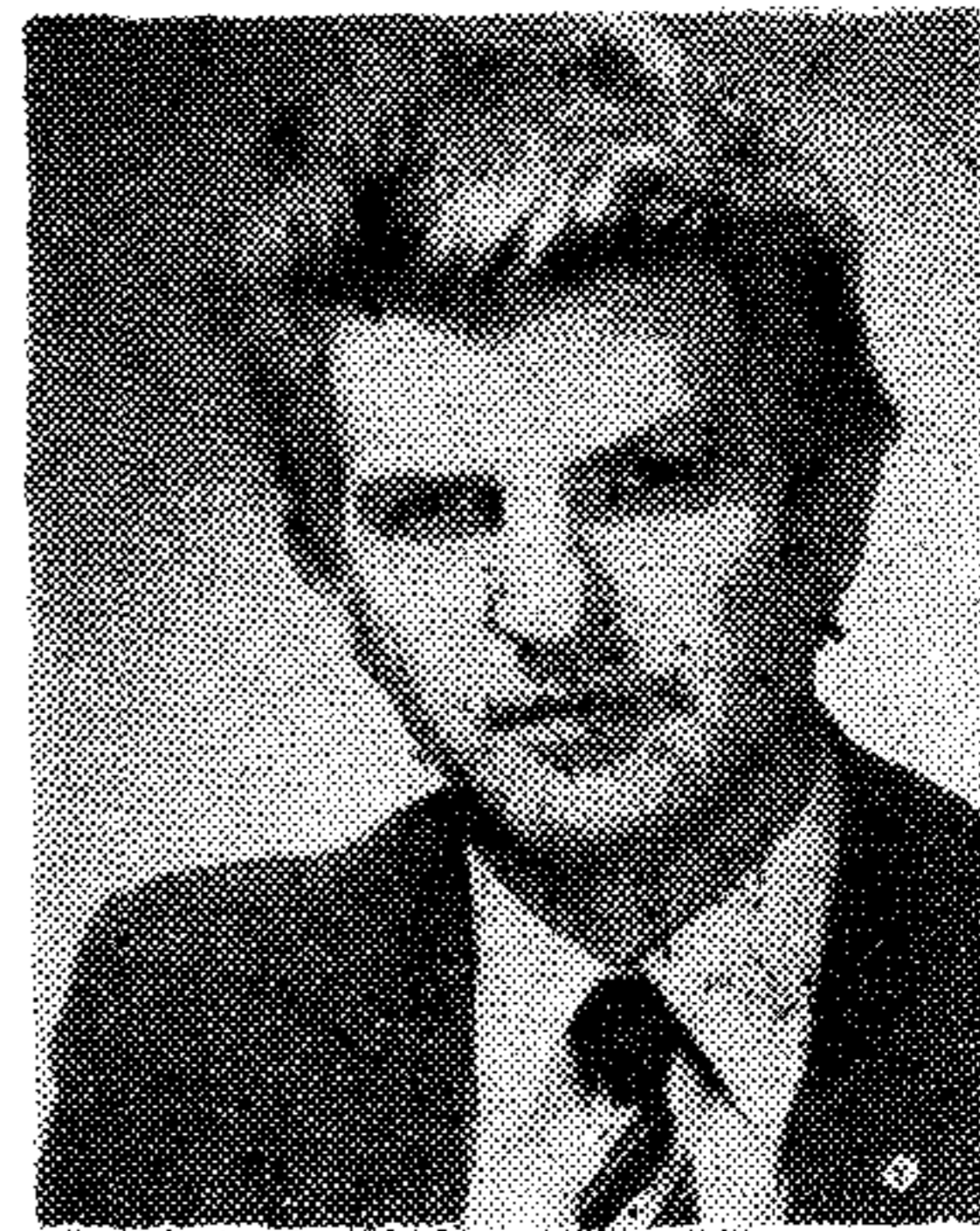
- [1] Dr. Székely V., Baji P., dr. Rencz M., dr. Koltai M.: IC maszkok gépi tervezése, tanulmány, BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 1981.
- [2] Baird: Fast algorithms for LSI artwork analysis, IEEE DATC 1977, pp. 303–311.
- [3] Farkas G.: Integrált áramkörök helyettesítő képének meghatározása a topológiai elrendezés alapján, szakmérnöki diplomaterv, BME 1980.
- [4] Dr. Székely V., Baji P., Kerecsenné dr. Rencz M., Kónya I., dr. Masszi F.: CELLIB — cellakönyvtár kezelő program a mikroelektronikai tervezés céljára, Híradástechnika, 1983. nov.
- [5] CELLINEX cellaszintű layout-visszafeltöltő program, használati utasítás, Budapest, 1983.
- [6] Jávor A., Benkő T.-né: LOBSTER programrendszer felhasználói leírás, KFKI kiadvány.



# Műanyagfóliás kondenzátorok gyártásának fejlesztési irányzatai az NDK-ban

SCHRÖTER KONRÁD

Wilhelm Pieck VEB Kondensatorenwerk  
Görlitz, NDK



## ÖSSZEFOGLALÁS

Ez a cikk a műanyagfóliás kondenzátorok NDK-beli fejlesztésének és gyártásának aspektusait tárgyalja. Az alapfelfogás az, hogy a kerámia kondenzátorok fokozódó termelése ellenére 1990-ig a műanyagfóliás kondenzátorokra vonatkozó igény tovább fog növekedni és gyártásuk gazdasági okokból néhány variálható gyártógépsorra történő profilírozást tesz szükségessé. Az eljárás kiválasztásának szempontjait költség- és minőségvizsgálatokból vezették le. Az anyagköltségek csökkentése és az eljárások racionalizálása döntő a hatékonyság növelése szempontjából. Szó esik a termékek méreteinek az egyes gyártósorokon belüli szükséges és lehetséges csökkentéséről.

Az alábbi fejtegetések ismertetik a műanyagfóliás kondenzátorok gyártásánál előirányzott termékprofilírozás néhány aspektusát az NDK-ban.

A műanyagfóliás kondenzátorok gyártásának ez a profilírozása három döntő tényezőtől függ, amelyekkel számolni is kell.

Ezek a tényezők:

1. A készülékgyártó iparnak a korszerű készüléktechnikából fakadó műszaki-fizikai jellemzőkkel és geometriai követelményekkel szembeni igényei;
2. Az alapanyagok és a speciális technológiai felszerelések beszerzési lehetőségeit illető anyagi-műszaki bázis;
3. Komplet gyártóegységeknek, mint a hatékonyság javítását célzó termelékenységnövelés előfeltételeinek racionalizálási lehetőségei.

A készülékgyártó iparnak a műanyagfóliás kondenzátorok követelményei 4 fő szempontban foglalhatók össze:

- jobb használati érték tulajdonságokkal rendelkező termékek előállítása; főleg egyes kiválasztott paraméterek, mint hőmérsékleti együttható és tartóssági instabilitás stb. szűkítése,
- a méretek csökkentése,
- az alkatrészek megbízhatóságának növelése és
- ezeknek az alkatrészeknek az automatikus beültetésre való alkalmassága.

Egyrészt a készüléktechnika általi követelmények terén fennálló eltérő nemzeti adottságok, másrészt az anyagi-technikai bázis eltérő nemzeti feltételei miatt a termékprofilírozásnak specifikusan kell alakulni.

A mikroelektronika fejlesztésére és alkalmazására vonatkozó határozattal az NDK-ban a mikroelektronika jelentőségét a népgazdaság racionalizálási tényezőjének tekintik [1].

A mikroelektronika fejlesztésével közvetlenül ösz-

## SCHRÖTER KONRÁD

okl. mérnök a „Wilhelm Pieck” VEB Kondensatorenwerk Görlitz (NDK) kondenzátorgyár műszaki-tudományos igazgatója. 43 éves, tanulmányait a mittweidai Elektrotechnik

rotechnika/Elektronika mérnökképző főiskolán végezte és több mint 20 éve dolgozik a gyárban a kutatás és fejlesztés területén. 1975 óta igazgatóként felelős a műszaki-tudományos fejlesztésért.

szefüggő kérdésként a passzív alkatrészek minden előállítója, de főként az ellenállások és a kondenzátorok gyártói előtt felmerült: milyen mértékben integrálhatók ezek az alkatrészek a megfelelő áramkörökbe? Ilyenfajta integráció valóban fennáll számottevő mértékben. A kondenzátortermelés visszaesése azonban nem volt tapasztalható. Beigazolódik az a nemzetközi trend-értékelés, hogy a kondenzátorpiac — az olyan gyakran emlegetettekkel ellentétben — a kondenzátoroknak IC-kbe való integrálása révén nem esik vissza, hanem a piac az újabb alkalmazási területek következtében állandó marad [2].

Az NDK-ban 1990-ig várható konstans helyzetre vonatkozóan végrehajtott igénykutatások a kondenzátorgyártás további növelésének szükségességét mutatják ki. A mikroelektronika alkalmazásából és az új alkalmazási területekből adódó követelmények következtében azonban termékkonstrukció változtatásokra van szükség.

Ezekkel az új termékekkel a legmesszebbmenő anyagkiváltások szükségesek, a jelenleg még magas anyagköltségek leépítése érdekében. Ennek során a kerámia kondenzátorok fejlesztésének és gyártásának a poliészter-, és polisztirol-kondenzátorok részválasztékának kiváltásában nagy jelentőség jut. Ugyanolyan mértékben van szükség saját kapacitásoknak a vegyiparban való kialakítására.

A bevezetőben ismertetett, a készülékgyártó iparból eredő új termékfejlesztésekkel szembeni követelmények között már szerepeltek a méretek csökkentését és a megbízhatóság növelését illető követelmények. Ezek a követelmények kényszerítőleg a fémzett fóliák fokozott alkalmazásához vezettek a kondenzátorgyártásban.

Nemzetközileg ismert kondenzátorgyártók minimális geometriai méretű kerámia és műanyagfóliás kondenzátorok gazdag típusválasztékát fejlesztették ki. Főleg a hagyományos műanyagfóliás kondenzátorok és a nemzetközi piac kínálatában szereplő többrétegű kerámia kondenzátorok közötti versengés végül is olyan méretcsökkenéshez vezetett a műanyag-

Beérkezett: 1984. II. 1. (Δ)



fóliás kondenzátoroknál, hogy az 5, ill. 2,5 mm-es raszterméretük ezeknél a kondenzátoroknál jelenleg szokványosnak tekinthetők.

A tervezett gyártmányfejlesztésekkel a fémezett műanyagfóliás kondenzátoroknak az össztermelésben elfoglalt részarányát a következő években lényegesen bővíteni kell.

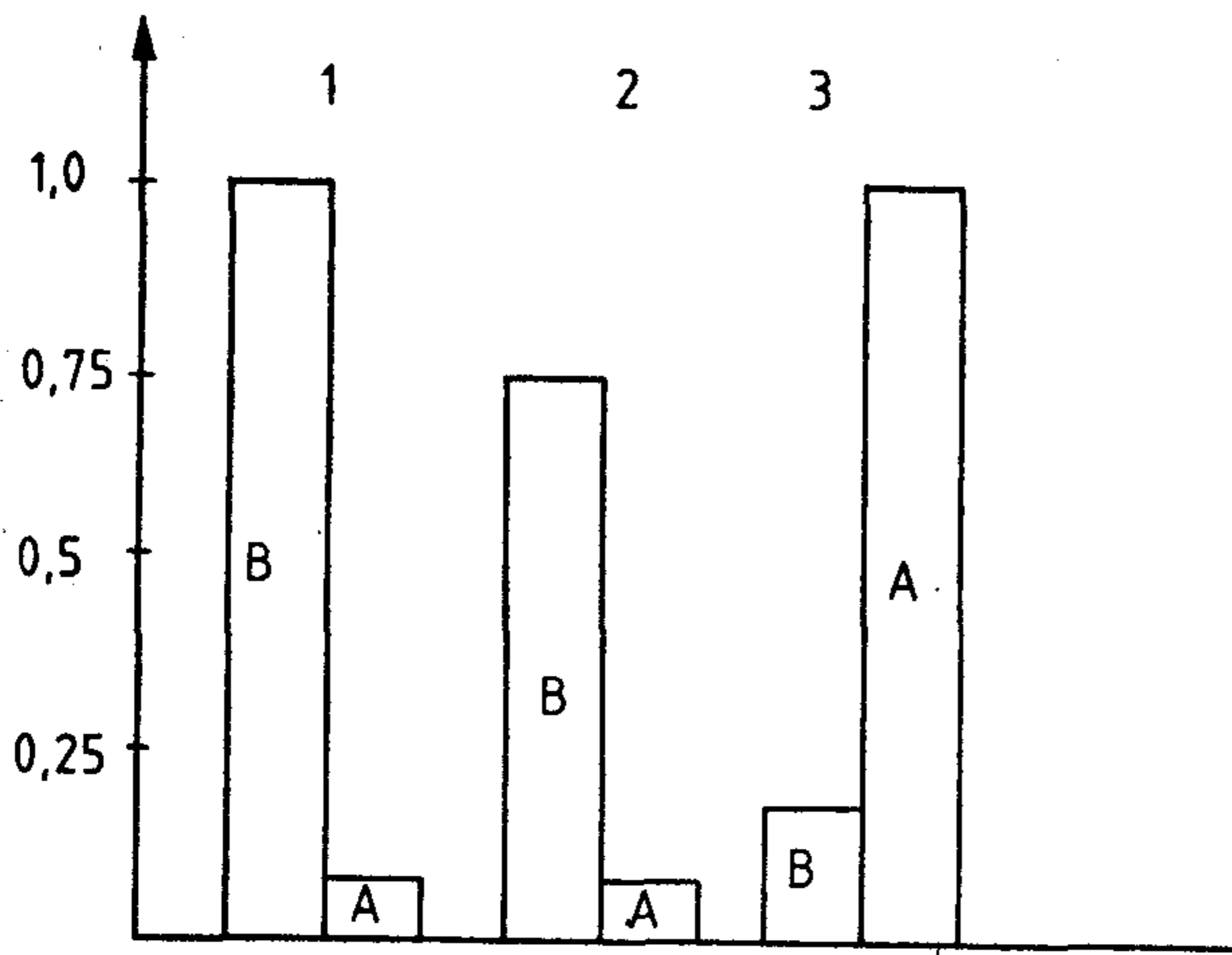
Ez a feladat magában foglalja a 2 µm-es vagy annál vékonyabb fémezett fóliás kondenzátortípusok gyártását. Minden műszaki áttörés a műszaki-tudományos haladás mellett gazdasági előnyöket is hoz magával. Az ilyen áttörésekkel azonban jelentékeny ráfordítások is járnak, amelyek többnyire csak középtávon érhetők el. Ezzel a műszaki fejlesztéssel azonban szükségszerűen teljesen megváltozott költségarányok is adódnak a gyártásban. Míg a túlnyomórészt kézi gyártásban a bérköltségek jelentős szerepet játszanak, az automatizált gyártásban ezek alárendelt szerepet töltenek be.

Számottevő tényezővé válik azon amortizációs leírások hányada, amelyek gazdasági ráfordításként kerülnek a termékbe. Ezeket az arányokat szemlélteti az 1. ábra a papírkondenzátorokról a poliészter kondenzátorokra való áttérés példáján.

Mivel a speciális technológiai berendezéseknél majdnem kizárólag olyan eszközökről van szó, amelyek kis darabszámban készülnek, a racionalizáláshoz szükséges ráfordítások magasak. A leírási költségek minimálisra való csökkentése csak nagyobb mennyiségek igen rövid időn belüli gyártásával lehetséges.

A hatékonyságra vonatkozóan a technológiai berendezések variálhatósága is döntő jelentőségű. Ha a gépek nem variálhatók, akkor az alkalmazás korlátozott. Az állandó költségek a kis gyártási darabszámokra vetítődnek.

Ezekből a hatástényezőkből kiindulva olyan technológiai elképzelést kell találni, amely különböző kondenzátortípusoknak azonos technológiai el-

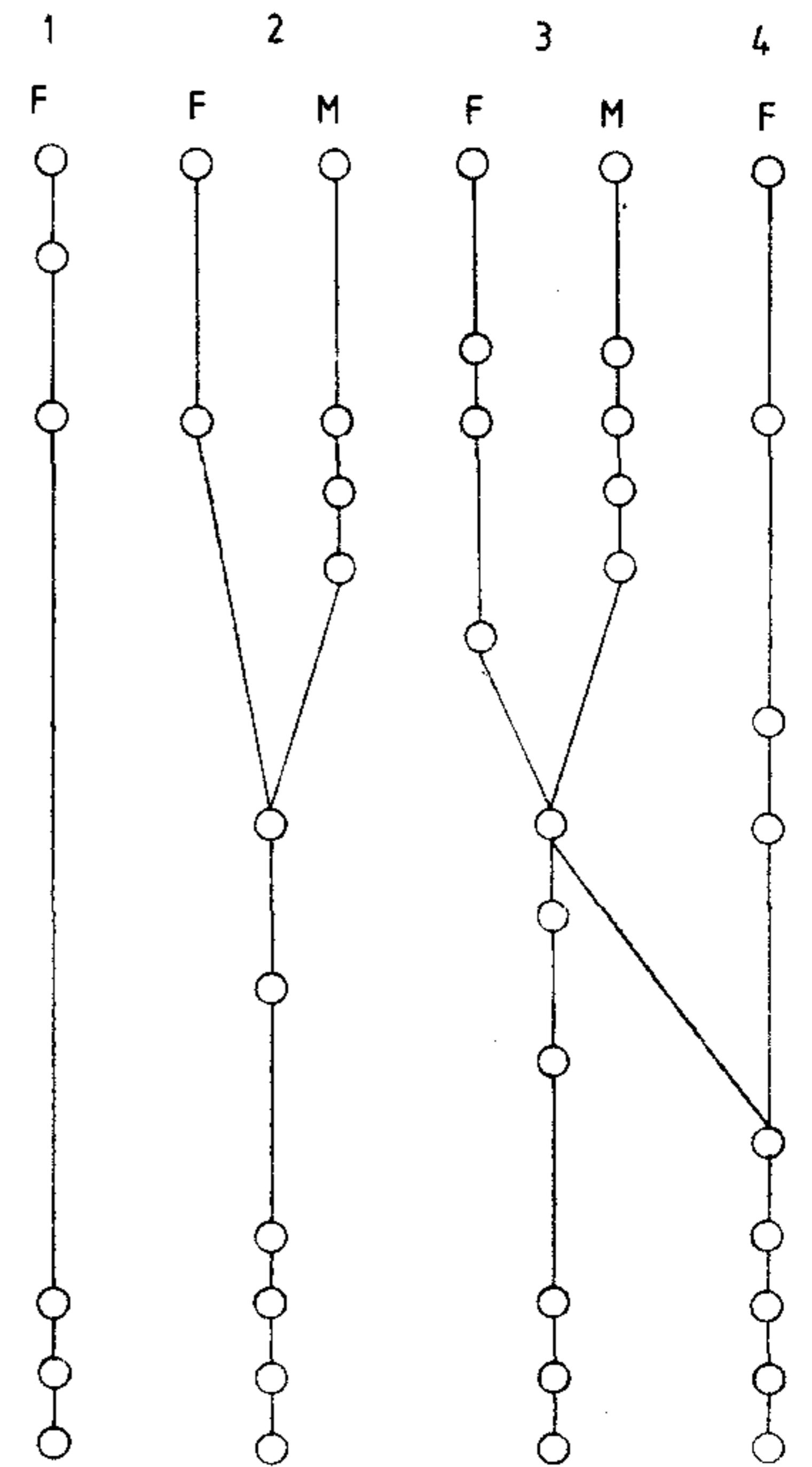


B: BÉRKÖLTSÉG  
 A: AMORTIZÁCIÓS KÖLTSÉG  
 1 KÉZI GYÁRTÁS  
 2 RACIONALIZÁLT GYÁRTÁS  
 3 AUTOMATIZÁLT GYÁRTÁS

H951-1

1. ábra. Költségarányok alakulása

TEKERCESELÉS  
 KIVEZETŐK  
 HEGESZTÉSE  
 LAPITÁS  
 HŐKEZELÉS  
 FÉMSZÓRÁS  
 REGENERÁLÁS  
 IMPREGNÁLÁS  
 KAPACITÁS  
 VÁLOGATÁS  
 KIVEZETŐK  
 HEGESZTÉSE  
 TÁRAZÁS  
 FÓLIA BURKOLÁS  
 ÖRVÉNYPOROZÁS  
 HÁZBA SZERELÉS  
 EPOXI KIÖNTÉS  
 ELEKTR. VIZSG.  
 BÉLYEGZÉS  
 CSOMAGOLÁS



0 SZÜKSÉGES MŰVELET  
 F FÓLIÁS KIVITEL  
 M FÉMEZETT KIVITEL

1 BURKOLATLAN, CENTRIKUS, AXIÁLIS  
 2 HENG., BURKOLT, CENTRIKUS, AXIÁLIS  
 3 LAPITOTT, BURKOLT  
 4 MŰANYAG HÁZBAN

H951-2

2. ábra. Műanyagfóliás kondenzátorok gyártásának műszaki alapkonceptiója

járásokkal és így azonos berendezésekkel való gyártását teszi lehetővé.

A 2. ábra a műanyagfóliás kondenzátorok gyártásának műszaki alapkonceptióját szemlélteti.

Az ábrázolt gyártósorok bármelyikén a szokványos polisztirol, poliészter, polipropilén és polikarbonát dielektrikumok feldolgozhatók.

Az alábbiakban az egyes gépsorokra vonatkozóan ismertetjük az alkalmazott, illetve alkalmazásra tervezett eljárás lépéseit.

Az 1. gyártósoron centrikus axiális kondenzátorok készülnek. Ezen a gyártósoron az előállítás elvi előfeltétele olyan műanyagfóliák alkalmazása, amelyek jellemző tulajdonsága a nagyfokú hosszirányú zsugorodás.

A burkolatlan kiviteli forma anyaggazdaságosság szempontjából kedvező megoldás, mivel a csatlakozóelemek és a tekercstest mechanikai stabilizálásához nincs szükség járulékos anyagráfordításra. Ez az eljárás régóta ismert a polisztirol kondenzátorok gyártásánál és a magyar REMIX cég is alkalmazza. A Wilhelm Pieck VEB Kondensatorenwerk Görnitz gyár ezt az eljárást speciális műszaki megoldásokkal poliészter kondenzátorok előállítására is alkalmazta.

Az anyaggazdálkodási előnyök mellett további előnyt jelent az alkalmazandó különböző fajtájú gyártóeszközök csekély száma. Ezen eljárás hátránya, hogy a kondenzátorok lényeges méretcsökkentését kizárja és a jelenlegi méretválasztékkal a megvalósítási határok kihasználtnak tekintendők, mivel a csatlakozóelemek rögzítésére bizonyos meghatá-



rozott zsugorodási erőre van szükség, amelyet vékonyabb fóliák már nem tudnak kifejteni.

Az ábrázolt 2. gyártógépsorral hengeres kivitelű műanyagfóliás kondenzátorok gyárthatók, melyek műanyagfóliás burkolattal és a tekercs homlokoldalain epoxigyantás kiöntéssel készülnek.

Ennek az eljárási koncepciónak meghatározásánál abból indultak ki, hogy messzemenően egységes technológiával fóliás és fémezett kondenzátorok gyártása biztosítható.

Az ilyen kondenzátorok gyártásánál a kivezető huzalok és a vezető fegyverzetek közötti érintkeztetésnek a termék minősége és az anyagköltségek szempontjából jelentősége van. Központi feladat tehát ennél a gyártási lépésnél az anyagköltségek csökkentési lehetőségeinek vizsgálata.

Ezért a VEB Kondensatorenwerk Görlitz cég speciális vizsgálatokat folytatott a fóliás kivitelű kondenzátortípusnál a kivezető huzaloknak a homlokfelületen kiálló alumíniumfóliákra történő közvetlen érintkeztetését illetően. Vizsgálták a csatlakozóhuzal és az alumíniumfólia közötti érintkezésnek a tekercs homlokoldalain lézeres hegesztéssel és ívhegesztéssel történő létrehozását, valamint az érintkeztetésnek közvetlenül az alumíniumfólián, ellenálláshegesztéssel való megvalósítását [3], [4].

Az egyes kiálló alumíniumfóliák lézersugárral megvalósított egymásközi jó fémes kötődése révén gyakorlatilag minden menet rövidrezárható és a csatlakozó huzal ezzel a hegesztési eljárással az egyes alumíniumfóliákba fémesen beágyazható.

A lézeres gyártás támogatására mikro-ívhegesztést alkalmaztak. Mivel a fémezett fóliás kondenzátorokhoz továbbra is sok horgany, ón, illetve fehérém szükséges, az említett anyagfelhasználások kiküszöbölésével megfelelő csatlakoztató eljárásokhoz vezető megoldások a jövőben különösen érdekesek. A 2. gyártógépsorral előállított termékek megfelelnek a nemzetközileg szokványos normatíváknak. A készüléktechnika jövőbeni követelményeinek figyelembevételével az ezzel az eljárással megvalósított kondenzátorok részaránya az 1990-ig terjedő igényben további növekedésre számíthat, mivel a kiválasztott egyedi eljárások, a berendezéseken belüli megfelelő konstruktív kialakítás révén, további méretcsökkenést tesznek lehetővé.

A 2. ábrán szemléltetett 3. gyártógépsoron a lapított (kvázi prizmatikus), burkolt kivitelű műanyagfóliás kondenzátorok gyártását irányozták elő.

A nemzetközileg szokványos választékterjedelem a fóliás és a fémezett kondenzátorok gyártásával érhető el. A méretviszonyok figyelembevételével a tekercskészítésnél a fóliás kivitel esetében a belső érintkeztetést részesítik előnyben, azaz a csatlakozóhuzaloknak a tekercselési folyamat során történő érintkeztetését.

A fémezett kondenzátorok gyártását a későbbi külső csatlakoztatású ismert felépítés szerint irányozták elő. A lapított típus elérésére mindkét terméket a hőkezelési folyamaton belül lapítják és nyomás, valamint hőhatás révén abban a mértani alakban stabilizálják, egyidejűleg a kapacitás stabilizálása is elérhető.

A lapított kivitelű termékek burkolásának megvaló-

sítására a VEB Kondensatorenwerk Görlitz cég a változatok egész sorát vizsgálja.

A gyártmány paraméterei, megbízhatósági viselkedése és gazdaságossága alapján a szinterelt kivitelű formát találták a legkedvezőbb változatnak. Ezzel a burkolási eljárással, amely követi a burkolandó test körvonalait, a legkedvezőbbek az anyag-gazdaságossági feltételek, mivel majdnem anyagvesztés nélkül lehet dolgozni és nem következik be szükségtelen térfogatnövekedés.

A dielektrikum légtelenítése érdekében a fóliás kivitelű kondenzátorok előzetes impregnálása ajánlatos. Az impregnálás további előnye az impregnáló masszának egészen a csatlakozás helyéig történő behatolása. A vékony fóliás felépítések esetében a feszültségkiesések szempontjából rendkívül veszélyeztetett terület, az esetleges légrések impregnáló anyaggal telítődnek. Ezáltal ez a csatlakozási hely beágyazódik, minek eredményeként növekszik az átütési szilárdság és a csatlakozási hely járulékosan megerősödik.

Az 1,5  $\mu\text{m}$  és 2  $\mu\text{m}$  fóliavastagságú műanyagfóliás kondenzátorok szubminiatur műanyagfóliás kondenzátorokként már szerepelnek a nemzetközi kínálatban és hasonló gyártóberendezéseken készülnek.

Ennek a gyártógépsornak a megvalósítása jelenleg a fejlesztés során elsődleges fontosságú és az 1990-ig terjedő időszak piacelemzésének eredményeit figyelembe véve a termelés tetemes részét testesítik meg.

A 2. ábrán levő 4. gyártógépsoron a szegletes kivitelű műanyagfóliás kondenzátorok termelése szerepel. A kondenzátortekercsek előállítása a már ismert eljárással, indukciószegény kivitelben történik. A polisztírol kondenzátorok előállításánál vezető fegyverzetként ónfóliákat alkalmaznak.

Az ónfólia alkalmazása egyrészt költségnövekedést jelent az ugyancsak alkalmazható alumíniumfóliával szemben, de másrészt jelentős előnyöket biztosít, melyek főleg a kapacitás tartósságával, a termék használati értékének növekedését eredményezi.

Az ábrán szemléltetett gyártási folyamat koncepciójának megfelelően a 3. gyártógépsoron gyártásba vett kondenzátoroknak a 4. gyártógépsorra történő átvezetését tervezik, azaz a 3. gyártási elv szerint tekercselt és kontaktozott kondenzátorok a kiválógatási elvnek megfelelően vagy lapított kondenzátorokként kerülnek további feldolgozásra, vagy a 4. gyártógépsoron a szegletes kivitelű formában gyártják készre.

A műanyagházas kivitelű formával ugyan elvesz a közvetlenül a termékhez illeszkedő burkolat előnye, de a felhasználó számára egész sor előnyt jelent:

- pontos geometriai méreteket,
- az ún. lakknadrágok hiányát és ezáltal biztosítást a nyomtatott áramköri lemezen,
- kisebb induktivitásokat a vezető pályákhoz vezető rövidebb csatlakozó huzalok következtében.

A nyugat-európai piac kondenzátorkínálata mutatja, hogy éppen ez a kivitelű forma szerepel nagyobb részarányban.



Előfeltétel a lehető legvékonyabb falvastagságú és megfelelő méretválasztékú műanyagházak alkalmazása, a szükségtelen anyagfelhasználás és méretnövekedés elkerülése érdekében.

A műanyagfóliás kondenzátorok burkolt és burkolat nélküli, hengeres és szegletes kivitelű, axiális és radiális huzalkivezetőjű és — a különböző dielektrikumok alkalmazása révén — különböző elektromos tulajdonságú típusainak bemutatott gyártási programjával nemzetközileg korszerű alkatrész-kínálat valósítható meg.

Az alábbiakban újból kitérünk a hengeres és szegletes kiviteli formák geometriai méreteinek csökkentési lehetőségeire. A szubminiatűr kondenzátorok előállítására olyan gyártóberendezéseken történik, amelyek az ismertett technológiai alapkoncepció alapján a 2., ill. 4. gyártósorokon készülnek.

A méreteknél ezt az eddig szokványos geometriai méretekkel szembeni többszörös csökkentését a nyugat-európai országok elsősorban a többrétegű kerámia kondenzátorokkal vívott verseny során hozták létre.

Erre a versengésre nyújt bepillantást a „Kondenzátorok harca” című cikk, amelyben kondenzátorgyártó cégek képviselői a gyártó szemszögéből nyi-

latkoznak a műanyagfóliás kondenzátorok és a kerámia-kondenzátorok előnyeiről és hátrányairól [5].

Bármilyen szubjektív is a vélemények közötti vita a kedvezőbb alkalmazási feltételeket, a javított megbízhatósági tulajdonságokat vagy az alkalmazási területek korlátozását illetően, mégis megmutatkozik, hogy mind a több rétegű kerámia-kondenzátorok, mind a műanyagfóliás kondenzátorok rendelkeznek piacjogosultsággal.

Végül is a mikroelektronika minden területén megnyilvánuló speciális követelmények sokrétűsége dönti el a kerámia- vagy műanyagkondenzátorok konkrét alkalmazási eseteit.

## I R O D A L O M

- [1] Az NDK ötéves népgazdasági fejlesztési tervére vonatkozó törvény. (Gbl I. 35 szám, 405. oldal; 1981. 12. 3.)
- [2] Markt und Technik c. folyóirat 1982. évi 18. számának 58. oldala.
- [3] DD WP 01566559.
- [4] DD WP (bejelentés alatt): Mikroívfényes kontaktózás.
- [5] „EZ” című folyóirat 1982. évfolyama.

## Szemle

Összeállította: GÁL FERENC

Japán elektronikai előretörésének oka nem csupán az olcsó, de fegyelmezett munkaerő és a tudatos licenc és know-how vásárlási politika, hanem az igények gyors felismerése és gyors kielégítése is. Japán részesedése néhány híradástechnikai termék világtermelésében:

videorendszerek	87%
hi-fi berendezések	56%
színes tv	38%
zsebszámológépek	56%
CB-rádiók	74%

(*Funkschau*, 1983/3.)

A japán Mitsubishi Saijoban új üzemet létesít VLSI integrált áramkörök előállítására. A 300 millió DM értékű projekt 1983 tavaszán indult és 1984 tavaszára kell befejeződnie. A tervek szerint az új gyár 22 000 négyzetméter alapterületén, 300 dolgozóval havi 3 millió db 64 Kbit kapacitású táráramkört (RAM) fog gyártani.

(*Funkschau*, 1983/2.)

A dielektrikumokat tartalmazó rezonátorokat annak ellenére, hogy régen ismerik, szűrőknek nem alkalmazták a dielektrikumok hőmérséklet-függése miatt. Az utóbbi években kifejlesztett dielektrikumok és gyártástechnológiák lehetővé tették az új anyagok alkalmazását és sokkal kisebb hőérzékenység kompenzálását. Ma már a kereskedelemben is kaphatók a hőkompenzált dielektrikumú rezonátorok. Ezekből kiváló tulajdonságú sáváteresztő szűrők készíthetők.

Az AD-TECH Microwave Inc. cég AT-BPF140 típusjelzésű szűrőjének áteresztő sávja 5,4...6,5 GHz, de az AT-BPF100 sorozat 3,3 GHz-től 12,4 GHz-ig fedi le a frekvenciasávot. Az áteresztő karakterisztika lehet Csebisev vagy max. lapos jellegű. Az áteresztő sáv hullámosság 0,01 dB...3 dB lehet 2%-os relatív sáv szélesség esetén. A szűrők hőérzékenysége kisebb 2 ezreléknél °C-onként. A szűrők terhelhetősége 12 W, a megengedett legmagasabb környezeti hőmérséklet +65 °C.

(*Prodinform tájékoztató*, VHi 334)

A finn SALORA cég, a legnagyobb skandináviai színes tv-készülékgyártó, megkezdte a műholdas tv-adások vételére alkalmas készülékek exportját. Az első szállítások Svájcba és Portugáliába irányulnak. A cég komplett vevőrendszert szállít. A színes tv-vevőkészülékek mellett szállítja a megfelelő parabola antennát és a műhold jeleinek videojelekké történő átalakításához szükséges mikrohullámú konvertert. A berendezéseket tv- és rádióműsoradó műholdak által sugárzott program vételéhez készítették. A készülékeket egyelőre kábeles tv-rendszerekben és műszaki kísérletekben fogják alkalmazni. A most szállított vevőrendszerek mellett a SALORA a magánháztartások részére is fejleszt egyedi vevőkészülékeket. Ahogy 2-3 éven belül az első tv-program közvetítő műholdak rendelkezésre állnak, a SALORA megfelelő vevőkészülékei is piacon lesznek.

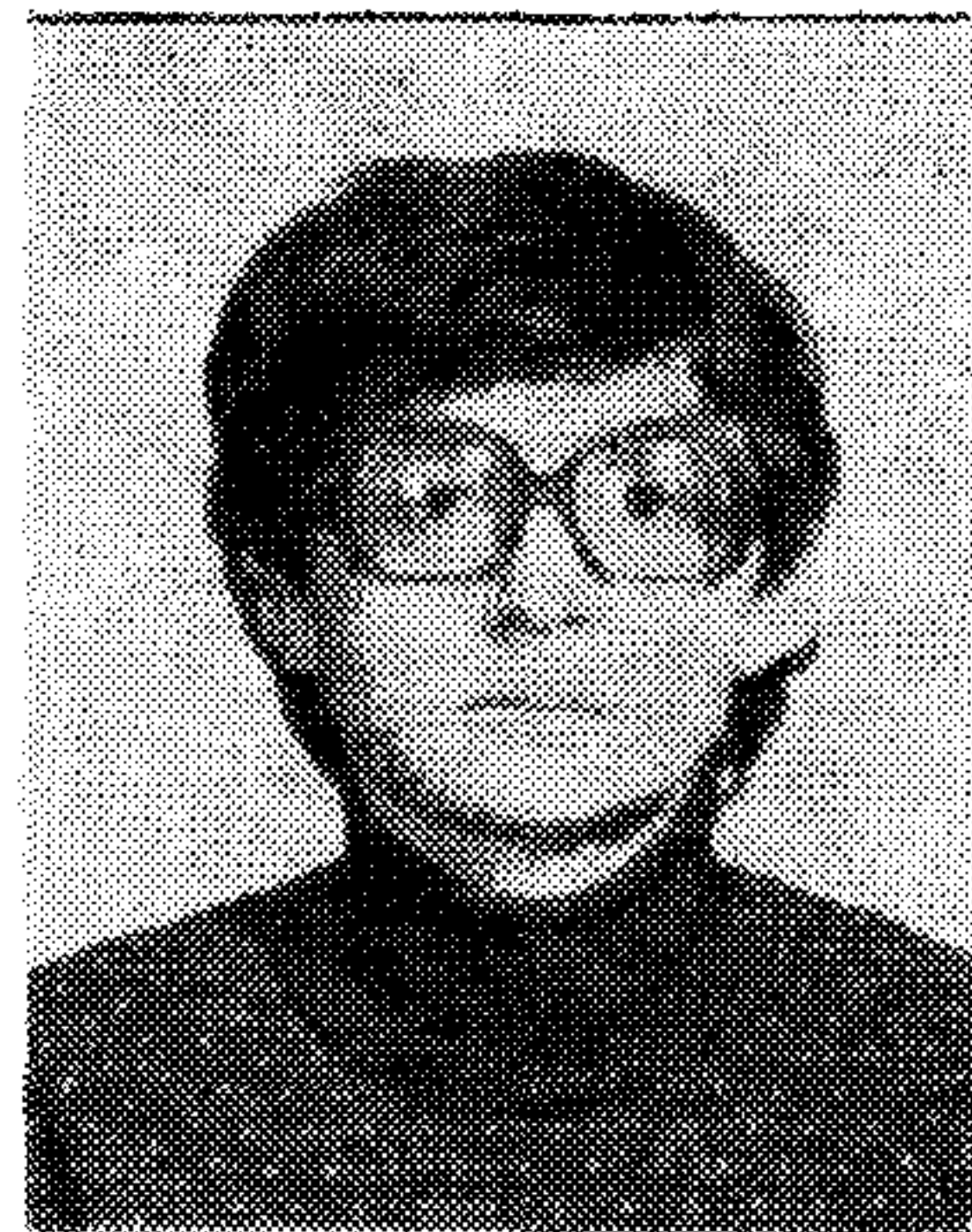
(*Prodinform tájékoztató*, VHi 316)

(*Folytatás a 359. oldalon*)



# Nikkel vékonyréteg ellenállások előállítása kémiai redukciós eljárással

DR. BESSENYEI GÁBORNÉ —  
DR. ZSOLDOS BÉLA — MEV  
GESZTI TAMÁSNÉ — MFKI\*



DR. BESSENYEI  
GÁBORNÉ

A Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán 1973-ban végzett. 1978-ban korróziós szakmérnöki diplomát szerzett, 1982-ben védte meg

a nikkel vékonyréteg ellenállások előállításáról és vizsgálatáról írt doktori értekezését. 1976 óta a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben, majd jogutódjánál a Mikroelektronikai Vállalatnál dolgozik.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Áram nélküli leválasztással készült amorf Ni-P filmet készítettek. Vizsgálták a kerámia és üveg hordozóra leválasztott ellenállásrétegek elektromos tulajdonságait (négyzetes ellenállás és hőmérsékleti együttható). Vizsgálták a rétegek szerkezetét transzmissziós elektrodiffrakcióval. Összefüggést találtak a szerkezet és az elektromos tulajdonságok között. Vizsgálták továbbá a különböző hőmérsékleteken végrehajtott hőkezelések hatását az ellenállásrétegek elektromos tulajdonságaira.

## Bevezetés

Vékonyréteg ellenállások előállítására az autokatalitikus kémiai redukciót az utóbbi tíz évben kezdték alkalmazni. Ez az eljárás a vákuumtechnikai módszerekkel összehasonlítva kedvezőbb, mivel nem igényel költséges vákuumberendezést, a fémleválasztás oldatból történik előzetesen aktivált hordozó felületére [1]. Mivel ellenállások előállítására csak rövid ideje alkalmazzák, kevés adat található az ily módon készített ellenállások tulajdonságairól, és alkalmazási lehetőségeiről. Ellenállásanyagként elsősorban a magas (>7%) foszfortartalmú nikkelötvözetek használhatók, mivel ezek amorf szerkezetük miatt viszonylag nagy ellenállásúak, s hőmérsékleti koeficiensük kicsi.

Bár az utóbbi években a nikkel—foszfor ötvözeteket kiterjedten vizsgálták, mégsem alakult ki általánosan elfogadott, egységes szemlélet fizikai tulajdonságaikat illetően. Az irodalomban ellentmondások találhatók a kristályszerkezet, valamint a hőkezelések hatására végbemenő változások leírásában [2–6]. A kémiai redukcióval előállított nikkel—foszfor ötvözetek homogenitása különböző lehet az előállítási körülményektől függően, s az inhomogén rétegek hőkezelés hatására történő átalakulása is eltérő [7].

Munkánk célja az autokatalitikus kémiai redukcióval előállított ellenállásrétegek tulajdonságainak és szerkezetének vizsgálata volt, a leválasztási körülmények, illetve a levegőn végzett hőkezelés függvényében.

## A minta készítése

Az ellenállásrétegeket üveg- és kerámiahordozón alakítottuk ki. Üveghordozóként „Spiegelglass” típusú üveget alkalmaztunk, melyet leválasztás előtt freonos zsirtalanítóban tisztítottunk. Kerámiahor-

dozóként 96% alumínium-oxidot tartalmazó vastagréteg áramkör gyártására használatos kerámialapka szolgált, melyet a leválasztás előtt lúgos eljárással tisztítottunk.

A hordozók aktiválását a hagyományos ón-klorid—palládium-klorid rendszerrel végeztük [1].

A nikkel ellenállásréteget a következő összetételű fürdőben választottuk le:

NiCl <sub>2</sub> ·6·H <sub>2</sub> O	45 g/l
NH <sub>4</sub> Cl	50 g/l
Na-citrát (Na <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> · $\frac{1}{2}$ H <sub>2</sub> O)	10 g/l
NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	11 g/l

A fürdő hőmérséklete 65 °C volt. A leválasztásokat üveghordozó esetén általában 30–45 s-ig, kerámiahordozón általában két percig végeztük, kivéve, mikor az idő volt a vizsgált paraméter.

A réteg elektromos tulajdonságainak vizsgálatára a lemezek felületén vizsgáló ellenállás-hálózatot készítettünk. A kontaktusokat vákuumpárolgatóval alakítottuk ki a vékonyréteg ellenállásoknál szokásos módon maszkon keresztül történő párolgatóval. A kontaktusréteg egy vákuumciklusban felvitt hármas szendvicsréteg volt: 40–60 nm Ti, 60–80 nm NiCr, 250 nm Au.

A kontaktusokkal ellátott lapkákon a vizsgálati ellenállás-hálózatot fotolitográfias úton alakítottuk ki.

A fürdő paramétereinek hatását hasonló módon készült mintalemezekon tanulmányoztuk, a kontaktusok azonban kémiai redukcióval leválasztott nikkelrétegek voltak.

Az oldat paramétereinek hatását úgy vizsgáltuk, hogy az adott fürdő egy jellemzőjének változtatása mellett a többit változatlanul az eredeti értéken tartottuk. A réteg leválasztását minden vizsgálatnál eredeti, használatlan fürdőben végeztük.

Az oldat hőmérsékletét termosztáttal szabályoztuk ±0,1 °C-on belül. A fürdő pH-ját Radelkis gyártmányú OP-208 típusú pH-mérővel,

Beérkezett: 1984. II. 1. (Λ)

\* Angol nyelven megjelent a „Vacuum” c. folyóirat 33. kötetében (1/2. sz. 35. o.)



OP-08083 típusú pH érzékeny üvegelektroddal mértük.

A leválási sebességet számítással határoztuk meg az egy óra alatt leválasztott réteg tömegének és a felület nagyságának ismeretében.

A réteg foszfortartalmát kétféle módszerrel határoztuk meg. A JEOL-JSM 35 típusú pásztázó elektronmikroszkópra kidolgozott foszformeghatározási módszerrel történt a réteg felületi foszfortartalmának meghatározása. A koncentrációt különböző korrekciókat figyelembe vevő számítógépes program segítségével határoztuk meg, mintegy  $1 \mu\text{m}^3$  gerjesztett térfogatban.

A minták átlagos foszfortartalmának meghatározása kolorimetriás módszerrel, Labor MIM gyártmányú Contiflo folyamatos automata analizáló műszerrel történt.

A foszfortartalom meghatározásához a réteget egy órán keresztül választottuk le a kerámiahordozó felületére. Az oldatból történő meghatározáshoz a réteget 1:1 salétromsavban oldottuk fel.

### Vizsgálati módszerek

Az ellenállásmérést „SOLATRON 7065 MICRO-PROCESSOR VOLTMETER” típusú műszerrel végeztük. A mért értékből a négyzetes ellenállást az

$$R_{\square} = R \frac{1}{d}$$

A hőmérsékleti koefficiens meghatározásához az ellenállást állítható hőmérsékletű, fűthető mintatartóban mértük. Az oldat paramétereinek hatását  $250^{\circ}\text{C}$ -on 5 órás hőkezelés után az elektromos paraméterek mérésével határoztuk meg.

A réteg szerkezetének vizsgálatát JEOL-100U típusú transzmissziós elektronmikroszkóppal  $100 \text{ kV}$  gyorsító feszültség mellett végeztük. Ebben az esetben nikkelrétegeket platina rostélyra párologtatott amorf  $\text{SiO}_x$  rétegre választottunk le.

A hőkezelés hatására létrejövő változások vizsgálatára  $120^{\circ}\text{C}$ -tól  $300^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő tartományban különböző hőmérsékleteken levegőn hőkezeltük a korábban ismertetett módon készített ellenállásokat, s folyamatosan mértük a réteg ellenállását. Valamennyi vizsgálatnál a hőkezelési hőmérsékletre fel-fűtött kemencébe helyeztük a vizsgálati mintát.

### Kísérleti eredmények és értékelésük

A fürdő paramétereinek hatását kerámiahordozón vizsgáltuk. Az ellenállás tulajdonságait a leválasztási paraméterek közül elsősorban a hőmérséklet, a pH és a leválasztás ideje befolyásolták.

A fürdő pH-jának változása sósav, illetve ammónium-hidroxid oldat adagolásával történt.  $\text{pH} < 3$ -nál összefüggő réteget nem tudtunk leválasztani,  $\text{pH} = 6$  és  $\text{pH} = 8$  között az ellenállásréteg leválasztására alkalmazott két perc alatt összefüggő réteg nem vált le, hosszabb idő alatt kékes színű, porszerű, rosszul tapadó bevonat jött létre. Az előbbi oka valószínűleg az, hogy savas közegben a réteg feloldódik, míg  $\text{pH} = 6$ -nál csökken a nikkel-foszfit oldhatósága, s ez



DR. ZSOLDOS BÉLA

1969-ben végzett az ELTE TTK vegyész szakán. 1970-ben védte meg egyetemi doktori disszertációját. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetnél, majd jogutódjánál a Mikroelektronikai Vállalatnál dolgozott félvezetők, nyomtatott huza-lozású lemezek, majd vékonyréteg hibrid integrált áramkörök anyagvizsgálati és technológiai problémán. Jelenleg a MEV Hibridáramkör

Szakágazat, vékonyréteg technológiai főosztályán osztályvezető.

### GESZTI TAMÁSNE

A Moszkvai Állami Lomonoszov Egyetemen végzett 1969-ben fizikusként. Először az Egyesült Izzólámpa és Vill. Rt. Kutató Intézetében, majd 1977-től az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében dolgozik tud. munkatársként. Szakterülete a vékonyrétegek elektronmikroszkópos vizsgálata.



részben az oldat bomlását okozhatja, részben durva bevonathoz vezet. Amikor a pH értéke 8 fölé emelkedett, intenzív rétegleválás indult meg. A következőkben bemutatjuk az ellenállásréteg elektromos tulajdonságait az oldat pH-jának függvényében. A réteg leválasztása kerámiahordozón,  $65^{\circ}\text{C}$ -on, két percig történt az ismertetett összetételű fürdőben.

Az oldat pH-jának hatása az ellenállásréteg tulajdonságaira ( $65^{\circ}\text{C}$ , 2 perc, kerámiahordozó)

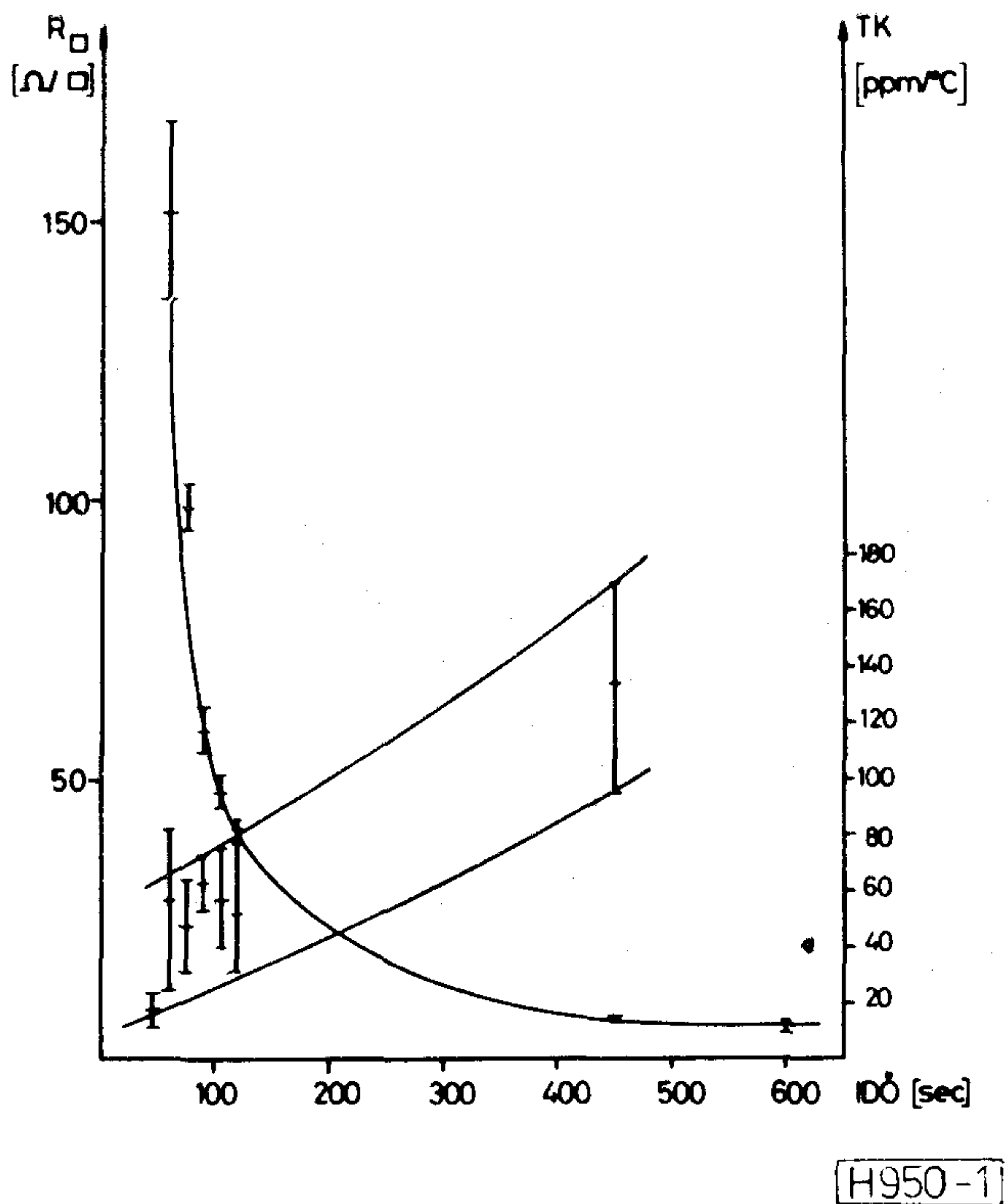
pH	Négyzetes ellenállás ( $\Omega/\square$ )	Hőmérsékleti együttható (ppm/ $^{\circ}\text{C}$ )
3,4	$95,8 \pm 9$	$27 \pm 8$
4,3	$38,3 \pm 3$	$75 \pm 17$
5,3	$21,8 \pm 1,6$	$182 \pm 57$
8,2	$1,8 \pm 0,08$	$1799 \pm 200$
8,9	$1,8 \pm 0,18$	$1539 \pm 200$

Látható, hogy a réteg ellenállása a pH növekedésekor csökken. Ennek oka a leválási sebesség növekedése lehet, mivel autokatalitikus kémiai redukció esetén a leválási sebesség a pH növekedésével nő [1].

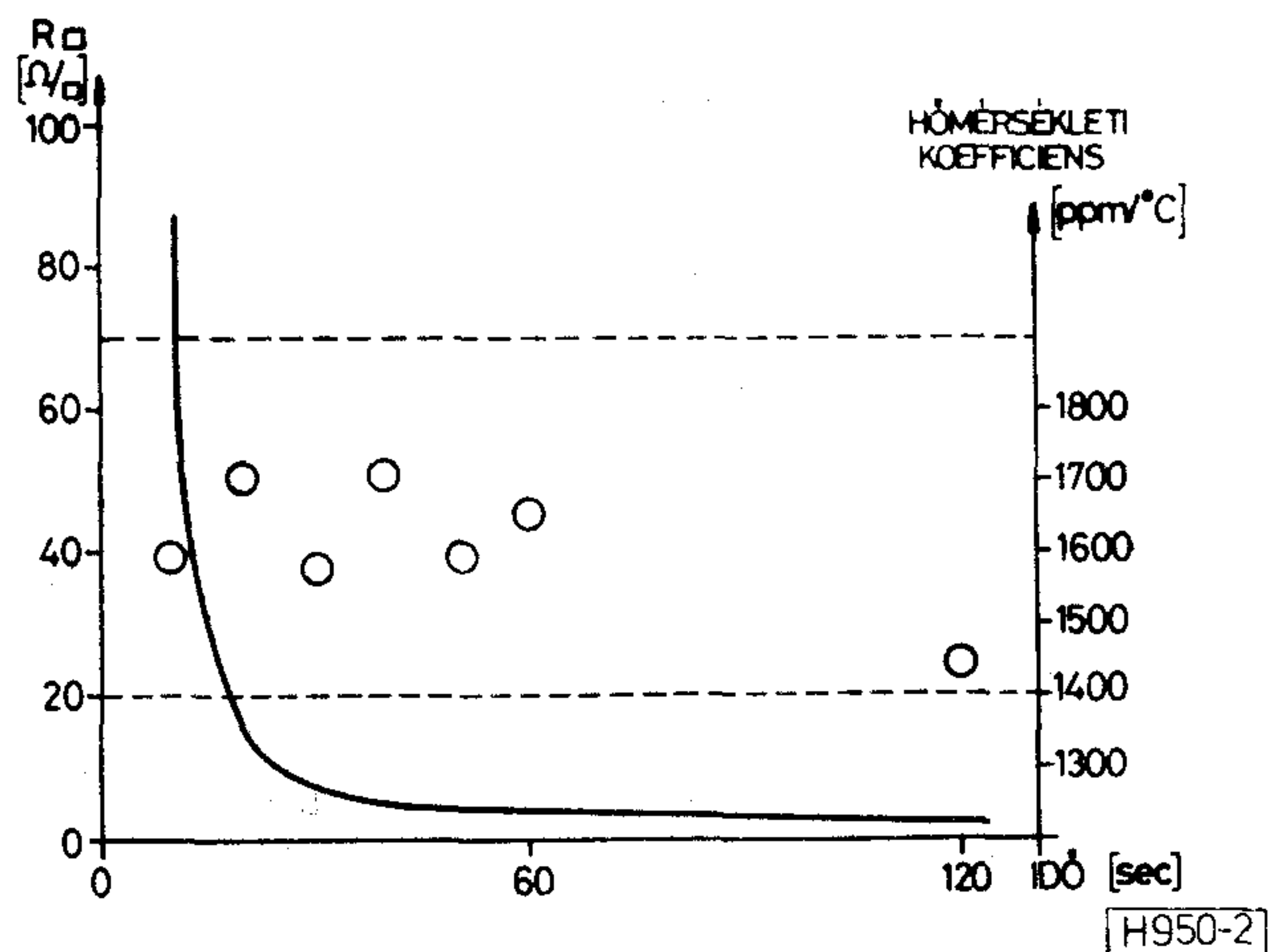
Meglepő a hőmérsékleti koefficiens nagymértékű emelkedése, amely a  $\text{pH} = 9$  környékén leválasztott réteg esetén már a fémek hőmérsékleti koefficiensének tartományában van. A kisebb ellenállásrétegek esetén a hőmérsékleti koefficiens mérésének hibája nagyobb, ezért különböző ideig végzett leválasztásokkal vizsgáltuk, hogy a hőmérsékleti koefficiens változása csak a rétegvastagság növekedésének tulajdonítható-e.

Az 1. ábrán mutatjuk be a  $\text{pH} = 4,3$ ; a 2. ábrán pedig a  $\text{pH} = 8,2$  esetén leválasztott ellenállásrétegek elektromos paramétereinek változását a leválasztási idő függvényében. Mind savas, mind lúgos oldat ese-





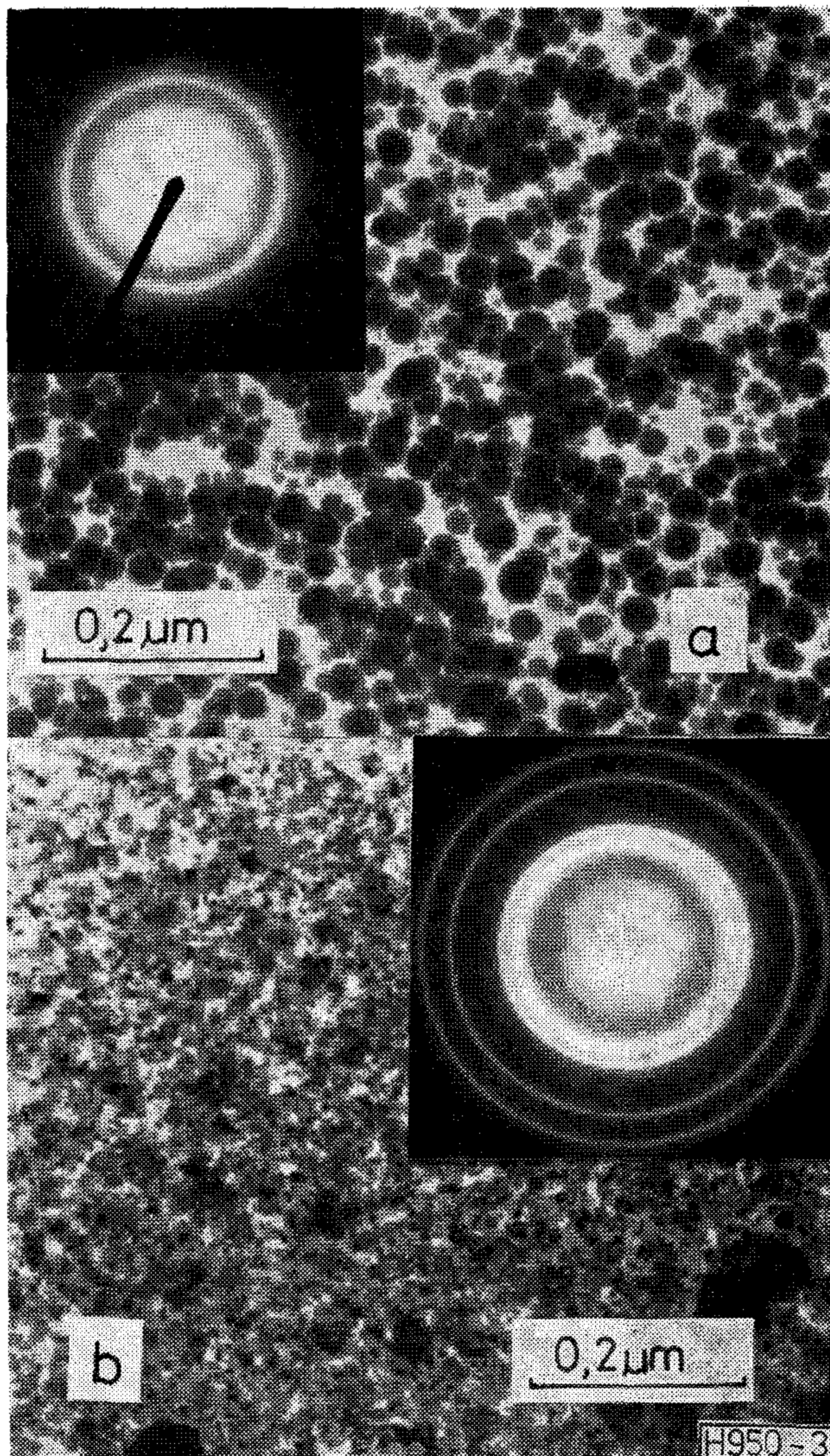
1. ábra. Nikkel ellenállásrétegek elektromos ellenállása és hőmérsékletioefficiense a leválasztási idő függvényében pH = 4,3 esetén



2. ábra. Nikkel ellenállásrétegek elektromos ellenállása és hőmérsékletioefficiense a leválasztási idő függvényében pH = 8,2 esetén

tén a leválasztott ellenállás nagysága a leválasztás idejének növelésével csökken. Az értékek szórása rövidebb idők, azaz nagyobb ellenállások esetén nagyobb. Ez a rétegépülés mechanizmusával jól értelmezhető. Autokatalitikus kémiai redukció esetén az aktiválás során göcök jönnek létre, amelyek a réteg kialakulása folyamán növekszenek, fokozatosan egybeolvadnak és összefüggő réteggé alakulnak.

Az 1. és 2. ábra összehasonlítása azt mutatja, hogy a lúgos tartományban leválasztott ellenállásrétegek nagy hőmérsékletioefficiense a nagyobb ellenállásértékeknél is a fémek hőmérsékletioefficiensének tartományában marad, a savas közegben



3. ábra. Savas (a) és lúgos (b) pH-tartományban leválasztott ellenállásrétegek TEM felvétele és elektron-diffrakciója (150 000×-es nagyítás)

leválasztott ellenállásrétegek esetén viszont nem éri el ezt a tartományt, még egészen alacsony ellenállások esetén sem.

A savas és lúgos oldatokból leválasztott rétegek transzmissziós elektronmikroszkóppal végzett vizsgálatok a rétegek szerkezete eltérőnek bizonyult. A savas tartományban leválasztott réteg amorf, míg a lúgos tartományban leválasztott réteg kristályos jelleget mutat, amint az a 3. ábrán látható.

Annak meghatározására, hogy mi okozza ezt a szerkezeti különbséget, megvizsgáltuk a réteg foszfortartalmát az oldat pH-jának függvényében. A foszfortartalom mindkét meghatározási módszerrel azonosnak adódott.

A rétegek foszfortartalmának változása az oldat pH-jának függvényében (65 °C, kerámiahordozó)

pH	Foszfortartalom (%)
3,5	10,7
4,4	10,3
5,9	5,1
8,2	2,5



Látható, hogy a foszfortartalom a pH növelésekor csökken. A foszfortartalom hatása nagyon jelentős az ellenállás hőmérsékleti koefficiensének kialakulásában, mivel a réteg szerkezetét, s így az ellenállás tulajdonságait ez határozza meg. Eredményeink összhangban vannak az irodalmi adatokkal, amelyek szerint a 7%-nál több foszfort tartalmazó réteg amorf jellegű, míg a kevesebb foszfort tartalmazó rétegek polikristályosak [8]. Ez a szerkezeti különbség ad magyarázatot a hőmérsékleti koefficiens eltérésére is. A polikristályos fémes jellegű rétegnek nagy pozitív hőmérsékleti koefficiense van, míg az amorf rétegben az elektronok vándorlása nehezebb, ezért a hőmérséklet emelésének hatására kevésbé változik meg az ellenállásuk, kisebb a hőmérsékleti koefficiens.

Az elektromos tulajdonságokat a leválasztás hőmérséklete is befolyásolja. A leválasztás hőmérsékletének hatását 55 °C és 90 °C között vizsgáltuk. 55 °C alatt összefüggő réteg nem volt leválasztható.

Az ellenállásértékek a hőmérséklet emelkedésével csökkennek, amint ezt a 4. ábra mutatja. Az autokatalitikus kémiai redukció sebessége — mint a kémiai folyamatoké általában — erősen függ a hőmérséklettől. Az ellenállás-csökkenés ezért a leválási sebesség növekedésének tulajdonítható.

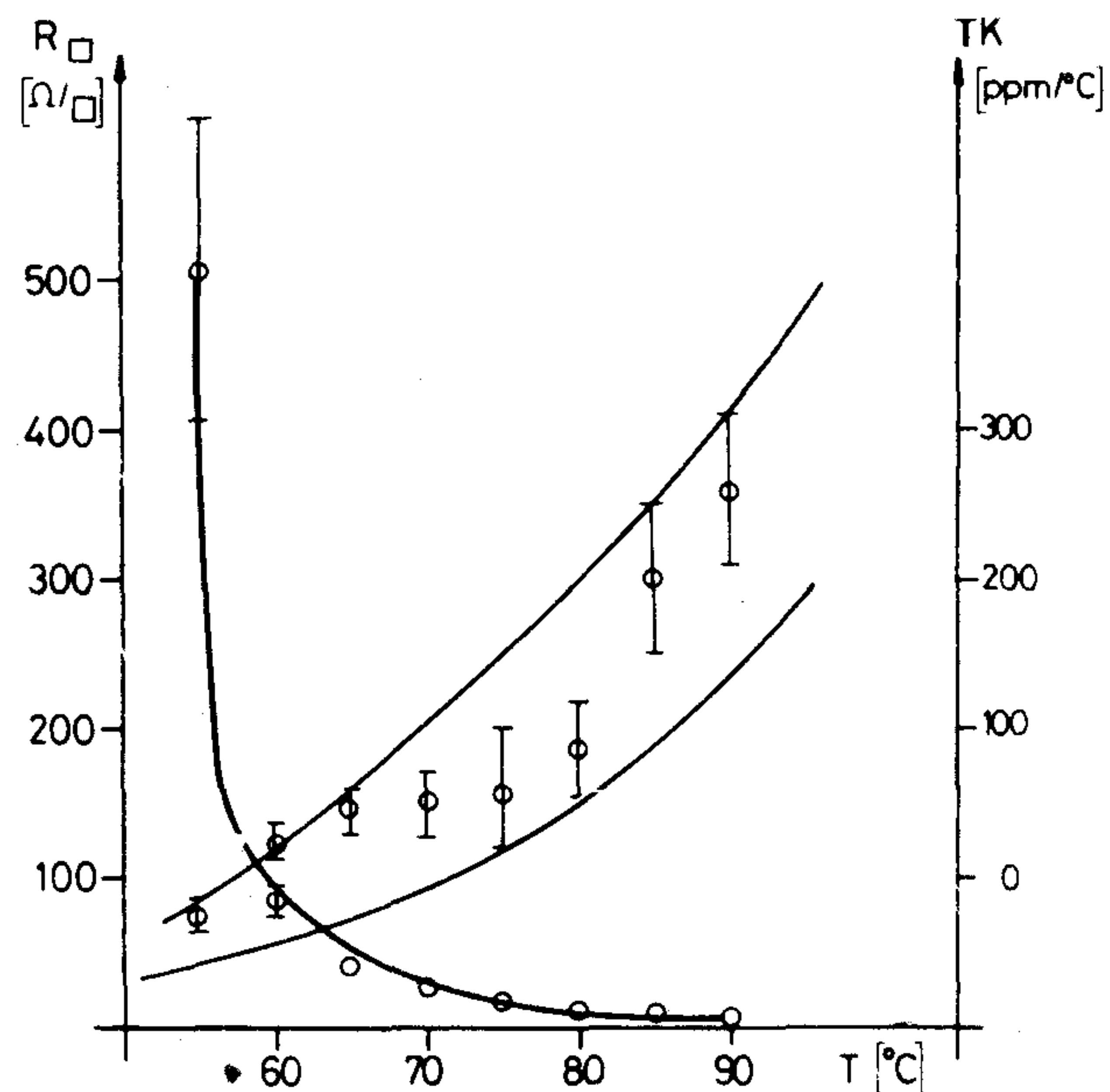
A 4. ábrából jól látszik, hogy a hőmérsékleti koefficiens kezdetben negatív, majd pozitív értékű lesz, s a leválasztás hőmérsékletének emelésével növekszik. A hőmérsékleti koefficiens kezdeti negatív értékét okozhatja az is, hogy a réteg még nem teljesen összefüggő, hanem szigetes szerkezetű, s a szigetes szerkezetű rétegek esetén tapasztalható negatív hőmérsékleti koefficiens [9]. A rétegek foszfortartalmának vizsgálata azt mutatta, hogy a foszfortartalom kismértékben csökken (12,5%-ról 9%-ra) a hőmérséklet növekedésével. A foszfortartalom csökkenése is okozhatja a hőmérsékleti koefficiens növekedését, bár állandó foszfortartalom mellett a rétegvastagság növekedése is pozitív irányba tolja el a hőmérsékleti koefficiens értékét, amint ezt a savas pH-nál különböző ideig leválasztott rétegek esetén láthattuk.

Vékonyréteg ellenállások jellemzésére az elektromos terhelés és hőkezelés hatására létrejövő változásokat szokták mérni. Vizsgálataink során különböző hőmérsékleteken (150 °C, 200 °C, 250 °C és 300 °C-on) különböző ideig hőkezeltük az ellenállásokat, és folyamatosan mértük a hőkezelés során tapasztalható ellenállás-változást.

Az 5. ábrán mutatjuk be az üveghordozóra leválasztott nikkell ellenállásréteg hőkezelés hatására létrejövő ellenállás-változását a hőkezelési idő függvényében. A hőkezelés 150 °C, 200 °C, 250 °C, 300 °C-on történt. Az ordinátán a relatív ellenállás-változás látható ( $R/R_0\%$ ), az abszcisszán pedig a hőkezelés ideje logaritmikus léptékben.

A különböző hőmérsékleten végzett hőkezelések során kapott görbék összehasonlításából látható, hogy a hőkezelés hatására létrejövő változások jellege hasonló.

A hőkezelés első öt–tíz percében a minta felveszi a hőkezelő tér hőmérsékletét. Ebben a periódusban, melynek időtartama a hőmérséklet emelésével csök-



H950-4

4. ábra. Az ellenállásréteg elektromos tulajdonságai a leválasztás hőmérsékletének függvényében

ken, a minta pozitív hőmérsékleti együtthatója miatt ellenállás-növekedés tapasztalható. Ezt a rövid szakaszt, amely a logaritmikus időtengely következtében nem mindegyik görbén jelenik meg, ellenállás-csökkenéssel járó szakasz követi. Egy minimum elérése után az ellenállás ismét emelkedni kezd. Később újra ellenállást csökkentő folyamat kerül előtérbe, s az ellenállás-maximum elérése után ismét csökkenni kezd, s végül közel állandó értéket ér el.

A 200 °C-os, vagy annál alacsonyabb hőmérsékletű hőkezelések esetén csupán a hőkezelési görbe első két szakasza (a kezdeti ellenállás-emelkedés és -csökkenés) tapasztalható, a harmadik, illetve negyedik szakasz csupán a 250 °C és 300 °C-os hőkezelés esetén jelentkezett a 100 óránál rövidebb hőkezelési periódusokban.

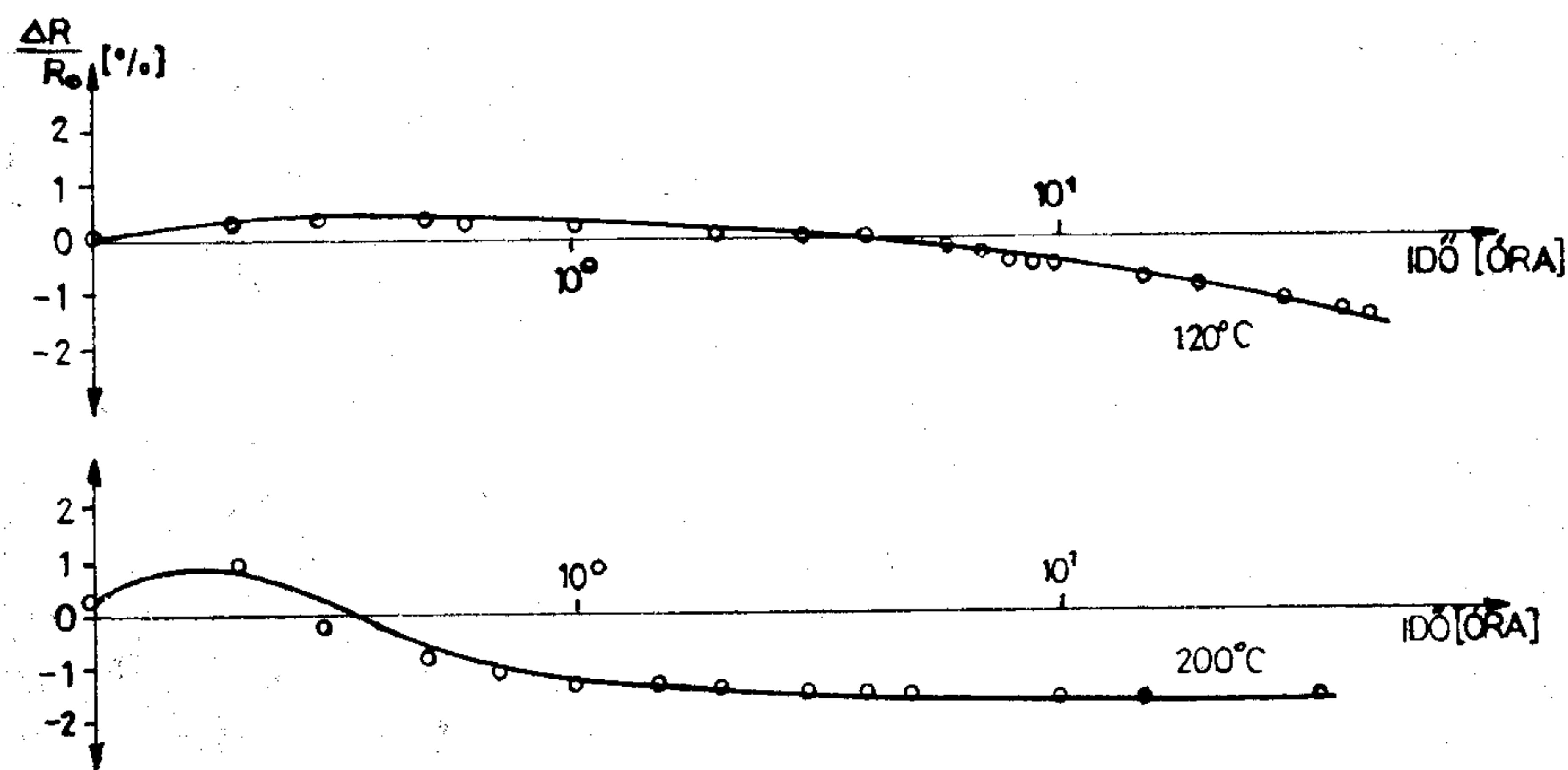
A görbe különböző szakaszainak megfelelő folyamatok tanulmányozása céljából 300 °C-on különböző ideig végzett hőkezelések után transzmissziós elektronmikroszkóppal felvételeket készítettünk. A réteget 45 sec alatt választottuk le (6. ábra). (A betűjelek a hőkezelési görbe megfelelő pontjaival azonos ideig végzett hőkezeléseket jelentik.)

A TEM és az elektrondiffrakciós felvételek alapján a hőkezelési görbe különböző szakaszain lezajló folyamatokat azonosítani lehetett.

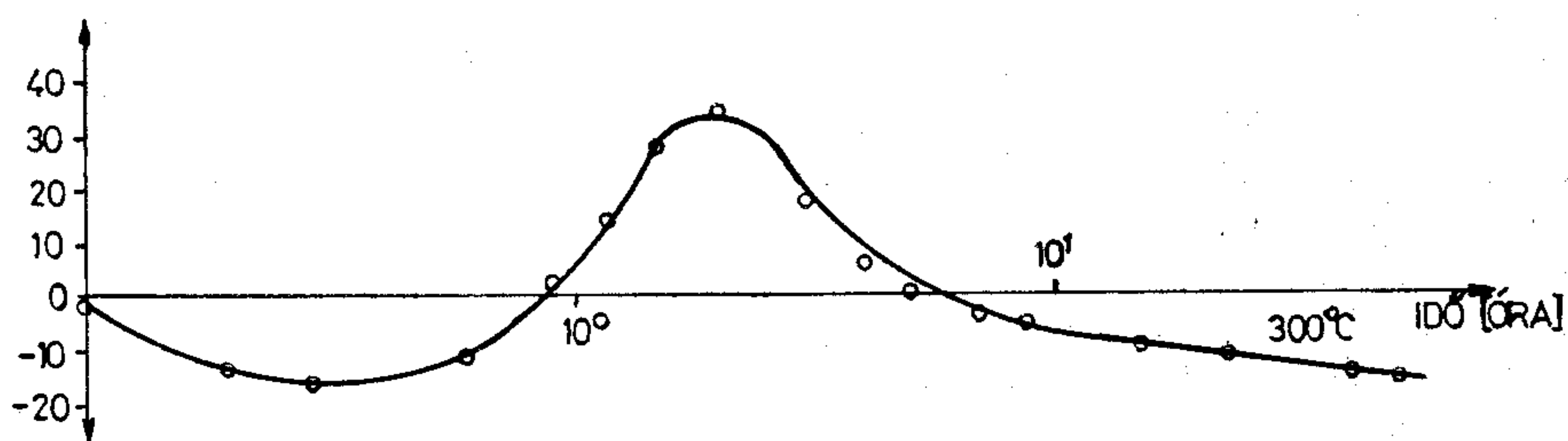
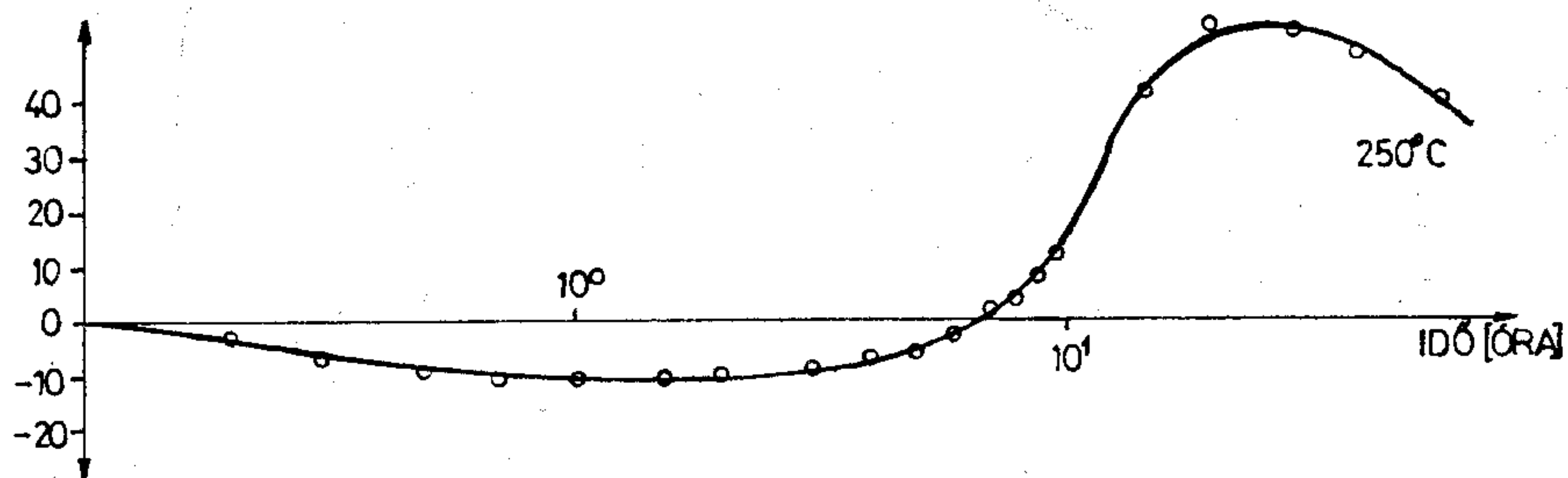
A kiindulási réteg amorf szerkezetű, ahol a réteg szabálytalan alakú, mintegy 20–24 nm átmérőjű szigetektől áll, a szigetek sűrűsége nem egyenletes. Kezdetben semmi nem utal vegyületfázis jelenlétére.

A hőkezelés első két szakaszában (kezdeti ellenállás-emelkedés, majd ellenállás-csökkenés) nem figyelhető meg szerkezeti változás.





a,



b,

H950-5

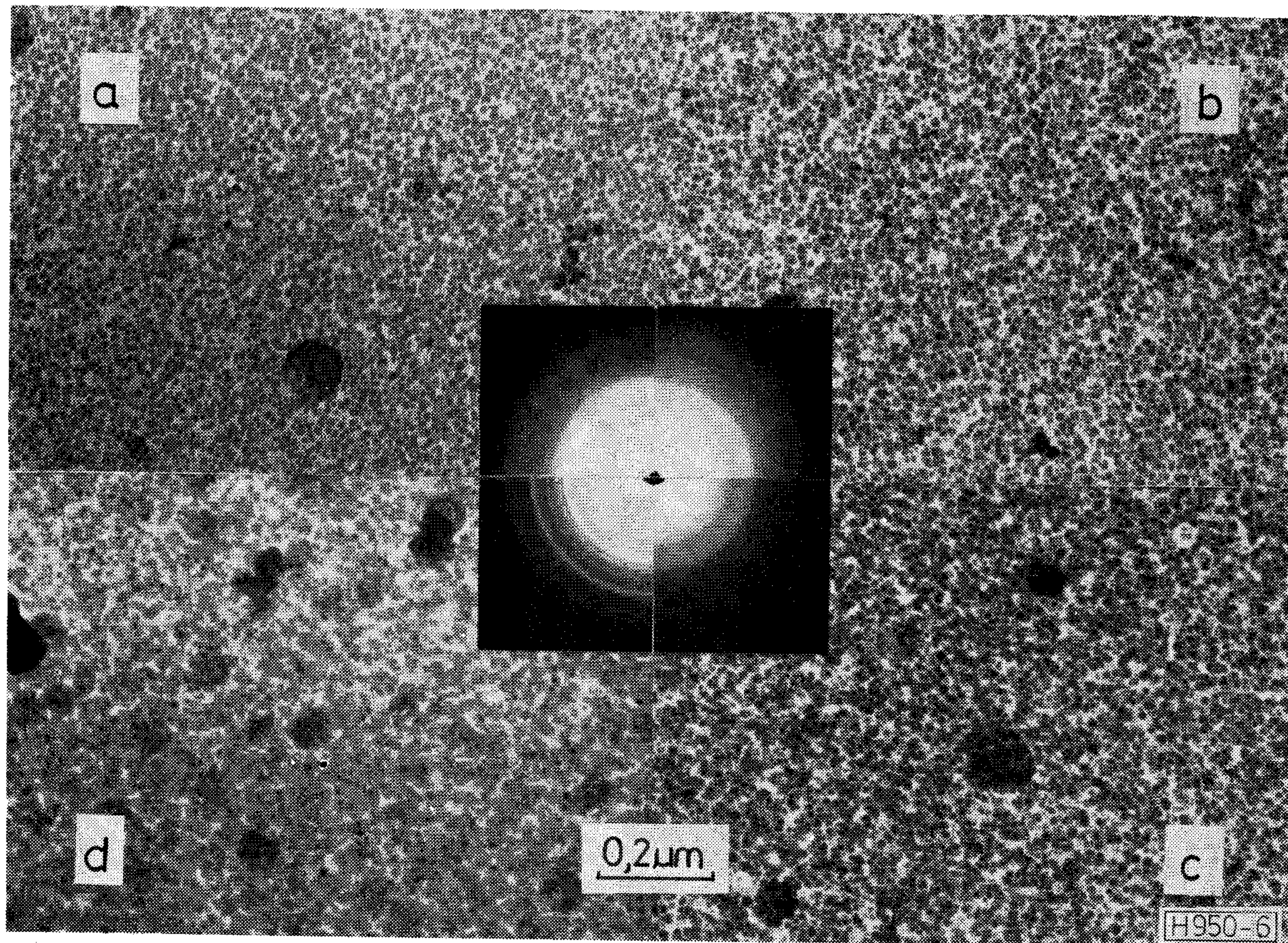
5. ábra. Üveghordozóra leválasztott ellenállsrétegek relatív ellenállásváltozása a hőkezelési idő függvényében

Az ellenállás-csökkenés valószínűleg a leválasztás során kialakult feszültségek csökkenésének, a hibahelyek átrendeződésének következménye, ami transzmissziós elektronmikroszkóppal nem mutatható ki.

Az ellenállásgörbén a következő emelkedő szakaszt a réteg oxidálódása okozza (6b ábra). A réteg továbbra is szigetes szerkezetű, de részben oxidálódott. Ezt a diffrakciós felvételen az oxidfázis megjelenése mutatja. A diffrakciós felvételen még egy harmadik fázisra utaló halvány pontozott reflexió is megjelenik a nikkelt és a nikkelt-oxidnál nagyobb szemcsésű kristályok formájában. Ez azt mutatja, hogy az

oxidáció mellett megindul egy másik folyamat is, a Ni-P kristályos vegyületfázis kiválása. A vegyületfázis kiválása ellenállás-csökkenést okoz [10], s e folyamat előtérbe kerülése miatt az ellenállásgörbe ismét csökkenni kezd. A hőkezelés idejének további növelésével az amorf nikkelt fázis mennyisége fokozatosan csökken (6c ábra), a másik két fázis mennyisége pedig növekszik, s végül a réteg nikkelt-oxidból és a korábban harmadik fázisként megjelent (6d ábra) kristályos fázisból áll. Az ellenállásgörbén ez a folyamat az ellenállás-csökkenés lassulásában mutatkozik meg. A hőkezelés folyamán az amorf





6. ábra. Nikkelréteg TEM felvétele és elektrondiffrakciója 300 °C-on különböző ideig végzett hőkezelések után (a, b, c, d). A hőkezelések ideje: a) 20 perc, b) 70 perc, c) 100 perc, d) 20,5 óra (150 000×-es nagyítás)

nikkel fázis fokozatosan átalakul nikkell-oxiddá és Ni–P vegyületfázissá. A görbe utolsó vizsgált szakaszán, ahol az ellenállás-változás már csak kis-mértékű, nem mutatható ki amorf nikkell fázis, csak aprószemcsés kristályos nikkell-oxid és nagyobb kristályok formájában jelenlevő Ni–P vegyületfázis. Ez azt jelenti, hogy az ellenállás-csökkenés addig folytatódik, míg az amorf nikkell fázis el nem használódik a fenti folyamatokra.

A hőkezelés utolsó szakaszán (6d ábra) a diffrakciós felvételeken az összefüggő, kicsit diffúz gyűrűkből álló rendszer felel meg az aprószemcsés, kristályos nikkell-oxid fázisnak.

A pontozott — tehát kevés nagyobb szemcséjű kristályokra utaló — gyűrűkből kapott rácsállandók alapján nem határozható meg egyértelműen a kialakult kristályos fázis összetétele, mivel a különböző összetételű vegyületek, pl. a  $\text{Ni}_3\text{P}$ , a  $\text{Ni}_5\text{P}_2$  és a  $\text{Ni}_7\text{P}_3$  rácsállandói az elektrondiffrakció pontatlanságát figyelembe véve nagyon közel esnek egymáshoz. Hasonló módon előállított rétegek vákuumban végzett hőkezelése során  $\text{Ni}_3\text{P}$  és  $\text{Ni}_5\text{P}_2$  egykristályok alakultak ki [11]. Ennek alapján valószínűsíthető, hogy levegőn végzett hőkezeléskor is ez a két kristályos vegyületfázis jelenik meg az oxid mellett.

A hőmérsékleti együttható változása a hőkezelési idő függvényében a következő:

A hőmérsékleti együttható (TK) változása a hőkezelési idő függvényében 250 °C-on és 300 °C-on végzett hőkezelés esetén

Hőkezelés ideje (óra)	Hőkezelés hőmérséklete	
	250 °C hőmérsékleti együttható (ppm/°C)	300 °C hőmérsékleti együttható (ppm/°C)
0	21	13
0,2	20	—
0,3	—	29
1	4	—
2,3	—	94
5	9	—
10	–13	—
17	–63	—
19	—	1248

A hőmérsékleti együttható változása jól alátámasztja a szerkezetvizsgálatokkal kimutatott változásokat. A hőkezelés kezdeti szakaszában a hőmérsékleti együttható csökken (ez a 250 °C-os hőkezelés esetén látszik jól), majd növekedni kezd. A hőmérsékleti együttható csökkenése az oxidáció hatásának tulajdonítható, a hőkezelési görbe maximumának elérése után tapasztalható növekedés pedig a szerkezetvizsgálatokkal kimutatott kristályos vegyületfázis kialakulásának következménye. Ebben a tartományban a hőmérsékleti együttható értéke eléri a kristályos anyagokra jellemző magas értéket.

### Összefoglalás

Vékonyréteg ellenállások készítésére alkalmas módszert dolgoztunk ki kémiai redukciós eljárás alkalmazásával. Az e módszerrel kapott rétegek jól tapad-



nak üveg- és kerámiahordozón. Előállításuk viszonylag egyszerű és olcsó, mert vákuumberendezést nem igényelnek, ellentétben a legtöbb vékonyréteg előállítási módszerrel.

Kísérleteinkben az autokatalitikus kémiai redukcióval előállított nikkel ellenállásréteg tulajdonságait vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy az elektromos tulajdonságokat elsősorban a következő paraméterek határozzák meg: az oldat pH-ja, a leválasztás ideje és a leválasztási hőmérséklet.

A réteg szerkezete a leválasztás pH-jától — azaz a réteg foszfortartalmától függően változik, mégpedig savas oldatból magas (>7%) foszfortartalmú amorf réteg, lúgos oldatból pedig alacsony foszfortartalmú (<7%) polikristályos réteg válik le. A réteg szerkezete az elektromos tulajdonságokat is meghatározza.

A leválasztás ideje a réteg vastagságát, s így a négyzetes ellenállását határozza meg.

A leválasztás hőmérséklete a réteg leválási sebességét, valamint foszfortartalmát befolyásolja.

Vizsgáltuk az ellenállásrétegek viselkedését különböző hőmérsékleten végzett hőkezelések hatására. A hőkezelés során lejátszódó szerkezeti átalakulásokat transzmissziós elektronmikroszkóppal és elektron-diffrakcióval követtük. Az ellenállásgörbe a hőkezelés folyamán szakaszokra osztható, melyeken egyidejűleg különböző folyamatok játszódnak le.

Kezdetben csökken az ellenállás, ez a mechanikai feszültségek csökkenésének, a hibahelyek átrendeződésének következménye, az ezt követő ellenállás-növekedés oxidáció hatásának tulajdonítható.

Az oxidációval egyidejűleg a Ni—P kristályos vegyületfázis kialakulása is elkezdődik, s ennek túlsúlyba kerülésével az ellenállás ismételen csökkenni kezd. Ez a folyamat addig tart, míg az amorf nikkel fázis el nem használódik a fenti folyamatokra. Az ellenállás hőmérsékleti koeficiensének változása is magyarázható ezekkel a folyamatokkal.

## I R O D A L O M

- [1] Goldie, W.: „Metallic Coating of Plastics”. Vol. I. p. 39. Electrochemical Publications Ltd. Middlesex (1968).
- [2] Bagley, B. G., Turnbull, D.: J. Appl. Phys. 39, 5681 (1968).
- [3] Randin, J. P., Maire, A. P., Saurer, E. and Hinterman, H. E.: J. Electrochem. Soc. 114, 442 (1967).
- [4] Schlesinger, M. and Marton, J. P.: J. Phys. Chem. Solids, 20, 188 (1968).
- [5] Vafaei-Makhsos, E., Thomas, E. and Tóth, L. E.: Metallurgical Transaction, 9A, 1449 (1978).
- [6] Vafaei-Makhsos, E.: J. Appl. Phys. 51, (12), 6366 (1980).
- [7] Cziráki Á., Fogarassy B., Bakonyi I., Tompa K., Bagi T., Hegedűs Z.: KFKI — 34 — (1980).
- [8] Marton, J. P., Schlesinger, M.: J. El. Chem. Soc. 115, 16 (1968).
- [9] Meissel, L. J., Glang, R.: Handbook of Thin Film Technology. McGraw-Hill Book Co. New York, 1970.
- [10] Cote, J. P., Meisel, L. V.: Phys. Rev. B.20, 3030 (1979).
- [11] Geszti O., Barna Á., Bessenyei E., Zsoldos B.: XII. Magyar Elektronmikroszkópos és Mikroanalízis Konferencia 1982. Eger.

(Folytatás a 352. oldalról)

Az MSZMP KB ipari osztályának jóváhagyásával a MTESZ a Szervezési és Vezetési Tudományos Társaságon belül létrehozta a „Vállalati kapcsolatok Együttműködése Munkabizottság”-ot, mely Székesfehérváron megrendezte „A vállalati együttműködés kérdései” rendezvénysorozat második tanácskozását, melynek témája: „Az együttműködés korszerűsítésének lehetőségei a termelői szolgáltatásoknál”.

A másfél napos rendezvény június 5-én kezdődött. A rendezvényt követően június 7-én délelőtt 9—13 óráig a Magyar Rádió félnapos FÓRUMOT rendezett, melyen a tanácskozás résztvevői kérdéseire az országos irányító szervek képviselői válaszoltak. A tanácskozáson az alábbi szolgáltatásokat vitatták meg:

- Ipari szolgáltatások.
- Építőipari szolgáltatások.
- Pénzügyi-banki szolgáltatások.
- Számítástechnikai szolgáltatások.
- Oktatás, továbbképzés.
- Posta, hírközlés, szállítás.
- Marketing mint szolgáltatás.
- K + F és műszaki tanácsadás.

A szolgáltatásokat abból a megközelítésből tárgyalták, hogy azok miként hatnak az iparra, az építőiparra, a belkereskedelemre, a külkereskedelemre, s magára a szolgáltatás minőségére.

A rendszer továbbképzés jellegű, így oktatási költséget terhel.

(SZVT tájékoztató, 1984. január)

A Szovjetunióban célprogramot hagytak jóvá, amelynek keretében a tizenegyedik ötéves tervidőszak

folyamán ki kell fejleszteni a harmadik generációs színes televíziók 25, 32 és 51 centiméteres képernyőjű modelljét, és meg kell kezdeni sorozatgyártásukat.

A célprogram a negyedik generációs színes tv-készülékek 51, 61 és 67 centiméteres képernyőjű három modelljének kifejlesztését és gyártásba vételét is előirányozza.

(Ekonomiceszka Gazeta, 1983. 21. szám)

1984. február 14. és 17. között Nyugat-Berlinben rendezték meg a 7. Európai Műszaki Távközlési kongresszust és a hozzá kapcsolódó kiállítást. A konferencia szekciói:

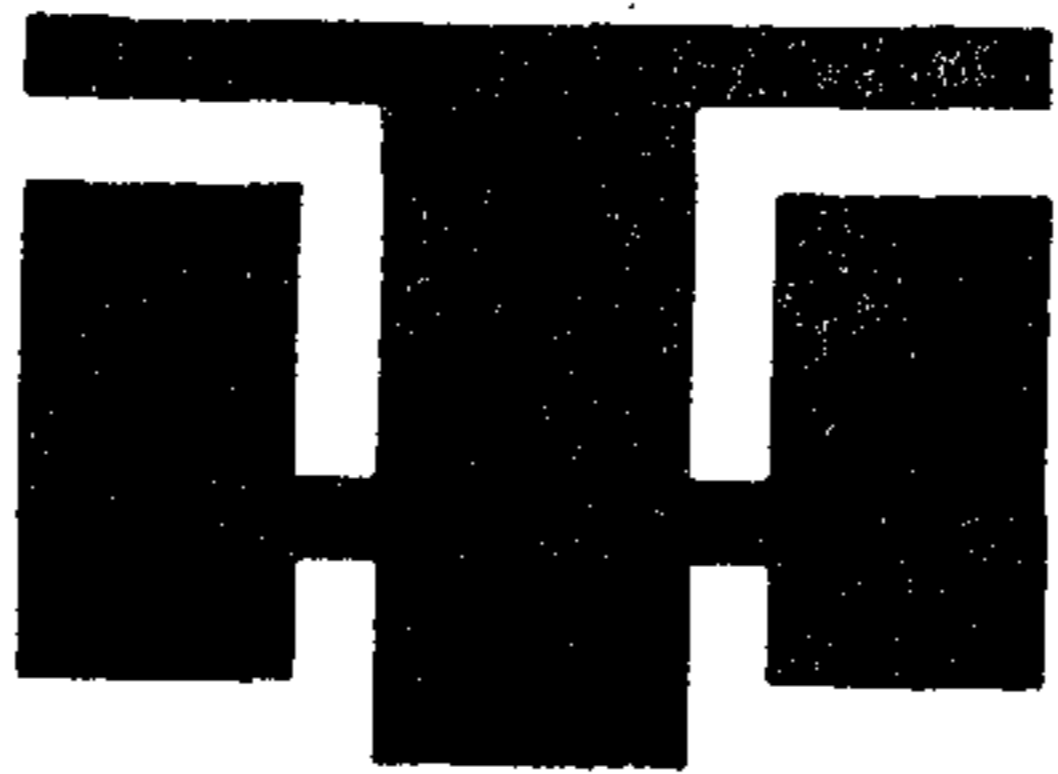
- Új információs és hírvitel technika kihívás a gazdasági vezetők számára.
- A CEPT szabványon alapuló második generációs Videotex.
- Ember—gép párbeszéd, mikroszámítógépek és helyi hálózatok.
- Integrált-, többfunkciós és nyitott irodai kommunikáció.
- Számítógépes tervező és gyártó (CAD, CAM) és grafikus rendszerek.
- Adathálózatok, a hálózatok kezelése és a postai szolgáltatások.

A kiállításon interaktív videotex rendszereket, irodai és mikroszámítógépeket, CAD és CAM hardvert és szoftvert, továbbá egyéb híradástechnikai és irodai hírközlő rendszereket mutattak be.

(On-line '84. Information Brochure)

(Folytatás a 382. oldalon)





# HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET

1519 BUDAPEST \* PF. 268. \* TEL.: 869-304 \* TELEX: 22-6151

## MIVIMAT FELÜGYELŐ KÉSZÜLÉK

A HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET egyik fő működési területe az alkalmazott televíziótechnika mérőműszereinek gyártása. A szövetkezet egyik új terméke a MIVIMAT automatikus ellenőrző készülék, mellyel műsoridő alatt szemmel lehet tartani a televíziós átviteli csatornák és berendezések üzemi paramétereit. A MIVIMAT készülék egyenfeszültségre konvertált üzemi adatokat (teljesítmény, hőmérséklet stb.) hangjeleket és videojeleket képes feldolgozni. A MIVIMAT készülék a videojelek ellenőrzésénél a függőleges képkioztási idő alatt beültetett mérőjelek (VITS) paramétereit méri. A VITS jelek létrehozására a Szövetkezet VITS generátort és VITS bekeverőt is gyárt.

Jelen cikk elsőknek a MIVIMAT készülékkel szemben támasztott követelményeket, majd a készülék működésének alapjait ismerteti, illetve néhány gyakorlati példán keresztül tájékoztatást ad a készülék alkalmazhatóságáról.

A cikk megjelenésének célja, hogy mind az üzemi, mind a kereskedelmi szakembereket megismertessük a MIVIMAT készülék elvi felépítésével és alkalmazás-technikai lehetőségeivel.

## A MIVIMAT KÉSZÜLÉKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A MIVIMAT készülék televíziós átviteli csatornák és berendezések üzemidő alatti ellenőrzésére készült. Ezt az ellenőrzési feladatot a készülék a hozzá vezetett kép és hang műsorjelek megfigyelésén keresztül végzi el. Kiegészítésként lehetőség van néhány olyan nagyon fontos üzemi paraméter ellenőrzésére is, amely az ellenőrzött ponton telepített berendezések normális üzemviteléhez feltétlen szükségesek.

Műsoridő alatt a modulációs jelek természetesen a műsorinformációt hordozzák, tehát pillanatról pillanatra változnak. A videocsatornák ellenőrzését a képtovábbítás számára szinte haszontalan képkioztási idő alatt beültetett különböző mérőjelek teszik lehetővé. Ezek a jelek az előfizetőket nem zavarják a műsor élvezetében, viszont mérőjel jellegüknek fogva alkalmasak a jelcsatornák üzemi paramétereinek ellenőrzésére. Arról van szó, hogy a csatornák bemenő pontjain, felügyeleti területek határain elvileg hibátlanok tekinthető mérőjeleket (VITS=Vertical Interval Test Signals) ültetnek a jelre, és a műsorjel

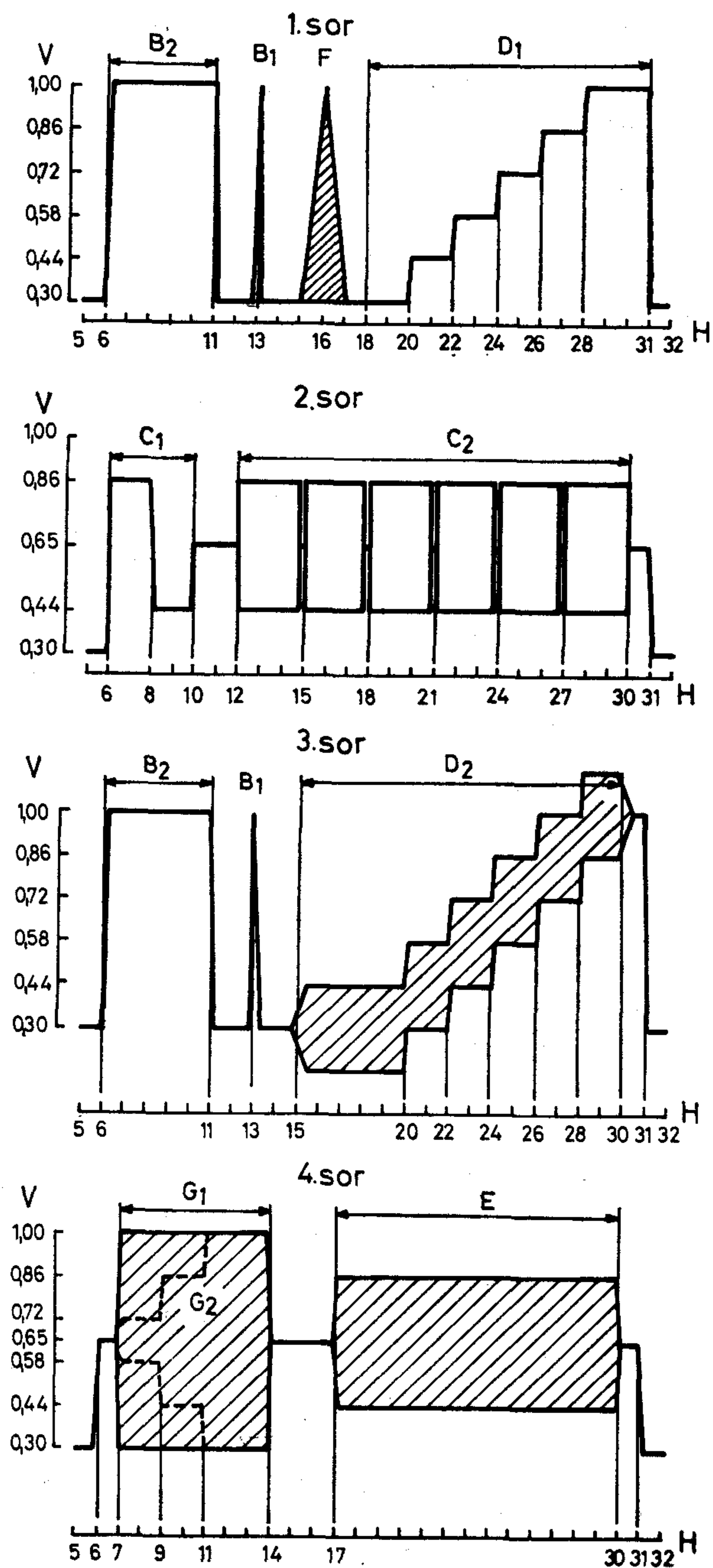
a mérőjelekével együtt halad tovább a csatornában. A csatorna nyomvonalán telepített erősítő, átjátszó stb. állomásokon ellenőrző készülékeket is lehet telepíteni. Ezek segítségével egy sok nyomvonalból álló területi rendszert lehet ellenőrizni, be lehet határolni a hibás vonalszakaszt és intézkedni lehet a kijavítás módját illetően. Nehezebb a helyzet a hangcsatorna ellenőrzésénél. A műsorhangjel ugyanis időben folytonos és az üzemi frekvenciasávba beültetett mérőjeleket az előfizetők azonnal meghallják. Itt egyedüli lehetőségként az marad, hogy magát a műsorjelet tekintjük mérőjelnek. Miután ez a jel véletlen változó, csakis valamilyen statisztikus megfigyelés lehet a vizsgálat alapja. Egyik lehetséges megoldási mód, hogy az egyes ellenőrzőpontokon a jelet több szűrő alkalmazásával kvázi a színeképre bontják, az egyes színeképcsatornában szintet mérnek, majd az egymást követő pontok mérési eredményeit összehasonlítva következtetéseket lehet levonni a közbezárt szakasz átviteli minőségére. A helyes értékelés alapja az, hogy az egyes pontokon a megfigyelés azonos jelidőben történjen, tehát szükség van egy szinkronizáló segédcsatorna kiépítésére, és figyelembe kell venni, hogy a jel véges sebességgel halad előre a csatornában. (Rohde-Schwarz: Audiodat System). Mai alkatrész-technológia alkalmazásával ez a módszer lényegében a valódi színeképelemzésig finomítható. Másik lehetséges megoldási mód, hogy olyan műsorjeleknél, ahol a mérőket nem zavarja, mérőjeleket ültetnek a hangcsatorna jelébe. Erre a célra kínálkozik a pontos időjelzés füttyjele, amikor is a füttyjel mellé második komponensként egy kisebb szintű, változó frekvenciájú letapogató jelet alkalmaznak. Ezzel a megoldással, ha nem is folyamatos, de pl. óránkénti ellenőrzést lehet megvalósítani (A SZU-ban alkalmazott módszer.)

## A videojel csatorna

A különböző európai televíziós szabványok azonos összetételű vizsgálosor-jeleket írnak elő. Ezek idődiagramja sematikusan az 1. ábrán látható. Az első sorjel a következő összetevőkből áll, a következő célra:

- a hosszabb impulzusidejű ( $B_2$ ) fehér sávjel (white BAR) a jelszint ellenőrzésére, ugyanis ez a szint tekinthető az előforduló legfehérebb (referencia) fehér szintnek; a jel tetőferdesége tájékoztatást ad a csatorna alacsonyfrekvenciás tulajdonságairól; a felfutó és lefutó él környe-





1. ábra. A négy vizsgálósor

zetében mutatkozó lengések tájékoztatást adnak a csatorna tranziens átviteli tulajdonságairól;

- a rövid idejű, ún. 2T impulzus spektruma kiterjed a teljes átviteli sávra, ennél a jelnél szinte integrálva jelentkezik minden átviteli hiba; a 2T jel amplitúdóját és az ún. félszélességét szokás számszerűen mérni, az elő- és utólengések értékelésére egy sablon módszer terjedt el (a sablon módszert a fehérsáv-jel különböző részleteinél is alkalmazzák);
- a közepes idejű ún. 20T jelet kitöltő színsegédvívó frekvenciás jel (4,433 618 75 MHz) spektruma, hasonlóan a 2T jeléhez, a színező segédcsatorna átviteli sávját fedi le; a 20T jel „talpát” szokás értékelni, ugyanis a hibátlan jelben

a világosság és a színezőjel komponens amplitúdója és alakja olyan, hogy ez a talp egyenes; a 20T jel lehetőséget ad a világosság és a színező csatorna közötti erősítés és késleltetési idő eltérés meghatározására;

- a 20T jelet követő egyenes szakasz a referencia fekete szint;
- az öt fokozatú lépcsőjel a világosságjel csatorna statikus nonlinearitásának ellenőrzésére szolgál; az egyes lépcsőugrások a kiindulójelben egyenlők, ha a csatornában az erősítés a szint függvényében változik, akkor az egyes lépcsőugrások el fognak térni egymástól.

A második sorjel az ún. multiburstjel. Ez rendre növekvő frekvenciájú, a bekeverés helyén azonos amplitúdójú szinuszjel csomagokból áll. A jel bevezető részét képező alacsonyfrekvenciás négyszögjel nagysága képviseli a referencia amplitúdót. A jel a csatorna frekvenciamenetének ellenőrzésére szolgál az egyes csomagok amplitúdóinak értékelésén keresztül.

A harmadik sorjel bevezető része azonos az első sorjellel, a 20T jel elmarad, a további lépcsőjel pedig egy kisebb szintű színsegédvívó-frekvenciás szuperponált jelet hordoz. Az utóbbi két komponensű jelszakasz a világosság és a színező csatorna kölcsönhatásának a vizsgálatára szolgál. A csatorna szintfüggő erősítése, késleltetési ideje esetén járulékos amplitúdó és fázismodulációt kap, amit a világosságjel egyidejű jelenléte váltott ki, ill. az egyes lépcsőszintek eltérést mutathatnak az első sor lépcsőszintjeihez képest, amit a színezőjel egyidejű jelenléte váltott ki. A szokásos mért paraméterek ennél a jelrészletnél a színsegédvívó frekvenciás komponens járulékos modulációja, az ún. statikus differenciális erősítés és az ún. statikus differenciális fázis hiba.

A negyedik sor világosságjele egy közepes szürke szintű állandó jel (ún. pedestal jel). A jel első része egy színsegédvívó-frekvenciás lépcsőjel, amely a színező csatorna statikus nonlinearitásának vizsgálatára, a jel második részében található hosszabb idejű színsegédvívó-frekvenciás impulzusjel a színcsatorna tranziens tulajdonságainak és alaperősítésének a vizsgálatára alkalmas.

Az ötödik sor jel, ami ugyan nem szerepel az ábrán, egy fekete szintű üres sor, amely a csatorna zajszintjének ellenőrzésére szolgál.

Ezek voltak a fontosabb vizsgálósor paraméterek, ezeken kívül még számos jelparamétert definiáltak és mérnek. A nemzetközi előírások (CCIR, Report 411) a területi szervezetekre bízják, hogy ott melyik jelparamétereket tartják fontosnak az üzem közbeni ellenőrzésnél, és melyeket alkalmazzák a mindennapi munkában. A MIVIMAT készülék fejlesztését a Magyar Posta és a Híradástechnika Szövetkezet közösen finanszírozta, ezért az értékelendő jelparaméterek tekintetében a Magyar Posta igényei voltak az irányadók. A készülék konstrukciójánál figyelembe kellett venni, hogy a jelparamétereket a kisugárzásra kerülő jelből demodulált videojelen is el kell végezni. A kisugárzott jelben a dinamikataromány felosztása más, mint az átviteli vonalakon, nevezetesen a normális szinkronjel amplitúdó kisebb a fehérsávjelhez képest, tehát kétféle normális szinkronjel amplitúdót kell bevezetni (42,86%, ill. 40,0%). Mérni



kell a modulációs mélységet is a mérő demodulátor ún. „null-impulzus”-a segítségével, vagyis azt, hogy a fehérsáv-jel milyen mélyen modulálja az adót. A harmadik vizsgálósor öt fokozatú lépcsőjelen a szinsegédvívőfrekvenciás komponens túlmodulációt hoz létre, ezért a differenciális erősítés és differenciális fázis paramétereknél esetenként ezt a szintet ki kell hagyni.

A MIVIMAT készülék fehérsáv-jel amplitúdót, szinkronjel, 2T jel, színező jel amplitúdó hibát, differenciális erősítés és differenciális fázishibát, jel-zajviszonyt és modulációs mélységet mér a videocsatornában.

### A hangcsatorna

A hangcsatorna ellenőrzésénél elegendő annyi adat, melynek alapján el lehet dönteni, hogy működik-e az ellenőrzött berendezés, ill. van-e jel a hangcsatornában. A MIVIMAT készülék a hangcsatornát ennek megfelelően a lehető legegyszerűbben ellenőrzi. Két hangjelbemenete van. Mindkét csatornába egy abszolútérték detektor, egy meghatározott időállandóval (30 ms) működő átlagértékképző és egy-egy csúcsdetektor van beépítve. Ezek a megfigyelési idő alatt előforduló legnagyobb és legkisebb átlagértékeket detektálják. Berendezés ellenőrzésnél az egyik csatorna a berendezés bemenőjelét (ez a referencia csatorna) a másik a berendezés kimenőjelét (ez az ellenőrző csatorna) kapja. Miután a megfigyelési idő közös, e négy detektor kimenőjeléből meg lehet állapítani, hogy nem változott-e meg a berendezésben a jel szintje és dinamikája. Ha a MIVIMAT készülék egyik csatornája (a referencia csatorna) kerül csak alkalmazásra egy adott ellenőrzési feladatnál, akkor természetesen csak egy szintértéket és egy dinamikaértéket lehet megállapítani. Ezzel a megoldással műsoridőn kívül frekvenciamenetet, jelkompressziót és kisebb pontossággal zajszintet lehet mérni.

### Az egyenfeszültség-csatorna

A MIVIMAT készülékkel egyidejűleg négy egyenfeszültséget lehet mérni. Az egyes egyenfeszültségek különböző mérő-átalakítókból származhatnak. Minden bemenethez egy előre programozott szorzótényező tartozik azért, hogy a kapott eredmények a kiinduló paraméter dimenziójával egyeztethetők legyenek.

### A MIVIMAT KÉSZÜLÉK FELÉPÍTÉSE, MŰKÖDÉSE

A MIVIMAT készülék moduláris szerkezeti felépítésű. A mérést 4 kártya hajtja végre:

- a video processzor egység előkészíti a videojelet a mintavétel számára (VPU),
- a mintavevő és tároló egység a mérés idején az előkészített jelből 256 csoport mintát vesz, ezeket összegezi, és továbbadja az analóg-digitál konverter számára) (SHU),
- az analóg-digitál konverter digitalizálja a vi-

deo, az egyenfeszültség és az egyenirányított hangfrekvenciás minta értékeket.

A hangfrekvenciás csatornák egy átlagérték egyenirányítót és az ezt követő két csúcsérték detektort tartalmaznak. Az átlagérték egyenirányító folyamatosan működik, a csúcs detektor tárolói a megfigyelés kezdetén alapszintről indulnak, és a megfigyelés ideje alatt beállnak átlagérték egyenirányítók által adott legnagyobb és legkisebb szintekre (AAU).

- a vezérlő egység előállítja a szükséges időzítő jeleket, vezérli a teljes mérési folyamatot. Az ütemjel generátor egy nagy tehetetlenségű, kvarcvezérelt oszcillátorról indul. A kapott videojelre való szinkronizáció viszonylag gyorsan megtörténik, és ezután a szinkronizmus csak a fázisban tartást végzi. (Kettős időállandó.) Durva beavatkozás csak akkor történik, ha tartós szinkronizációs hiba jelentkezett. Rövid idejű jelkimaradás, vagy szinkronjelkimaradás nem okoz szinkronizációs zavart. Minden egyes képkezdetkor először értékelésre kerül, hogy az I. sz. VITS fehér impulzusa a várt helyen jelen van-e. Ha nincs, akkor a mintavétel nem történik meg. A mintavétel 256 megfelelőnek ítélt tv-képperiodus alatt folyik. Az egység processzora 6800 típusú CPU-t, 24 kByte-ig bővíthető PROM-ot és 2 kByte RAM-ot tartalmaz. Egy MC 6820 típusú PIA (Paralell Interface Adapter) tartja a kapcsolatot a készülék környezetével (MCU).

Az előlapon foglalnak helyet a helyi kezeléshez szükséges nyomógombok, a kiválasztott paraméter mért értéke 7 szegmenses LED kijelzőn jelenik meg, a készülék állapotát több lámpa jelzi. Az előlap a készülékváz tartozéka, de felügyelet nélküli telepelyeken egyszerűen elhagyható.

A készülékváz tartalmazza a tápegységet és a szükséges kábelezést.

A kiegészítő egységek a következők:

- a video bemenetválasztó egység 3...6 videojel közül való választásra ad lehetőséget (VSA: 6 db lezárt; VSB: 4 db lezárt, 1 db átfűzött; VSC: 2 db lezárt, 2 db átfűzött; VSD: 3 db átfűzött),
- a digitális interface egység egy IEC 625 és egy V.24/RS-232 csatlakozási lehetőséget ad (DIU),
- a video interface (fejlesztése most folyik) egy adatsor adó és egy adatsor vevő részt tartalmaz, alapváltozatban egy jelirányra 10 db MIVIMAT készülék fűzhető föl. (A mérésvezérlő a 6. tv sorban adja az utasításokat. A készülék címzése a pontos idő kódok alapján történik. Egy utasítás ciklus 10 másodpercig tart, minden „1”-es helyértékű másodpercre egy meghatározott MIVIMAT készülék vevője aktivizálódik. Az eredményközlés oldalon vagy minden rendelkezésre álló üres tv sorhoz egy MIVIMAT készülék rendelhető, vagy néhány tv sorban időben egymás után jelentkeznek be a MIVIMAT készülékek) (VIU).
- a felhasználói egység egy raszter furatozású ún.



„yoker” kártya. A kártyára a készülék oldalon egy PIA van beültetve, valamint be vannak vezetve a tápfeszültségek, a clamper- és videojelek, valamint egy 250 kHz-es órajel. Az előlapra egy BNC csatlakozó és egy 25 pólusú „D” típusú csatlakozó hüvely van felszerelve.

A készülék előlapi nyomógombjain egy-egy LED is van. Ezekkel mind helyi, mind távkezelés esetén ellenőrizni lehet az érvényes utasításokat. Helyi kezeléssel távkezelésre váltáskor a megelőző táv, távkezelésről helyi kezelésre váltáskor a megelőző helyi utasítások érvényesek.

A készülék előlapján a következő nyomógombok találhatóak:

- imput választó gombsor 1-től 6-ig,
- tv-sorszám kiválasztó, a vizsgáló sorok megfigyelési helyét lehet beállítani (17; 19; 20 kezdetű), vagy automatikus keresésre lehet utasítani,
- a display gombsorral lehet beállítani, hogy a számkijelző melyik paraméter mérési eredményét mutassa, az utolsó gombbal megfigyelhetővé lehet tenni, hogy a készülék aktív beszélő állapotában melyik eredménykarakter kerül az adatvonalra,
- a mérés vezérlő gombok közül a „START” feliratúval egyszeri mérést, a „RUN” feliratúval ciklikus mérést lehet kezdeményezni, a „STOP” gomb megnyomásakor a mérés azonnal megáll, háromszor egymás után megnyomva a készülék alaphelyzetbe áll be.

Az előlapi jelzőlámpák funkciói a következők:

- „POWER” feliratú jelzi, hogy minden tápfeszültség rendben van,
- „NO LOCKED” jelzi, ha nem jött létre a sorfrekvenciás és a képfrekvenciás fáziskapcsolat,
- „WITS ERROR” jelzi, hogy a kiválasztott tv sorban a VITS amplitúdója a méréshatárokon kívül esik,
- „NOISE” jelzi, hogy a zaj már zavarja a szinkronizációt, emiatt a mérési eredmények már kevésbé hihetőek,
- „REMOTE” jelzi, hogy a készüléket a távkezelő mérésre használja,
- „TALKER” jelzi, hogy a készülék mérési eredményeket közöl.

A készülék hátoldalán a következő csatlakozók találhatóak:

- videojel-bemenet, lezárt típusú,
- null impulzus kimenet, ez a jel a mérődemodulátor referencia nulla bekapcsolására szolgál a modulációs mélység méréséhez (csak a mintavételi időtartományban, TTL szintű, aktív „L”),
- hangfrekvenciás és egyenfeszültségű bemenetek,
- PIA csatlakozó.

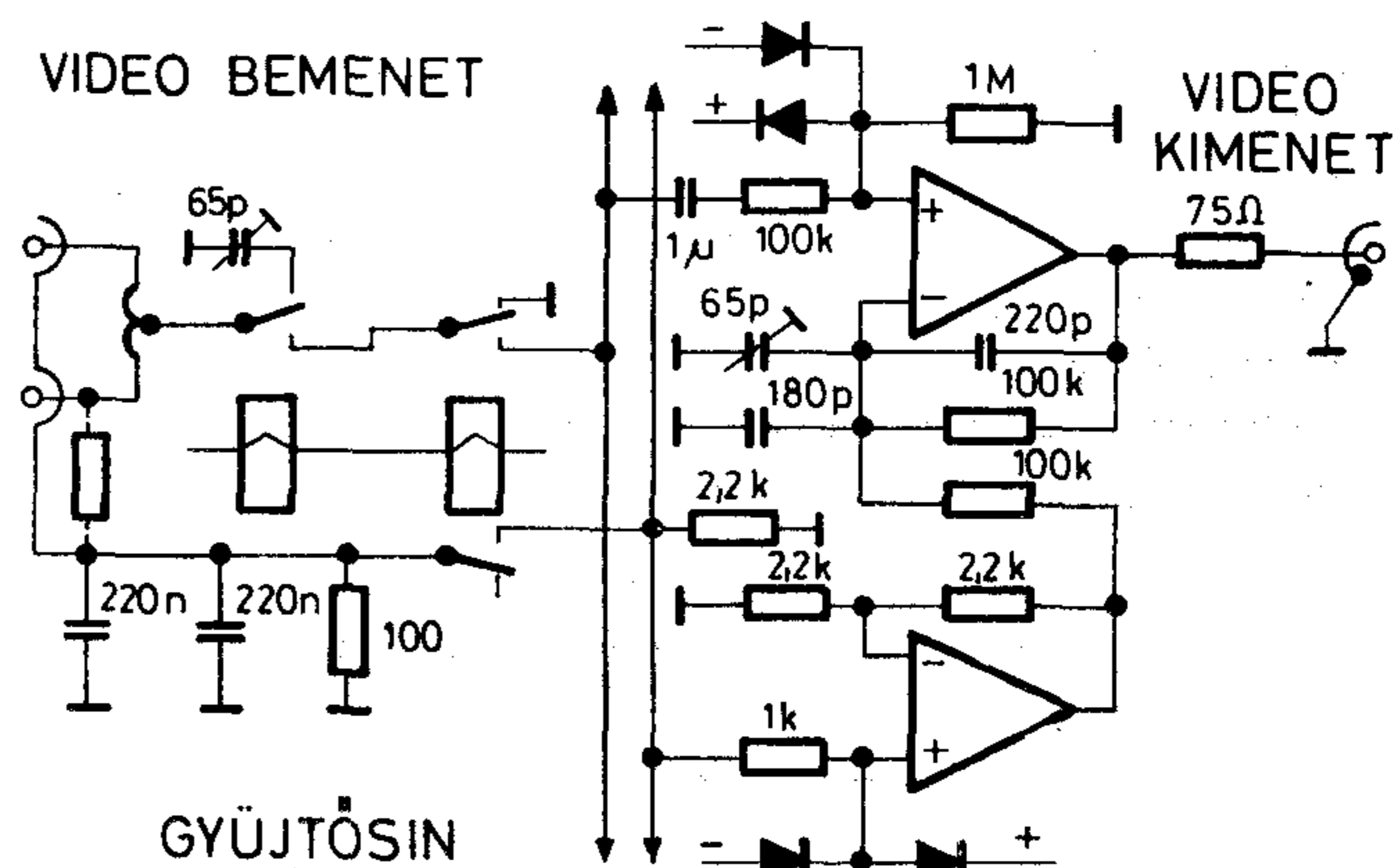
A digitális interface egységen egy IEC 625 és egy V24/RS-232 csatlakozó (25 p. „D” típusú), a video interface egységen két átfűzött videocsatlakozás található.

A kiválasztott összeállítás után megmaradó szabad helyeken a gyártó takarólapokkal fedi le. A készülék lemezbontása két oldalon nyitott. Itt foglalnak helyet a forszírozott légűtés be- és kivezető nyílásai (jobbról balra légáramlás).

A MIVIMAT készülék tömbvázlata az 5. ábrán látható. Az egyes egységek feladata és működése már jórészt ismertetésre került, ahol az alábbi érdekesebb áramköri megoldások kerültek alkalmazásra.

A video szelektor egység bemenetei kvázi földetlen aszimmetrikus kiképzésűek, az áramköri felépítést a 2. ábra mutatja. A bemenet csak az alacsony frekvenciás jelkomponensek számára látszik majdnem földetlennek. Erre azért van szükség, hogy a mérőkészülék földje és a jelforrás földje közötti feszültségkülönbség (ami az erősáramú táplálás földáramából származik) ne hozzon létre jelentős árnyékoló köpenyáramot, és ezúton ne kerüljön hálózati zavarfeszültség a mérendő jelre.

A video processzor egységben a differenciális fázis csatornában referenciajelként a negyedik vizsgáló sor hosszú idejű színegédvívő-frekvenciás jele (E elem) került alkalmazásra. A művonal a harmadik vizsgáló sor színegédvívő-frekvenciás jelét egy tv-soridővel késlelteti, így a mérő- és a referenciajel egyidejűleg a fázisdetektor rendelkezésére áll. A művonal reflexiói miatt a mérés hibája nő, de jelentősen nő a készülék megbízhatósága a nagy tehetetlenségű PLL-es helyi referenciajel-forrás elmaradása révén.



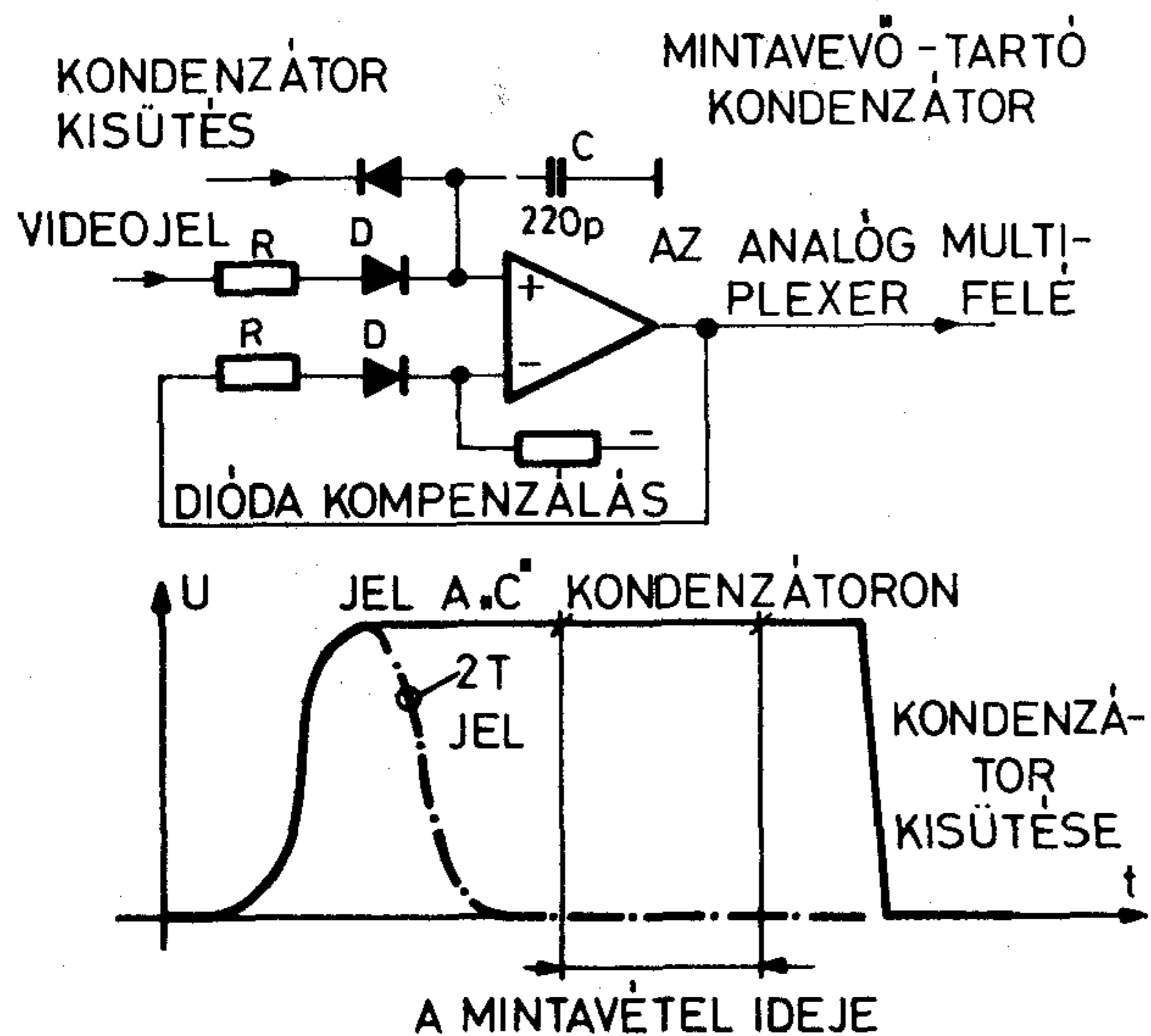
2. ábra. A videoszelektor bemenet kiképzése

A 2T impulzus amplitúdó mérőkörét a 3. ábra mutatja. Itt kettős mintavételezés történik. Az első mintavételező jel maga a 2T impulzus, ami a C kondenzátort a 2T jel csúcserővére tölti fel. (A készülék bemenetén alkalmazott sávhatárolás következtében a zajjal terhelt 2T impulzus is csak egy határozott csúcserővére vehet fel.) A második mintavételezés a C kondenzátor által tartott csúcserővéből történik. A műveleti erősítő visszacsatoló áramköre a csúcserővére kör másolata, ezúton kompenzálódik a detektor dióda hőmérsékletfüggő viselkedése.

A zajmérő csatornában az áramköri egységek sorrendje eltér a szokványostól. A helyes sorrend a következő lenne: abszolútérték-képző, négyzetre emelő, átlagérték-képző, logaritmikus erősítő.

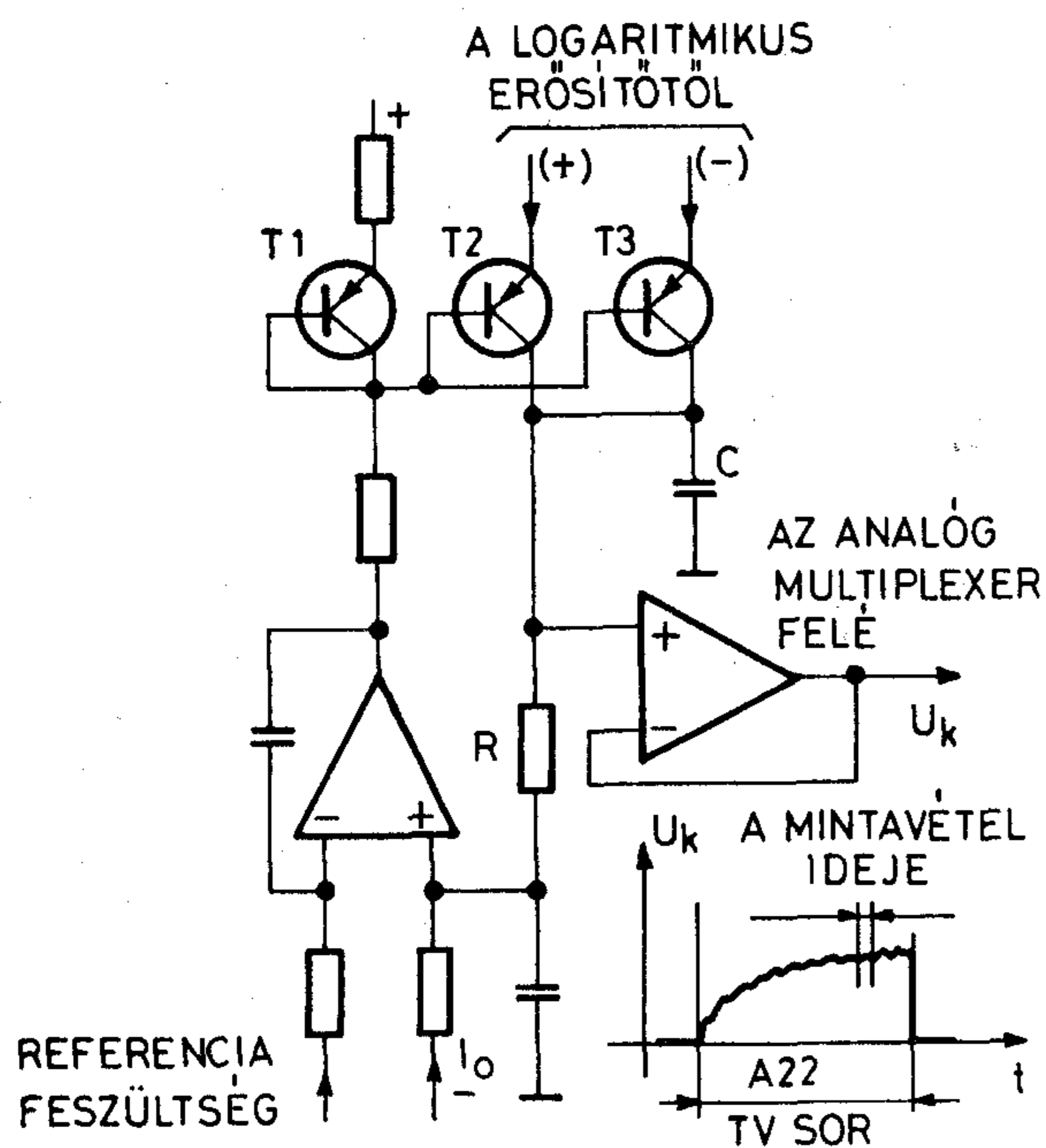
A mérés közbeni méréshatárváltásra gyakorlatilag nincs lehetőség, a szükséges átfogás 30 dB. Nagyon kritikussá válik a négyzetes egyenirányító karakte-





3. ábra. A 2T impulzus amplitúdó-mérés sémája

risztika megvalósítása. Elvileg pontatlan, de gyakorlatilag (az adott helyen) azonos pontosság érhető el, ha a logaritmikus erősítő a csatorna bemenetére kerül. A logaritmikus erősítő komprimálja a jelet, jó közelítéssel elvégzi a négyzetre emelést. Kritikus elem az abszolútérték képző nullpont stabilitása marad, ami a félvezető egyenirányítók hőmérsékletfüggő nyitófeszültségéből származik. A kompenzálás módját a 4. ábra szemlélteti. A zajmérés a 22. tv-sorban történik. A zajcsatorna egy bemeneti kapcsoló alkalmazásával csak a 22. tv-sorban kap jelet. Az ezen kívül időben a  $T_2$ – $T_3$  egyenirányító a nullpontba kell hogy beálljon,  $I_0$  kisértékű nyugalmi árammal. A bázisoztóban alkalmazott  $T_1$  tranzisztor a szokásos hőmérséklet-kompenzálást végzi, amit még egy műveleti erősítő stabilizátor tovább javít.



4. ábra. Az abszolútérték képző nullpont beállító áramköre

A színezőjel szintmérő csatornában szereplő abszolútértékképző nullpont hibája oly módon válik hatástalanná, hogy az egyenirányítók áramgenerátoros táplálásúak.

A vezérlőegységben alkalmazott „erős zaj detektor” figyel, hogy a szinkronjel leválasztó által szolgáltatott jelben, a szinkronjelek számára megengedett időn kívül is előfordulnak-e impulzusok. Ha ezen nem megengedett időben érkező impulzusok összideje több, mint a szinkronjelek közötti idő 10%-a akkor figyelmeztető jelzést ad. A szinkronjel-leválasztóban a szeletelés a szinkronjel félamplitúdójánál történik meg. A figyelmeztető jelzés (a status Byte-ban jelenik meg) arra szól, hogy az erős zaj bizonytalanná teszi a szinkronizációt, tehát fenntartással kell fogadni a kapott VITS paraméter értékeket.

A készülék működtetésekor vannak olyan tennivalók, melyeket szigorúan ritmikusan kell végezni. Ilyen pl. a timerek léptetése, lámpák villogtatása. Erre a célra be van építve egy NMI (nem maszkolt megszakítás) generátor, amely pontos 40 ms idejű ütemjelet kap. A mintavételezés vezérlésére nem elegendő a 6800-as processzor sebessége, ezért ezt egy külön vezérlő PROM és céláramkör végzi. Azért, hogy a mintavételezéskor ne legyenek a vázban a processzorból származó zavaró jelek, a mintavételezés idejére a processzor le van állítva (HALT).

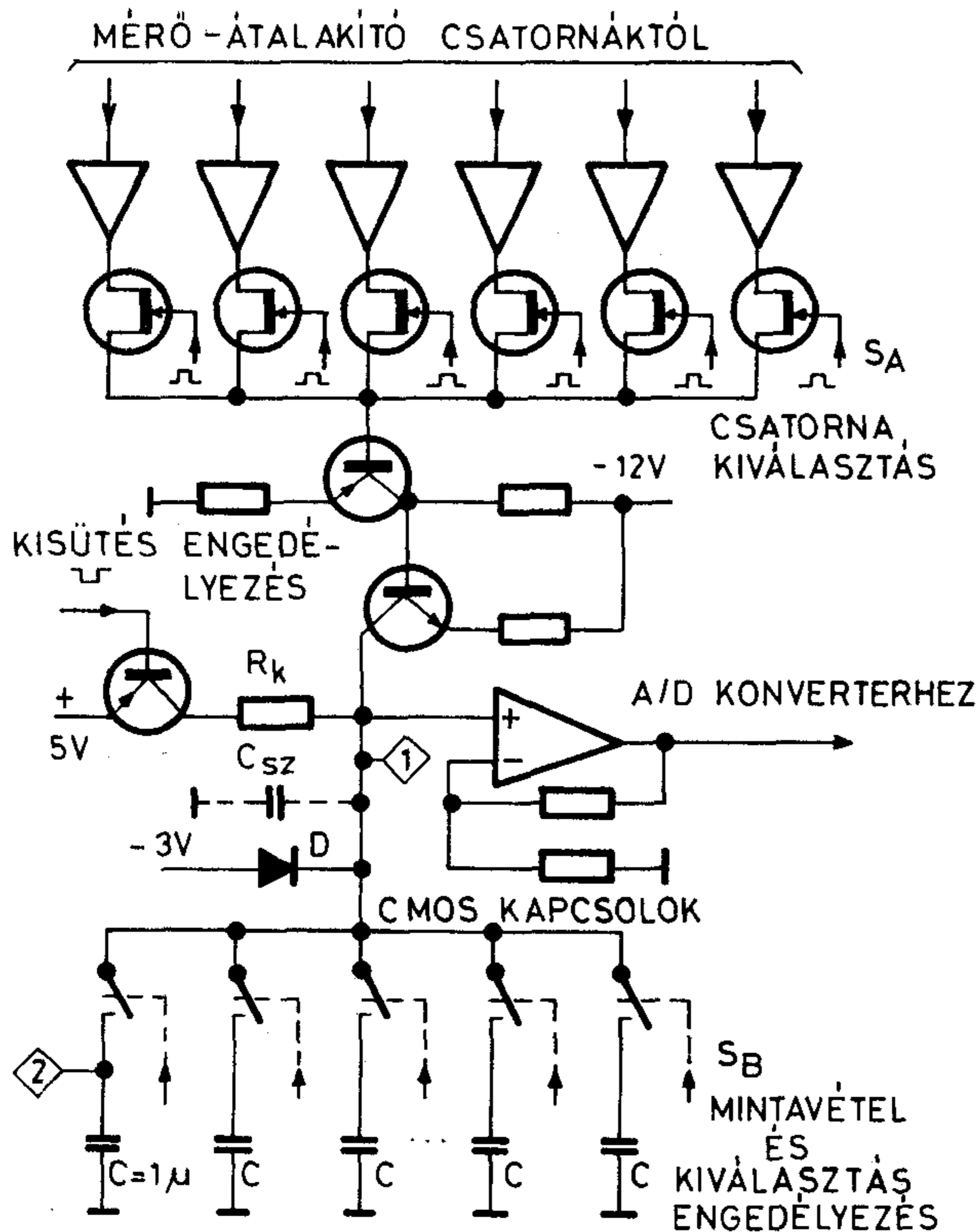
A videojel értékelésénél használt mintavevő áramkör sémája a 6. ábrán látható. A különböző mérő átalakító csatornák jeleit egy J-FET kapcsolósor kapuzza össze. A tranzisztoros feszültség-áram konverter árama vagy a „D” diódán, vagy mintavétel idején a CMOS kapcsolók egyikén az aktuális „C” kondenzátoron át folyik. Az egyes pontokon található jelformák a 7. ábrán láthatók. Leggyakrabban a diff. erősít és a diff. fázis paraméterek mérésekor kell mintát venni, itt 4  $\mu$ s idő áll rendelkezésre az analóg kapcsolók működtetésére és a mintavételre. Azért, hogy ne kelljen indokolatlanul gyors működésű alkatrészeket beépíteni, hogy a mintavétel kezdetére a tranziensek fejeződjenek be, hogy az egyes mintaértékeket azonos módon lehessen kezelni, a választott mintavételi időtartam egységesen 2  $\mu$ sec. A mintavétel igazi integráló típusú. A „C” tároló kondenzátorok a mintavétel megkezdésekor ki vannak sűtve, a mintavétel során integrálódik a minta árama, és a 2  $\mu$ sec-os mintavételi idő végére az aktuális kondenzátor feszültsége  $\Delta U_n = \frac{1}{C} \int I(t) dt$  értékekkel változik meg.

Egy mintavételi ciklusban minden kondenzátor 256 esetben töltődik, tehát a kapott eredő mintaérték átlagosan  $U_n = 256 \Delta V_n$  lesz. Zavaró hatása van a közös ágban összegyűlt  $C_{sz}$  szórt és alkatrész kapacitásnak. A CMOS kapcsolók záródásakor ugyanis a  $C_{sz}$  mindig áttöltődik, és a töltés nagy része az aktuális „C” kondenzátorból származik. Ebből két zavaró hatás származhat. Ha a „ $C_{sz}$ ” kondenzátoron megmaradna az előző mintavételkor bekapcsolódott „C” kondenzátor feszültsége, akkor egy „áthallás” keletkezne a mintaértékek között. A „C” kondenzátor áttöltéséhez esetenként szükséges töltésmennyiség nem állandó, hanem a mintavétel előtti pillanatban meglévő „ $C_{sz}$ ” és „C” kondenzátorok feszültség-



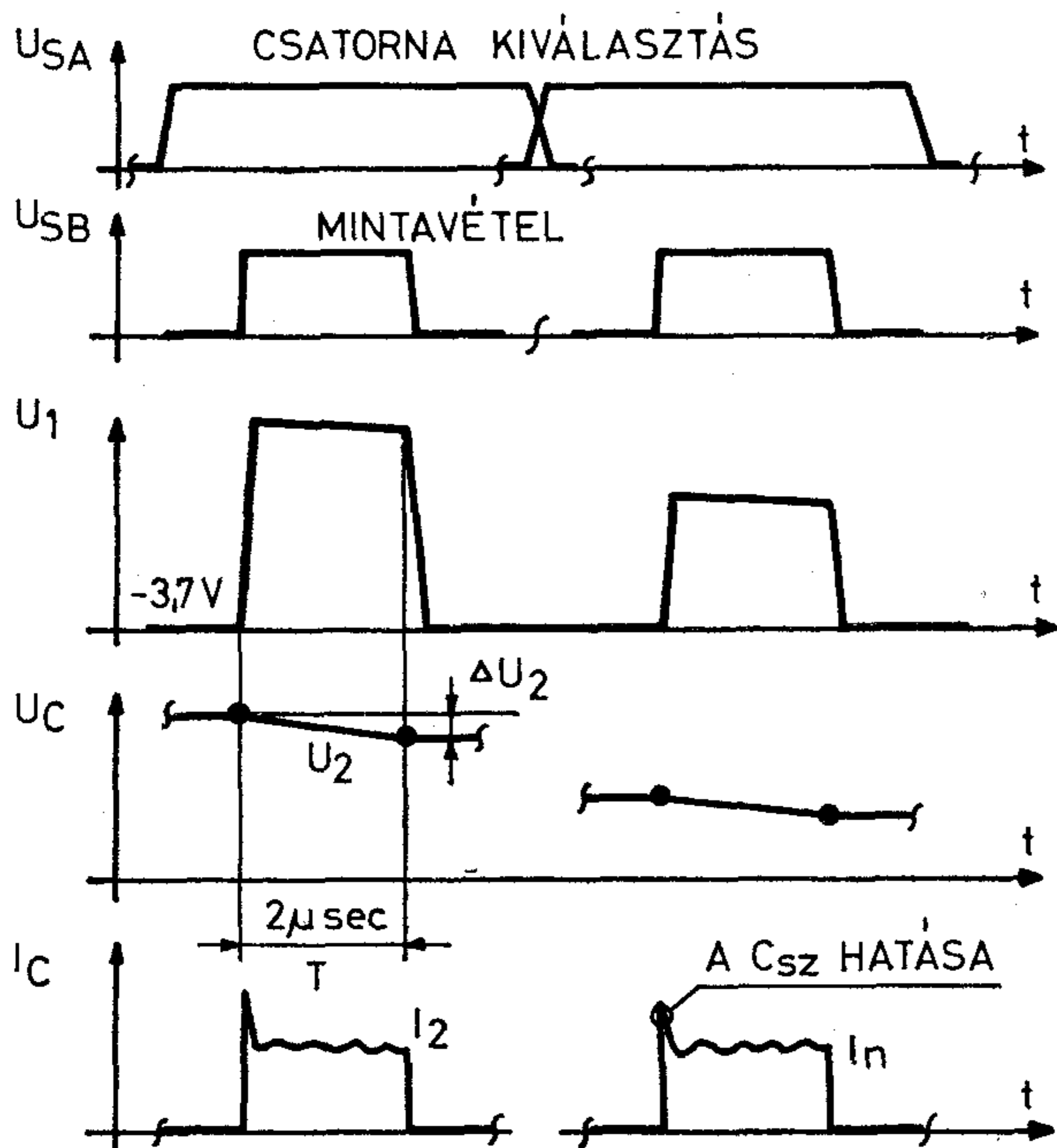






6. ábra. A mintavevő áramkör sémája a videojel értékelésénél

különbségével arányos. A hatás olyan, mintha a mintavétel idejére egy ellenállás kapcsolódna párhuzamosan a „C” kondenzátorral, vagyis a „C<sub>sz</sub>” jelenléte rontja a mintaértékek igazi integrálását. Az „áthallás” megszüntetése érdekében az áramforrás árama folytonos, ezért a mintavételek közötti szünetben a „C<sub>sz</sub>” kondenzátor mindig a „D” dióda előfeszítésének megfelelő feszültséget vesz fel. A „C<sub>sz</sub>”



7. ábra. Jelalakok a 6. ábra szerinti áramkör különböző pontjain

kapacitása 100 pF nagyságrendű, a „C” kapacitása 1 μF, tehát a „C<sub>sz</sub>” jelenlétéből származó nonlinearitás 0,1% nagyságrendű, ami elhanyagolható.

A fehérsáv-jel amplitúdót abszolút értékben kell mérni, ezért szükség van egy referencia feszültségre. A mérési hiba minimalizálása érdekében a referencia bevitele ugyanazon a mintavételi úton történik, mint a többi paraméteré.

A „C” mintavevő kondenzátorok 0,5%-a válogatottak. Az ebből, valamint a félvezető eszközök szivárgási áramaiból származó hibák csökkentése érdekében a készülék önműködően végrehajt egy egyponthibakorrekciót. Ez abból áll, hogy az eredmények kiszámítása során minden egyes mintaértékhez hozzáad egy korrekciós értéket. A korrekció meghatározása érdekében a készülék ciklikusan elvégző egy hitelesítő mérést, amikor is a mintavevő áramkörben levő áramforrás árama állandó. Ideális esetben a konvertált mintaértékeknek meg kellene egyezni, de a valóságban ezek egy közepes érték környezetében szóródnak. A készülék minden egyes kondenzátorhoz hozzárendeli a saját szórása komplementjét és ezzel történik az előbb említett korrekció.

Az egyenfeszültség és a hangfrekvenciás csatornák bemenetei földelt szimmetrikus kiképzésűek, így a közös módusú zavarójelek hatástalanná válnak. A videocsatornában a 2 μs-os mintavétel következtében a magasfrekvenciás zajkomponensek hatása jelentősen csökken, ahogy azt a 8. ábra mutatja. A zajérzékenység spektrális megoszlásának van még egy finomabb szerkezete is, ami a 40 ms-onkénti periodikus mintavételből és az összesen 256 db mintavételből származik. Végeredményben a 2 μs-os mintavételi idő az, ami jelentős zajérzékenység-csökkenést hoz a rövid idejű mintavételt alkalmazó készülékkel szemben (TEKTRONIX, ANSWER készülék). A zajérzékenység ára az, hogy a MIVIMAT készülék finomabb jelrészleteket nem tud megkülönböztetni, de erre a célul tűzött feladat megoldásához nem is volt szükség.

### A MIVIMAT készülék működtető programja

A MIVIMAT készüléket egy ciklikus program működteti. A szükséges tennivalók csoportosítva vannak, és a csoportok egy-egy önálló alprogramot alkotnak. A



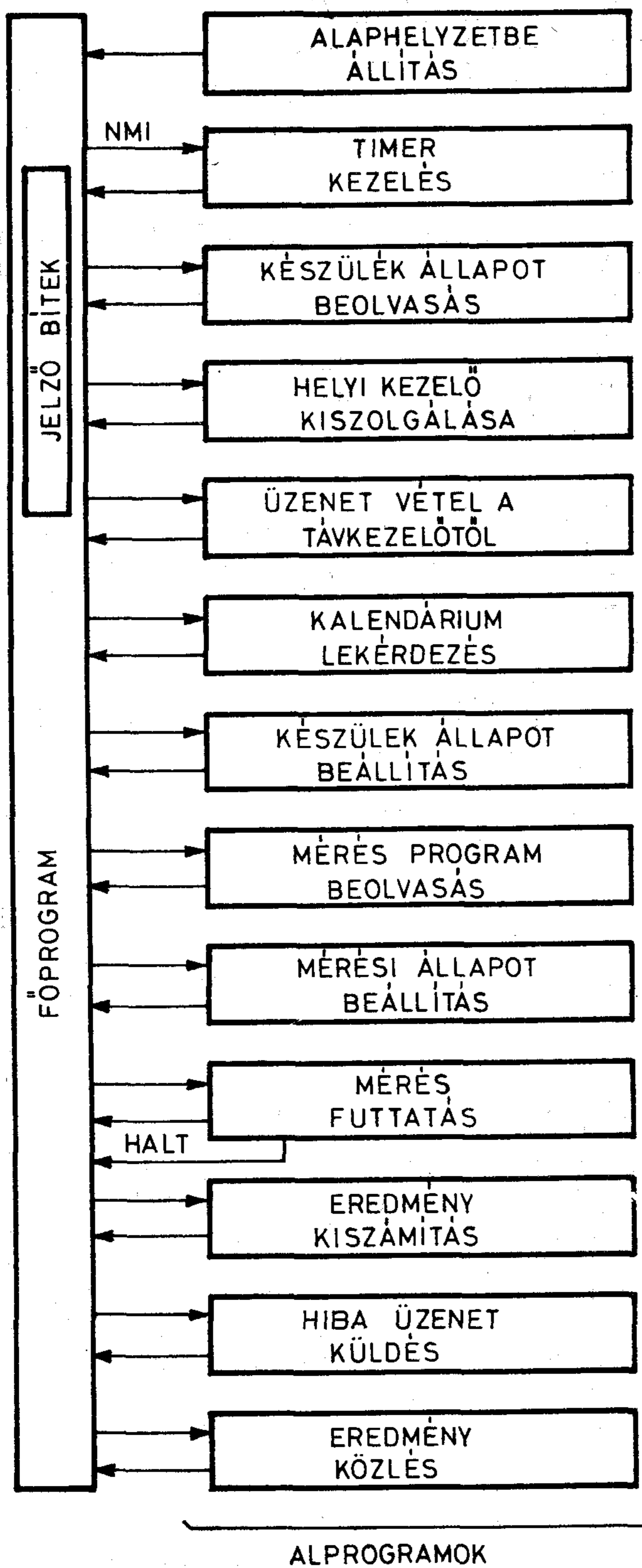
8. ábra. A zajérzékenység összehasonlítása



főprogram és az alprogramok jelző biteken keresztül (flag) állnak egymással kapcsolatban. A jelzőbitek különböző feltételes programelágazásokat vezérelnek, és ezúton megtörténik az éppen szükséges műveletek végrehajtása (9. ábra).

A mintaértékeket egy  $4\frac{1}{2}$  digités ( $\sim 14$  bites) dual-slope típusú konverter digitalizálja, az eredmények kiszámítása 15 bites lebegőpontos aritmetikával történik.

A készüléket három forrásból lehet mérésre utasítani, ezek növekvő prioritású sorrendben a helyi kezelő a kalendárium program, és a távkezelő. Minden mérés ciklusban 6 inputot lehet lemérni.



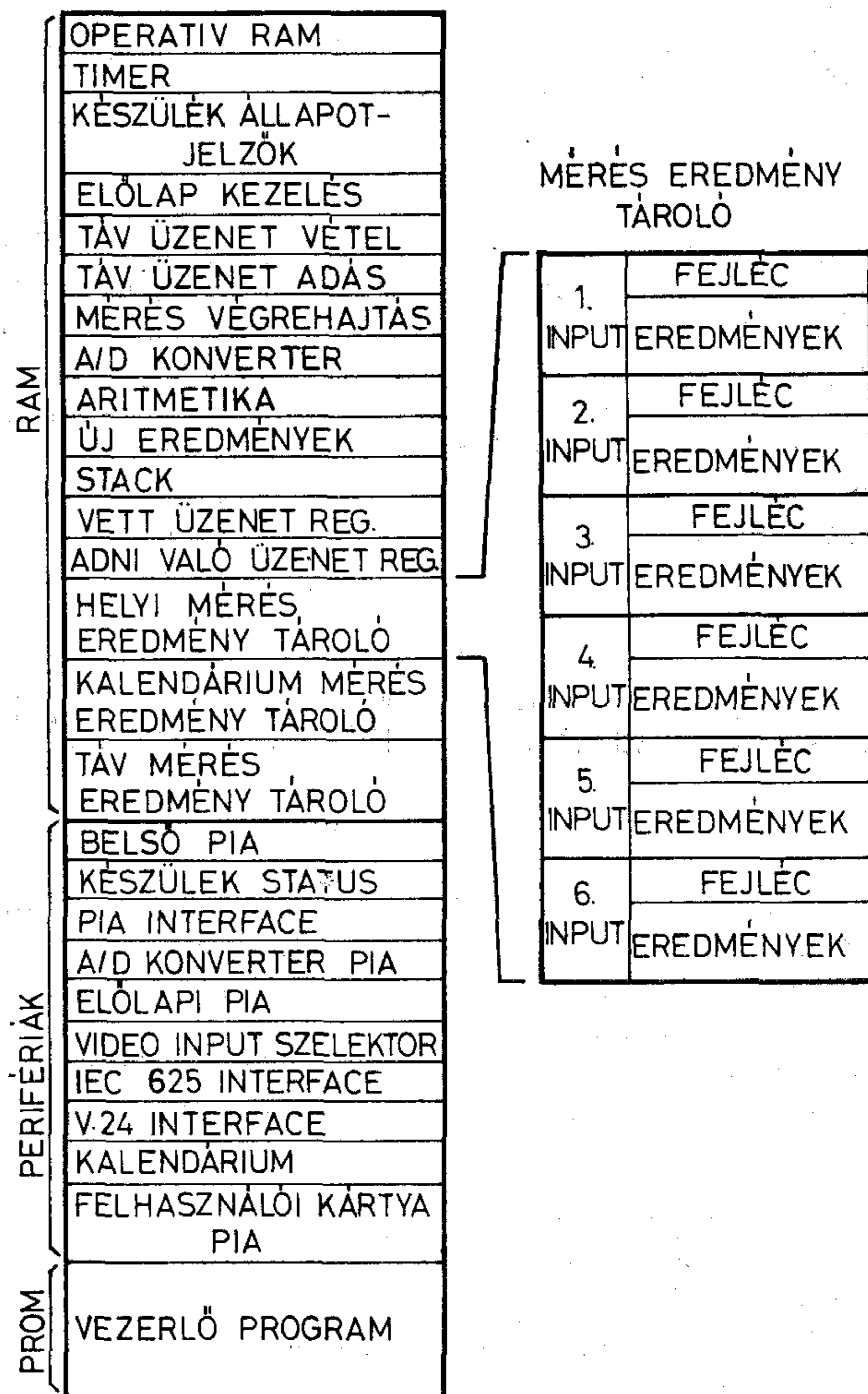
9. ábra. A működtető program sémája

Egy inputhoz a következő meghatározó tényezők rendelhetők:

- video bemeneti szelektorok beállítása,
- külső DC és AC szelektorok beállítása,
- az értékelésnél figyelembe vett tv-sorok sorszáma,
- az alkalmazandó határértékcsoport meghatározása,
- az alkalmazandó eredmény korrekció meghatározása.

A készülék memóriatérképét mutatja a 10. ábra. A mérési eredmény tároló a kezelők számának megfelelően három részből áll, egy rész pedig hat rekeszből. A rekeszek első része az ún. fejléc, ami tárolja az előbb felsorolt meghatározó adatokat, valamint a mérés kezdetekor és befejezésekor megfigyelt készülékállapotot (statust), a mérés megkezdésének naptári időpontját (ha van interface kártya). A rekeszek második részében tárolódnak a kapott mérési eredmények.

Az egyes paraméterértékek kiszámítása után a program a kapott eredményt összehasonlítja a kiválasztott határértékcsoport aktuális elemeivel. Minden paraméterhez két pár határérték (egy belső és egy külső) rendelhető (előre programozott). Ha az összehasonlítás során határérték-túllépés jelentke-



10. ábra. AMIVIMAT vezérlő egység mikroprocesszorának memóriatérképe



zett, ekkor egyrészt a kérdéses paraméter eredménytárolóba egy megkülönböztető jelzés is bekerül, másrészt, ha szükséges, a készülék szolgálatkéréssel bejelentkezik a távkezelőnél és jelenti a hibát.

A MIVIMAT készülék telepítési helye messze eshet az ellenőrzött berendezés videojel-forrásaitól, emiatt a hosszú összekötő kábel jelentős jelszintcsökkenést és magasfrekvenciás csillapítást okozhat. A kisugárzott jelből visszadetekált videojel arányai eltérőek a stúdiójelétől. Esetenként szükség van tehát a kiszámított eredmények korrekciójára, melyet az előre programozott korrekciós adatcsoportból történő kiválasztással lehet beállítani.

A programtároló egy része az előbbi határértékeket, korrekciós tényezőket, további része a küldött üzenetek szövegeit, fix mérésprogramokat tartalmaz. Ezek 2 kByte területet foglalnak le. Az interface kezelő program 1 kByte-os, 1 kByte üres hely van a felhasználási kártya működtető programja számára. A megmaradó 8 kByte tartalmazza a működtető programokat. A beépített CPU MC6800-as típusú és 0,5 MHz-es órajellel működik. Egy input lemérése mintegy 20 mp ideig tart, ebből hozzávetőleg 0,6 mp a tiszta gépidő. A lassúbb processzor működés jelentős áramköri egyszerűsítést engedett meg, ami a készüléket megbízhatóbbá tette.

Rövid idejű hálózatkimaradás a készülék működését nem befolyásolja. A kalendárium külön telepről kap táplálást. A készülék bekapcsolásakor, restartkor az eredménytároló fejléceibe az előre meghatározott fix mérésprogram töltődik be.

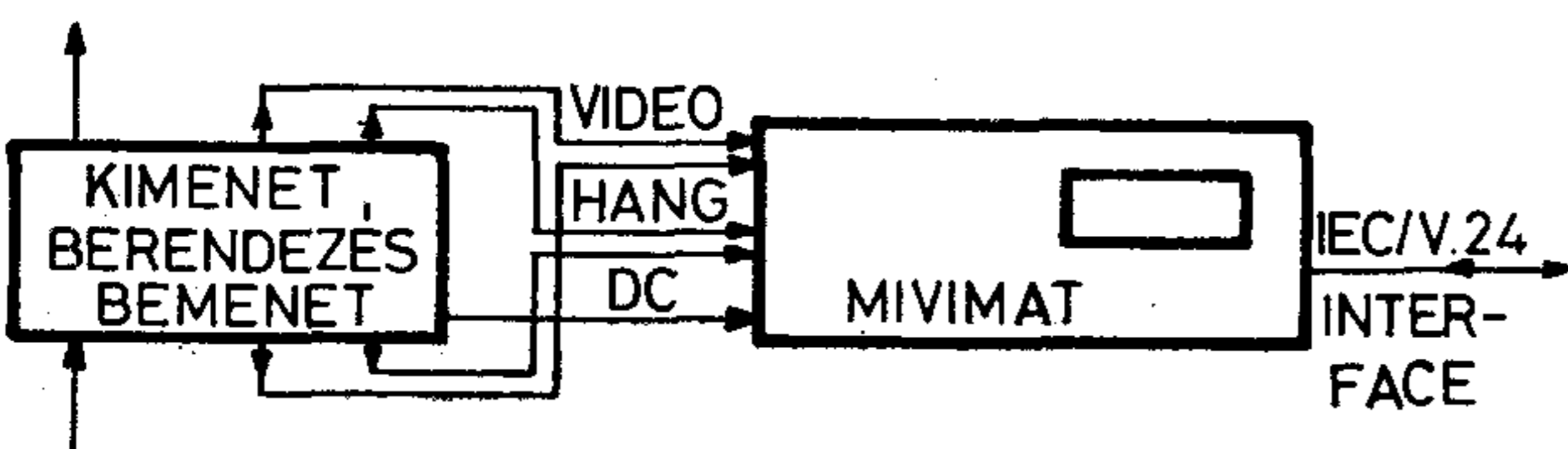
### Néhány alkalmazási példa

A legegyszerűbb feladat az, amikor egy ponton dokumentálni kell a jelek minőségét (11. ábra). A MIVIMAT készüléket ez esetben ciklikus mérésre kell programozni. A ciklusidőt a kalendárium, vagy a processzor timer határozhatja meg. A sornyomtató IEC 625, vagy V. 24 csatlakozáson keresztül, vagy speciális nyomtató esetén a PIA csatlakozáson keresztül illeszthető. IEC 625 esetén „talker only” üzemet lehet beállítani.



11. ábra. Minőségregisztráló állomás

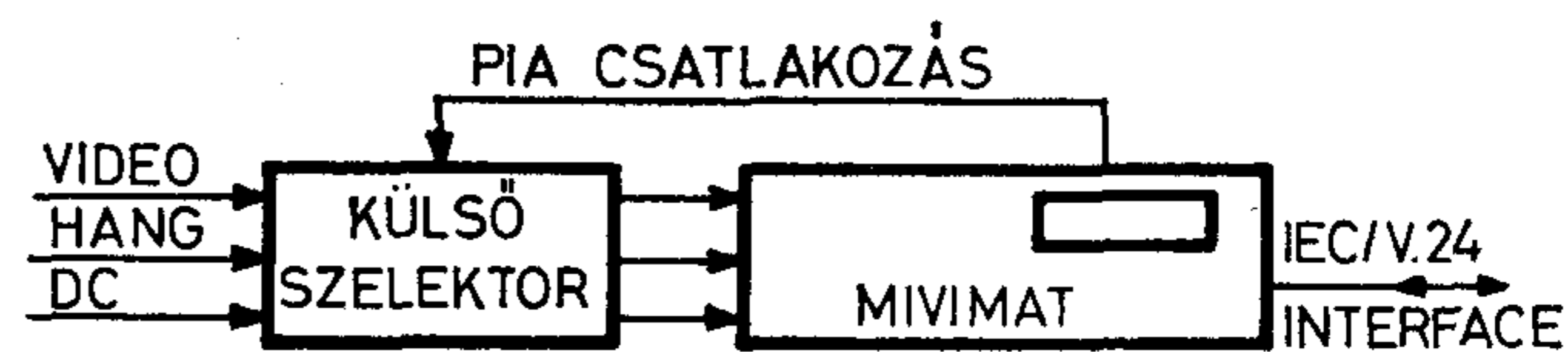
Egy közbenső állomáson ellenőrizni kell az üzemi berendezést. Erre a célra a 12. ábra szerinti elrendezés kínálkozik. A MIVIMAT készülék önmagában elegendő bemenettel rendelkezik a feladat megoldására. A különböző bemenetekre előírt határértékek túllépése figyelésével meg lehet állapítani, hogy az



12. ábra. Összehasonlító típusú ellenőrző állomás

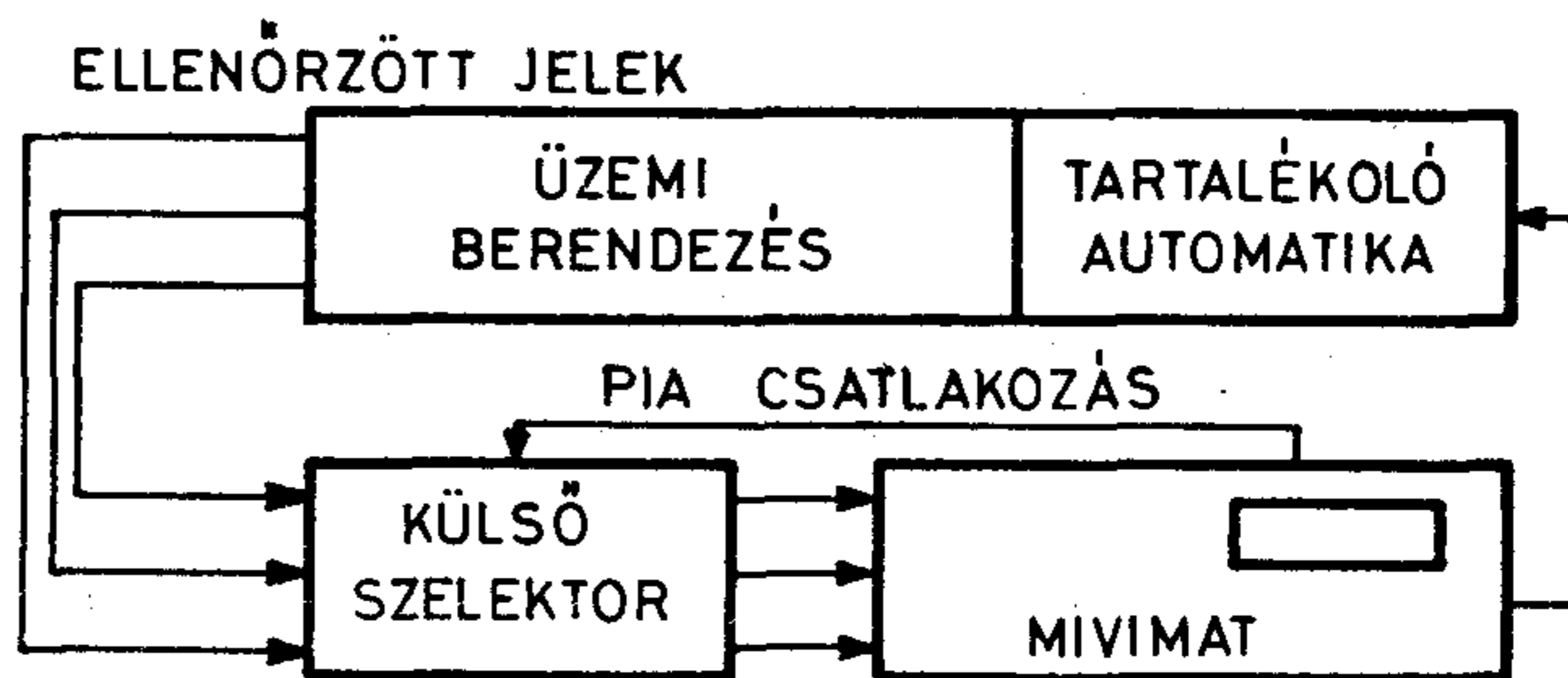
üzemi berendezés nem hibásodott-e meg, nem romlott-e az átvitel minősége.

Egy csomópontban több jelcsatornában kell ellenőrizni. Itt a MIVIMAT készüléket ki kell egészíteni egy szelektorral, melyet a PIA csatlakozón keresztül lehet vezérelni (13. ábra). Az ellenőrző rendszer méretezésénél figyelembe kell venni, hogy egy input leméréséhez 20 mp idő szükséges. Ha pl. 10 percenként elegendő ugyanannak a pontnak az ellenőrzése (és egy ciklusban minden input csak egyszer kerül mérésre), akkor legfeljebb 30 inputot lehet egy MIVIMAT készülékhez rendszeresíteni.



13. ábra. Nagy kapacitású ellenőrző állomás

A MIVIMAT készülék által gyűjtött adatokat fel lehet használni a telepítés helyén működő tartalékoló automatika döntéshozatalánál (14. ábra). Miután ez egy eléggé speciális alkalmazás, célszerűen igénybe lehet venni a felhasználói egységet a MIVIMAT és a tartalékoló automatika közötti illesztés megvalósítására.



14. ábra. Adatgyűjtés az automatikus tartalékoló rendszer számára

A továbbiakban felhívjuk a figyelmet a HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET néhány termékére, melyek előnyösen használhatók kiegészítésként.

A TR-0755 típusú VITS GENERATOR és a TR-1830 típusú TEST LINE INSERTER való arra, hogy az ellenőrizendő vonal bemenetén a videojelet vizsgálósor-jelekkel lássák el. Az INSERTER segítségével más jeleket (pl. TELETEXT) is be lehet vinni a függőleges kioltási tartományba. Ahol több TR-0799 típusú MIVIMAT készülék, ill. más készülékek is üzemelnek, rendszervezérlőként előnyösen használható a HT-680X TV MICRO-COMPUTER, amely vagy dedikált vonalakon (soros v. párhuzamos), vagy IEC 625 buszon keresztül tarthatja a kapcsolatot az egyes készülékekkel és a felügyeleti központtal. Kiegészítő műszerekként rendelkezésre állnak a következők:

TR-0866 WAVEFORM MONITOR (félméretű).

TR-1854 WAVEFORM MONITOR, ezek sorszelektorral is rendelkeznek.



TR—1867 PAL/SECAM VECTORSCOPE, amely újdonságként a PAL rendszerrel megszokott megjelenítési móddal dolgozza fel a SECAM jelet.

TR—0771 TV DEMODULATOR, amely a MIVIMAT készülék által vezérelhető „null” impulzusával lehetővé teszi a kisugárzott jel moduláció ellenőrzését.

TV 18—20 STUDIO PICTURE MONITOR, amely fekete-fehér video display-ként is használható a HT680X-hez.

TR—1850 IEC BUS MONITOR, amely vagy mint címezhető megjelenítő, vagy mint címe-

len hallgató kapcsolható az IEC buszra; ha a MIVIMAT készülék interfésze IEC-talker only üzemben működik, akkor a kapott mérési eredmények egy távolabbi helyen is megjeleníthetők.

Jelen cikk, meghatározott terjedelménél fogva nem térhetett ki a MIVIMAT készülék részletesebb ismertetésére, de úgy vélem, hogy a közöltek elegendőek voltak ahhoz, hogy az olvasó képet alkothasson magának a MIVIMAT készülékről és szolgáltatásairól.

Somodi József

Bármely alkalmazástechnikai kérdésben a HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET fejlesztési osztálya készséggel áll felhasználóinak rendelkezésére (telefon: 869-522/163 mellék).



HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET



**MEV ALKATRÉSZKATALÓGUS**

BESZEREZHETŐ A

**MEV-EMO-KERAVILL MÁRKABOLTBAN:**

Bp.V., Múzeum krt. 11. és a Katalógusboltban: Bp.V., Szt. István tér 4.

**MEV**  
MIKROELEKTRONIKAI  
VÁLLALAT



# Telefon alközponti szolgáltatások szimbolikus leírása

SZÁDECZKY-KARDOSS TAMÁS  
SZEGHY ISTVÁN  
BHG Fejlesztési Intézet



## ÖSSZEFOGLALÁS

A telefon alközponti szolgáltatások szimbolikus leírására tesznek javaslatot a szerzők. A szimbolikus nyelv alkalmazását példákon mutatják be. Megalapoznak egy nyelvi konstrukciót, amely — alkalmas fordítóval — lehetővé teszi az alközponti szolgáltatások számítógépes vizsgálatát.

## Bevezetés

A tárolt programvezérlésű telefon alközpontok megjelenésével ugrásszerűen megnőtt a felhasználók rendelkezésére álló szolgáltatások „intelligenciája” és száma. Ennek következtében alapvető fontosságúvá vált az egyes szolgáltatások pontos és egyértelmű meghatározása. A hagyományos — szavakkal vagy ábrákkal történő — leírásnak egyre inkább csak felhasználói szinten van létjogosultsága [1], a rendszer, ill. a programtervezés szabatosabb formákat kíván!

A szolgáltatások fogalmának értelmezése attól függően különböző, hogy milyen mélységű felbontásban vizsgáljuk az alközpontot, mint automatát.

Jelen dolgozatunkban a mellékállomás (ill. fővonal) — alközpont felosztást használjuk, pusztán logikáinak tekintve e két rész közötti kommunikációt. Ez azt jelenti, hogy szolgáltatás alatt azt értjük, ahogyan és amire használni lehet az alközpontot belső rendszerének ismerete nélkül. A bemutatott szimbolikus leírás erre a határfelületre vonatkozik [2].

A felosztás finomításával a logikai működés egyre több technikai részlettel bővül.

Itt már kialakult és jól alkalmazható módszer áll rendelkezésre: az SDL (Functional Specification and Description Language) [3].

Dolgozatunkban kísérletet teszünk egy olyan szimbolikus leírasmód megalapozására, amellyel a szolgáltatások — a tervezői szinten megkövetelt pontossággal — leírhatókká válnak. A bemutatott szimbólumrendszer a leírási funkciókon kívül lehetővé teszi a szolgáltatási rendszer belső logikájának áttekintését, továbbá a központ működésének tesztelésére is felhasználható.

Módszerünket példákon mutatjuk be, feltételezve a telefon alközpontok tervezésénél, üzemeltetésénél használatos szakkifejezések ismeretét.

## SZÁDECZKY-KARDOSS TAMÁS

A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar híradástechnikai szakán végzett 1976-ban. 1976 októberétől a BHG Híradástechnikai Vállalat

fejlesztési főosztályán telefon forgalomelméleti vizsgálatokkal foglalkozott. 1978 óta a BHG Fejlesztési Intézetben dolgozik. Fő munkaterülete a mikroprocesszor vezérlésű telefon alközpontok software fejlesztése.

## 1. Szimbolikus szolgáltatás leírás (SSL)

### 1.1. A szimbólumrendszer

A tárolt programvezérlésű telefonközpontokban a hívásfeldolgozás a központhoz csatlakoztatott mellékállomások, fővonalak, kezelőkészletek stb. jelzéseinek értelmezését, feldolgozását és a jelzésekre adott megfelelő válaszjelzések előállítását jelenti. A hívásfeldolgozás folyamán maga a vezérlőberendezés is meghatározott állapotok sorozatán megy át. Ilyen állapot például, amikor a hívó csengeti a hívottat.

A szimbólumrendszer ezért az állapotok és az azok közötti átmenetek leírására szolgáló jelkészletből áll.

### 1.2. Állapotleíró szimbólumok

Ezeket a szimbólumokat a tervező definiálja. Egy adott rendszer jelkészlete így tetszőlegesen szűkíthető vagy bővíthető.

Definiáljuk az alábbi állapotokat, és jelöljük azokat szögletes zárójelbe tett szimbólumokkal:

- Az „A” mellékállomás szabad : : [A = FREE]
- Az „A” mellékállomás blokkolt : : [A = BLOCKED]
- Az „A” mellékállomás tartásban várakoztatja a „V” fővonalat : : [A(V)]
- A „V” fővonal vár a foglalt „A” mellékállomásra : : [A/V/]
- Az „A” mellékállomás tárcsahangot kap (TH) : : [A!TH]
- A „B” mellékállomás csengetést kap (helyi kapcsolat) : : [A - > B]
- A „B” mellékállomás gyors csengetést kap (bejövő kapcsolat) : : [V - >> B]

Beérkezett: 1984. II. 1. (#)



- Az ,A' és a ,B' mellékállomás közötti beszédállapot : : [A \* B]
- A ,V' fővonal és a ,B' mellékállomás közötti beszédállapot : : [V · B]

### 1.3. Az állapotváltozást kezdeményező tevékenységek szimbólumai

Az állapotleíró szimbólumokhoz hasonlóan itt is nyílt a szimbólumhalmaz. Példaképpen álljanak itt a következő definíciók:

- Az ,A' mellékállomás felemeli a kézibeszélőt : : OFFA
- Az ,A' mellékállomás leteszi a kézibeszélőt : : ONA
- Az ,A' mellékállomás földelőgombot nyom : : EBA
- Az ,A' mellékállomás tárcsázza ,B' számát : : A # B
- Különleges tevékenységnek tekinthető felhasználói magatartás a bizonyos időtartamon túlnyúló tétlenség : : OUTT

### 1.4. Az állapotváltozás leírása

Az állapotváltozások leírásakor a kiváltó tevékenység szimbólumától a kiinduló állapot szimbólumát : jellel választjuk el, jobbra mutató nyíl után következik az új állapot szimbóluma.

$\langle \text{KIVÁLTÓ TEVÉKENYSÉG} \rangle : \langle \text{KIINDULÓ ÁLLAPOT} \rangle = \Rightarrow \langle \text{ÚJ ÁLLAPOT} \rangle$

Például, ha a tárcsahangot kapó ,A' mellékállomás bont, és emiatt felszabadul, akkor ez az állapotváltozás az alábbi formában írható fel:

$\text{ONA} : [\text{A} ! \text{TH}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{FREE}]$

Az  $\langle \text{ÚJ ÁLLAPOT} \rangle$  lehet kettő vagy több független állapotszimbólumból álló kifejezés is, ezeket ilyenkor az & jel választja el.

Az ,A' és a ,B' mellékállomások beszédkapcsolatban vannak. Az ,A' mellékállomás bont, ennek hatására az ,A' mellékállomás felszabadul, a ,B' mellékállomás pedig foglaltsági hangot kap:

$\text{ONA} : [\text{A} * \text{B}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{FREE}] \& [\text{B} ! \text{FH}]$

Ha az  $\langle \text{ÚJ ÁLLAPOT} \rangle$  meghatározott feltételtől függ, az „IF THEN ELSE” típusú kifejezést használjuk.

Az ,A' mellékállomás tárcsázza a ,B' mellékállomás számát. Ha a ,B' mellékállomás szabad, csengetési állapot áll elő, ha nem, az ,A' mellékállomás foglaltsági hangot kap:

$\text{A} \# \text{B} : [\text{A} ! \text{TH}] = \Rightarrow \text{IF } [\text{B} = \text{FREE}] \text{ THEN } [\text{A} - \> \text{B}] \text{ ELSE } [\text{A} ! \text{FH}]$



SZEGHY ISTVÁN

Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki

Egyetemen végezte, ahol 1954-ben gyengeáramú villamosmérnöki oklevelet kapott. 1954–1958 között üzemmérnök az Elektronikus Mérőkészülékek Gyárában (EMG). 1958-tól az Elektromechanikai Vállalatnál (EMV) mint fejlesztőmérnök, majd laborvezető, kommunikációs rádióadók fejlesztésével foglalkozott. Jelenleg a BHG Fejlesztési Intézetében (az EMV jogutódjánál) annak a laboratóriumnak a vezetője, ahol egy digitális telefon alközpont család software fejlesztése folyik.

## 2. Alkalmazási példák

Egy szolgáltatás mindig meghatározott állapotokkal, ill. állapotátmenetekkel realizálódik.

- Egyes szolgáltatások igénybevételénél az állapotátmenetek meghatározott láncát kell létrehozni. Ilyen pl. a hívásátirányítás (follow me).
- Másoknál már az egyes állapotátmenetek önmagukban is utalnak a szolgáltatásra. Ilyen pl. a hívásátadás.

Mindkét típushoz tartozó szimbolikus leírást egy-egy példán mutatjuk be.

### 2.1. A hívásátadás leírása szimbolikus nyelven

A példában felsoroljuk a hívásátadással kapcsolatos összes állapotátmenet definícióját. Ezekből a tevékenységek különféle láncolatai állíthatók elő:

$\text{EBA} : [\text{A} \cdot \text{V}] = \Rightarrow [\text{A}(\text{V}) ! \text{TH}]$  (1)

$\text{OUTT} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{TH}] = \Rightarrow [\text{A}(\text{V}) ! \text{FH}]$  (2)

$\text{ONA} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{TH}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{FREE}] \& [\text{KEZELO} / \text{V} /]$  (3)

$\text{EBA} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{TH}] = \Rightarrow [\text{A} \cdot \text{V}]$  (4)

$\text{A} \# \text{B} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{TH}] = \Rightarrow \text{IF } [\text{B} = \text{FREE}] \text{ THEN } [\text{A}(\text{V}) - \> \text{B}] \text{ ELSE } [\text{A}(\text{V}) ! \text{FH}]$  (5)

$\text{ONA} : [\text{A}(\text{V}) - \> \text{B}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{FREE}] \& [\text{V} - \gg \text{B}]$  (6)

$\text{EBA} : [\text{A}(\text{V}) - \> \text{B}] = \Rightarrow [\text{A} \cdot \text{V}] \& [\text{B} = \text{FREE}]$  (7)

$\text{OFFB} : [\text{A}(\text{V}) - \> \text{B}] = \Rightarrow [\text{A}(\text{V}) * \text{B}]$  (8)

$\text{ONA} : [\text{A}(\text{V}) * \text{B}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{FREE}] \& [\text{B} \cdot \text{V}]$  (9)

$\text{EBA} : [\text{A}(\text{V}) * \text{B}] = \Rightarrow [\text{A} \cdot \text{V}] \& [\text{B} ! \text{FH}]$  (10)

$\text{ONB} : [\text{A}(\text{V}) * \text{B}] = \Rightarrow [\text{A}(\text{V}) ! \text{FH}] \& [\text{B} = \text{FREE}]$  (11)

$\text{OUTT} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{FH}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{BLOCKED}] \& [\text{KEZELO} / \text{V} /]$  (12)

$\text{ONA} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{FH}] = \Rightarrow [\text{A} = \text{FREE}] \& [\text{KEZELO} / \text{V} /]$  (13)

$\text{EBA} : [\text{A}(\text{V}) ! \text{FH}] = \Rightarrow [\text{A} \cdot \text{V}]$  (14)



## 2.2. Az előző fejezet állapotátmeneteinek értelmezése hagyományos formában

A következő fejezetben a mellékállomás rövidítése „má”, a fővonal rövidítése „fv” lesz.

- (1) Az ,A' má földelőgombot nyom: a ,V' fv tartásba kerül, az ,A' má tárcsahangot kap.
- (2) Tárcsahang állapotban leidőzít a rendszer: az ,A' má foglaltsági hangot kap, a ,V' fv tartásban marad.
- (3) Tárcsahang állapotban az ,A' má bont: felszabadul az ,A' má, a tartásban levő ,V' fv a kezelőre várakozik.
- (4) Tárcsahang állapotban az ,A' má földelőgombot nyom: a ,V' fv újra beszédállapotba kerül az má-val.
- (5) Az ,A' má tárcsázza a ,B' má számát:
  - ha a ,B' má szabad: indul a házi csengetés a hívott má-nak;
  - ha nem szabad: az ,A' má foglaltsági hangot kap, a ,V' fv továbbra is tartásban marad.
- (6) Házi csengetési állapotban az ,A' má bont: az ,A' má felszabadul, a ,B' má gyors csengetést kap.
- (7) Házi csengetési állapotban az ,A' má megnyomja a földelőgombot: a ,V' fv újra beszédállapotba kerül az ,A' má-val, a ,B' má csengetése megszűnik és a ,B' má felszabadul.
- (8) Házi csengetési állapotban a ,B' má jelentkezik: létrejön a beszédállapot az ,A' és a ,B' má között, a ,V' fv tartásban marad.
- (9) Visszahívásos beszédállapotban az ,A' má bont: az ,A' má felszabadul, a ,V' fv beszédállapotba kerül a ,B' má-val. Ezzel megtörtént a hívás átadása.
- (10) Visszahívásos beszédállapotban az ,A' má földelőgombot nyom: újra beszédállapot jön létre a ,V' fv és az ,A' má között, a ,B' má foglaltsági hangot kap.
- (11) Visszahívásos beszédállapotban a ,B' má bont: az ,A' má foglaltsági hangot kap, a ,V' fv továbbra is tartásban marad, a ,B' má felszabadul.
- (12) Az ,A' má foglaltsági hangot kap visszahívásban, és közben lejár az időzítés: az ,A' má

blokkoltta válik, a ,V' fv pedig a kezelőre várakozik.

- (13) Foglaltsági hang hallgatása közben az ,A' má bont: az ,A' má felszabadul, a ,V' fv a kezelőre vár.
- (14) Foglaltsági hang hallgatása közben az ,A' má megnyomja a földelőgombot: újra beszédállapot jön létre az ,A' má és a ,V' fv között.

Látható, hogy a „rövid” magyarázat is milyen nehézkes, és néhol pontatlan a szimbolikus leíráshoz képest.

## 2.3. A follow me leírása

Ebben az esetben a szolgáltatás igénybevételéhez meghatározott tevékenységek sorozatát kell elvégezni. Ezt a sorozatot egyetlen eljárásban foglalhatjuk össze. Az eljárásforma bevezetésével a számítógépes tesztelés lehetőségére gondolunk.

```
PROCEDURE FOLLOW_ME_BEIRAS;
BEGIN
```

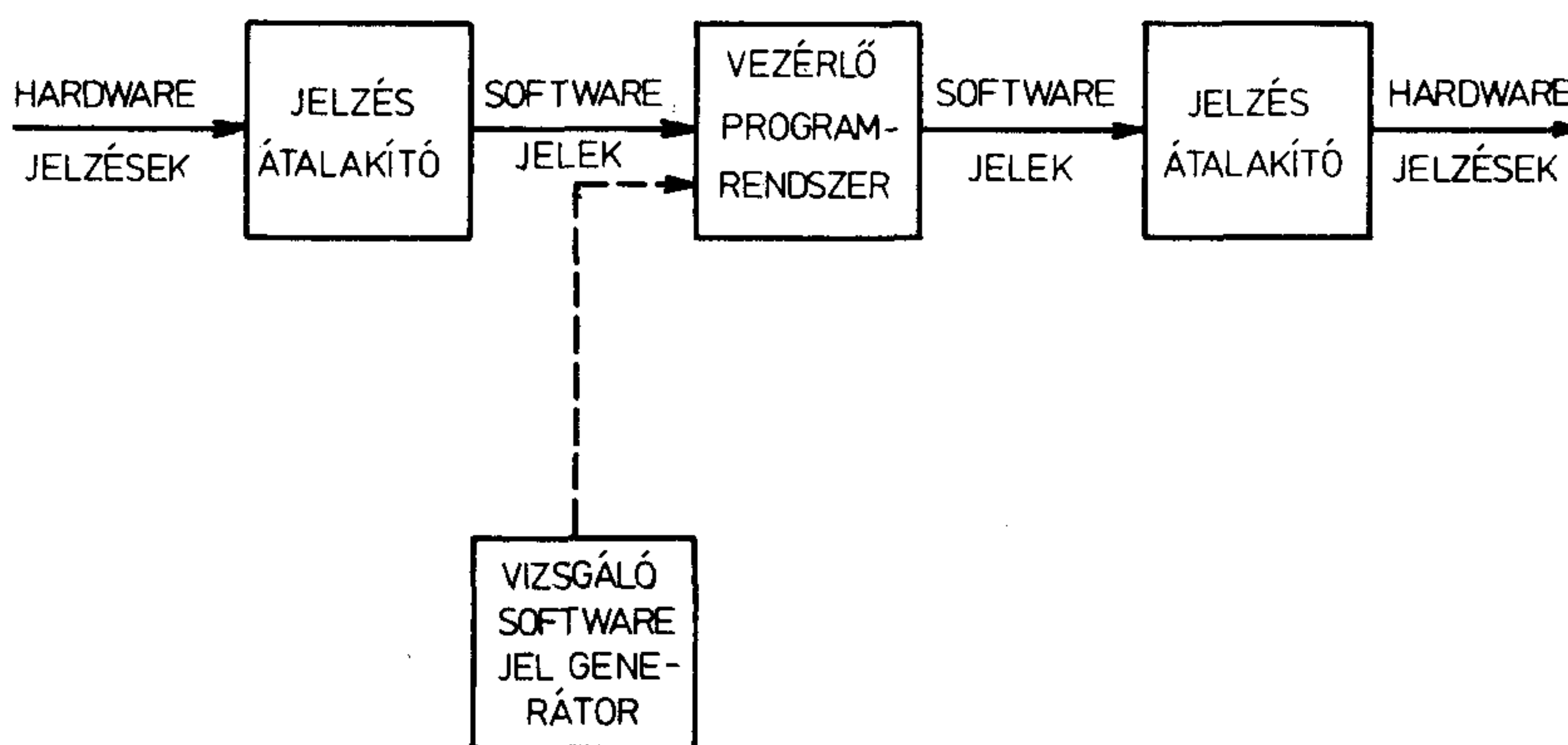
```
  OFFA:[A=FREE] => [A!TH],
  A#SPEC:[A!TH] => IF [A=JOGOS]
                    THEN [A!TH]
                    ELSE [A!FH],
  A#C:[A!TH]      => IF [C=LETEZO]
                    THEN [A!VH]
                    ELSE [A!FH],
  ONA:[A!VH]      => [A=FREE]
END FOLLOW_ME_BEIRAS
```

```
PROCEDURE HIVAS_ATIRANYITOTTRA;
BEGIN
```

```
  OFFB:[B=FREE] => [B!TH],
  B#A:[B!TH]    => IF [C=FREE]
                    THEN [B->C]
                    ELSE [B!FH],
  OFFC:[B->C]   => [B*C]
END HIVAS_ATIRANYITOTTRA
```

```
PROCEDURE FOLLOW_ME_TORLES;
BEGIN
```

```
  OFFA:[A=FREE] => [A!TH],
```



H949-1

1. ábra. Vizsgáló software jelgenerátor beiktatása a programrendszerbe



```

A # SPEC:[A!TH] = > IF [A =
                    ATIRANYITOTT]
                    THEN [A!VH]
                    ELSE [A!FH],
ONA:[A!VH]      = > [A = FREE]
END FOLLOW_ME_TORLES

```

### 3. A szimbolikus leíráson alapuló alközpont-vizsgálat

Az állapotváltozásokat kezdeményező tevékenységek lényegében külső, hardware változások (pl. mellékállomás jelentkezik, bont stb.). Ezeket egy hardware—software jelzésátalakító alrendszer ún. software jelekké alakítja át. A központ vezérlő programja ezeket mint bemenő adatokat használja. A program működési folyamata közben keletkező kimenő jelek szintén a software—hardware átalakítón keresztül jutnak ki a külvilágba.

Ha a programrendszer megfelelő helyére, pl. az operációs rendszerbe beiktatunk egy speciális programozható software jelgenerátort, ami szimulálja az első jelzésátalakítót (lásd az 1. ábrát), akkor tisztán software úton lehetőségünk van a központ vizsgálatára.

Az alközpont vizsgálatára használható forrásnyelvi program két blokkból áll:

1. A definíciós blokk,

2. A végrehajtandó utasítások blokkja.

1. A definíciós blokkban írjuk le az állapotváltozásokat kiváltó tevékenységeket, és a lehetséges állapotokat.

— Az állapotváltozás definiálásakor megadjuk a művelet szimbólumát, és a hozzá rendelt makrót, amely a megfelelő software jelzéseket generálja.

— Az állapot definiálásakor az állapot szimbólumát és egy makrót adunk meg, amely egy logikai értéket generál: ez true, ha a központ logikai állapota megegyezik a szimbólum által definiálttal, különben false.

A makrók megírásához természetesen ismerni kell a központ teljes programrendszerét!

2. A végrehajtandó utasítások blokkja a definíciós blokkban leírt szimbólumokból felépített lánc, amely meghatározott végjellel van lezárva.

— Ha például egy egyszerű belső hívási folyamatot akarunk programozni, akkor a forrásprogram az alábbiak szerint alakul:

```
OFFA, A # B, OFFB, ONA, ONB END
```

Ebben az esetben a jelgenerátor olyan jel-folyamatot állít elő, melynek hatására a központban egy belső hívás folyamata játszódik le.

— Ha a jelsorozat bizonyos pontjain ellenőrzést akarunk beiktatni, akkor az akciót leíró szimbólum helyett a forrásszövegben a teljes állapotváltozási formulát szerepeltetjük. Az előbbi példában, ha meg akarunk győződni arról, hogy az 'A' mellékállomás a kézbeselő felemelése után valóban kap-e tárcsahangot, a következőképpen alakítjuk a program szövegét:

```
OFFA:[A = FREE] = > [A!TH], A # B stb.
```

Ebben az esetben a => jel után szereplő szimbólumhoz tartozó makró megvizsgálja az állapotátmenet eredményeképpen a központban létrejött új állapotot, és előállítja a megfelelő logikai értéket. Ezeknek a kiértékelésére egy — szintén az operációs rendszerben futtatott — ellenőrző program alkalmazható.

A cikkben ismertetett elgondolás szerint megírt forrásprogramból egy fordító program állítja elő a tárgyprogramot. A fordító program készítése folyamatban van.

#### I R O D A L O M

- [1] *Tóth Pál*: Korszerű alközponti szolgáltatások. Híradástechnika XXXIV., 5. szám, 232, 1983.
- [2] *Horváth Gyula*: Távbeszélő központok identifikálása. BHG belső tanulmány, 1973.
- [3] CCITT, VIIth Plenary Assembly Geneva, 1980: Functional Specification and Description Language (SDL). Yellow Book, Vol. VI. 7., ITU, Geneva, 1981, REC. Z. 101 to Z. 104.

*Lapunk példányonként megvásárolható  
V., Váci utca 10.  
V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti  
hírlapboltokban*



# Josephson-átmenetek és számítógépes alkalmazásaik

MOHR LÁSZLÓ  
(KFKI)



## ÖSSZEFOGLALÁS

A mélyhűtött fém—szigetelő—fém átmenetek bizonyos körülmények között szupravezető tulajdonságot mutatnak. Ez teszi lehetővé kapcsolóeszközként történő felhasználásukat. A Josephson átmenetekre épülő, jelenleg még hipotetikus szupravezető számítógépek működési sebességben és teljesítményfelvételben egyaránt felülmúlják majd a mai legnagyobb kapacitású félvezető számítógépeket is. A kísérleti stádiumban rendelkezésre álló Josephson logikai és memória áramkörökből csak a technológia további finomításával készíthetők ténylegesen működő számítógépek.

## 1. Bevezetés

A számítógépek fejlődésének újabb fejezetét nyithatják meg a jelenleg még hipotetikus szupravezető számítógépek. A mai legkorszerűbb félvezető számítógépek ciklusideje  $\sim 50$  ns, míg egy szupravezetőből felépülő számítógépé, legalábbis elvileg, ennél egy nagyságrenddel is kisebb lehet  $\sim 1$  ns. Mindamellett a kutató a szó szoros értelmében hideg és zord tájakra téved, ha ilyen nagy működési sebességet kíván elérni. Mind az aktív eszközök kapcsolási idejének, mind a terjedési késleltetésnek jóval kisebbnek kell lennie 1 ns-nál.

1 ns alatt egy elektromos jel maximálisan néhány-szor 10 cm távolságra juthat el, ami azt jelenti, hogy egy szupravezető számítógép méretének ennek megfelelően igen kicsinek kell lennie. Ha egy hagyományos ultra nagysebességű félvezető számítógépet néhány  $\text{dm}^3$  térfogatba zsúfolnánk össze, akkor az építőelemek ebben a „számítógép-kohóban” egyszerűen megoldvánának. A kényszerű méretcsökkentés tehát szigorú korlátot szab a megengedett teljesítménydisszipációnak. Látni fogjuk, hogy az aktív szupravezető eszközök teljesítményfelvétele rendkívül kicsi,  $\mu\text{W}$  nagyságrendű.

Egy számítógép két alapvető feladatot lát el: információt dolgoz fel és tárolja azt. Az előbbihez logikai, az utóbbihoz memória áramkörökre van szükség. Szupravezető számítógépben mindkét típusú áramkör működési elve gyökeresen eltér a félvezető technikában megszokott elemekétől. A félvezető digitális technika kulcseleme a tranzisztor, míg a szupravezető áramköröké az ún. vezérelt Josephson-átmenet. A Josephson-átmenetek működése két, egymástól első pillanatban távol esőnek tűnő, kvantummechanikai jelenségen, a szupravezetésen és az alagúthatáson alapszik. A szupravezetést Kammerlingh Onnes fedezte fel 1911-ben, kielégítő mikroszkopikus elmélete azonban csaknem fél évszázaddal később, 1957-ben született meg, és három amerikai kutató,

## MOHR LÁSZLÓ

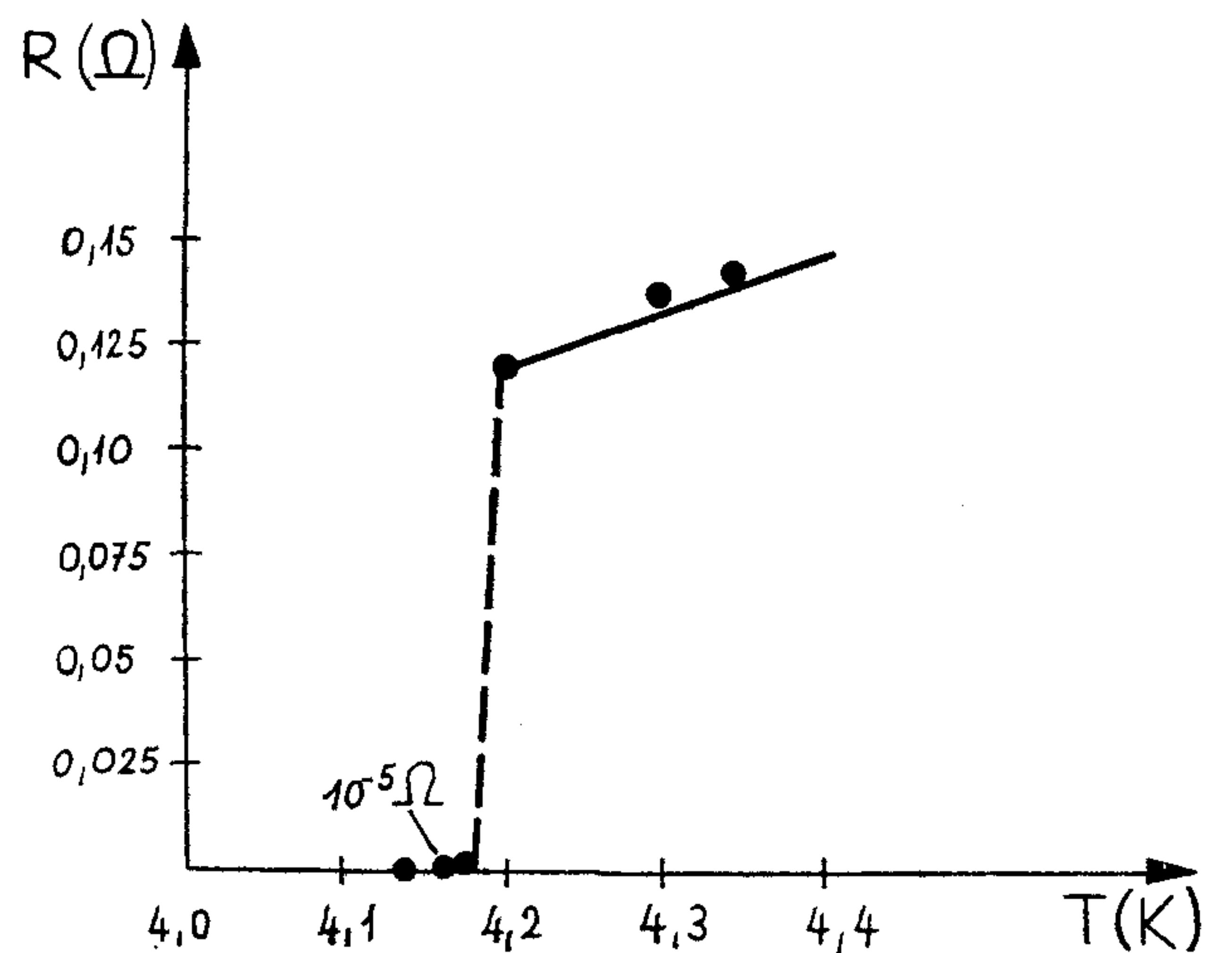
Egyetemi tanulmányait 1982-ben fejezte be a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán. Munkahelye a Központi Fizikai Kutató Intézet Mikroelektronikai

Kutató Intézetében van. MOS integrált áramkörök számítógépes szimulációjával foglalkozik. Jelenleg nappali szakmérnök képzésben vesz részt a BME Elektronikus Eszközök Tanszékén.

Bardeen, Cooper és Schrieffer nevéhez fűződik (BCS elmélet). Az alagúthatás első gyakorlati alkalmazása az Esaki által 1957-ben felfedezett félvezető tunnel dióda volt. Az 1960-as évek legelején Giaevernek sikerült szupravezető—szigetelő—normál állapotú fém átmenetben tunnel áramot kimutatnia.

Josephson a gyenge szupravezetőkre vonatkozó zseniális következtetéseit 1962-ben tette közzé. Összekapcsolva a szupravezetést és az alagúthatást levezette, hogy a szupravezető fém tunnel átmenetben maguk a szupravezetésért felelős Cooper-párok is átjuthatnak az átmeneten alagúthatással. Josephson ezen túlmenően megadta a gyenge szupravezetők mágneses, ill. elektromos térben tanúsított viselkedését is.

Csak megemlítjük, hogy a Josephson-átmeneteknek számos rendkívül fontos mérés-technikai alkal-



H935-1

1. ábra. A Hg ellenállásának hőmérsékletfüggése az abszolút zérus fok közelében

Beérkezett: 1983. XII. 4. (H)



mazása is van, de ezek tárgyalása kívül esik a cikk keretein. A következő pontban rövid áttekintést adunk a Josephson-effektus fizikai hátteréről. A harmadik pont a számítógépes alkalmazásokból ad ízelítőt. Bemutatjuk a tipikus logikai kapuáramköröket, memóriacellákat, és utalunk néhány technológiai kérdésre is.

## 2. Elméleti áttekintés

### 2.1. Szupravezetés

Kammerlingh Onnes 1911-ben a Hg ellenállásának változását mérte a hőmérséklet függvényében, és azt tapasztalta, hogy a Hg ellenállása 4 K körül ugrás-szerűen eltűnik (1. ábra). Később bebizonyosodott, hogy számos egyéb fém, ill. ötvözet hasonló viselkedést mutat az abszolút zérus fok közelében. Az ilyen anyagokat szupravezetőknek nevezzük. A szupravezetőknek tehát, mint a nevük is mutatja, zérus az ellenállásuk, ugyanakkor egy ettől teljesen független, meglepő elektromos tulajdonsággal is rendelkeznek.

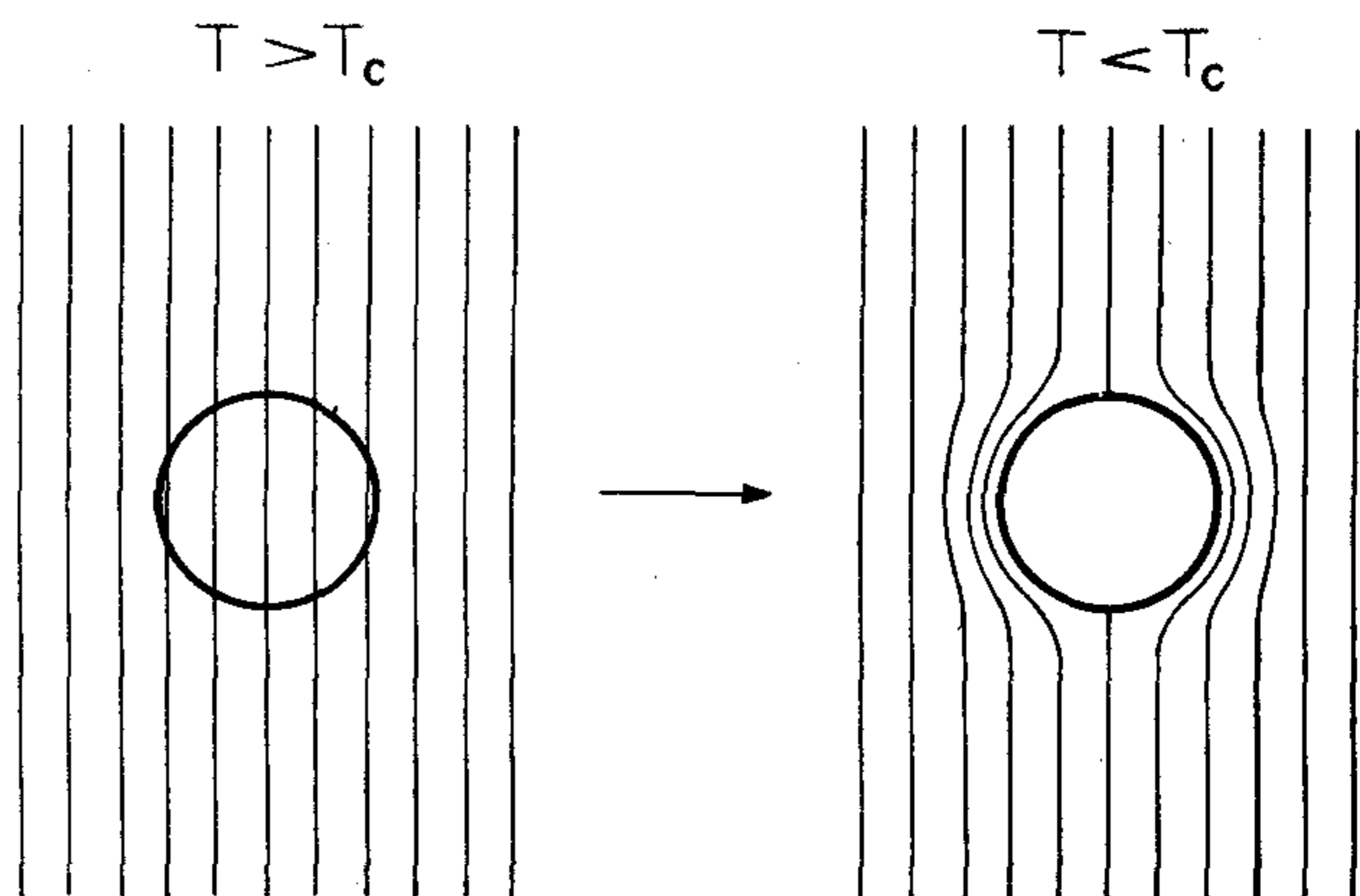
Ha mágneses tér is jelen van, a Maxwell-egyenletek szerint azt várnánk, hogy a hőmérséklet csökkentésével a szupravezető állapotba került anyagba a mágneses indukcióvonalak befagynak. A valóságban azonban éppen ellenkezőleg, a szupravezetővé vált anyag a mágneses indukcióvonalakat kilöki magából (Meissner-effektus). A szupravezetők tehát tökéletes *diamágnesek* (2. ábra).

A szupravezető anyagok makroszkopikus viselkedését a kritikus paraméterekkel szokták jellemezni. Ezek közül a legfontosabb a *kritikus hőmérséklet* ( $T_c$ ), amely anyagállandó, és azt a maximális hőmérsékletet adja meg, amely felett az illető anyag elveszti szupravezető tulajdonságát. A gyakorlat számára fontos ólom és nióbium kritikus hőmérséklete 7,2 K, illetve 9,4 K.

A szupravezető állapot nemcsak a hőmérséklet növelésével, hanem bizonyos mágneses térerősség, vagy ami ezzel teljesen ekvivalens, bizonyos áramérték felett is eltűnik. Így beszélhetünk *kritikus mágneses térerősségről* ( $H_c$ ), illetve *kritikus áramsűrűségről* ( $J_c$ ). Tipikus értékek  $H_c \sim 40 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$ ,  $J_c \sim 10^{11} \text{ A/m}^2$ .

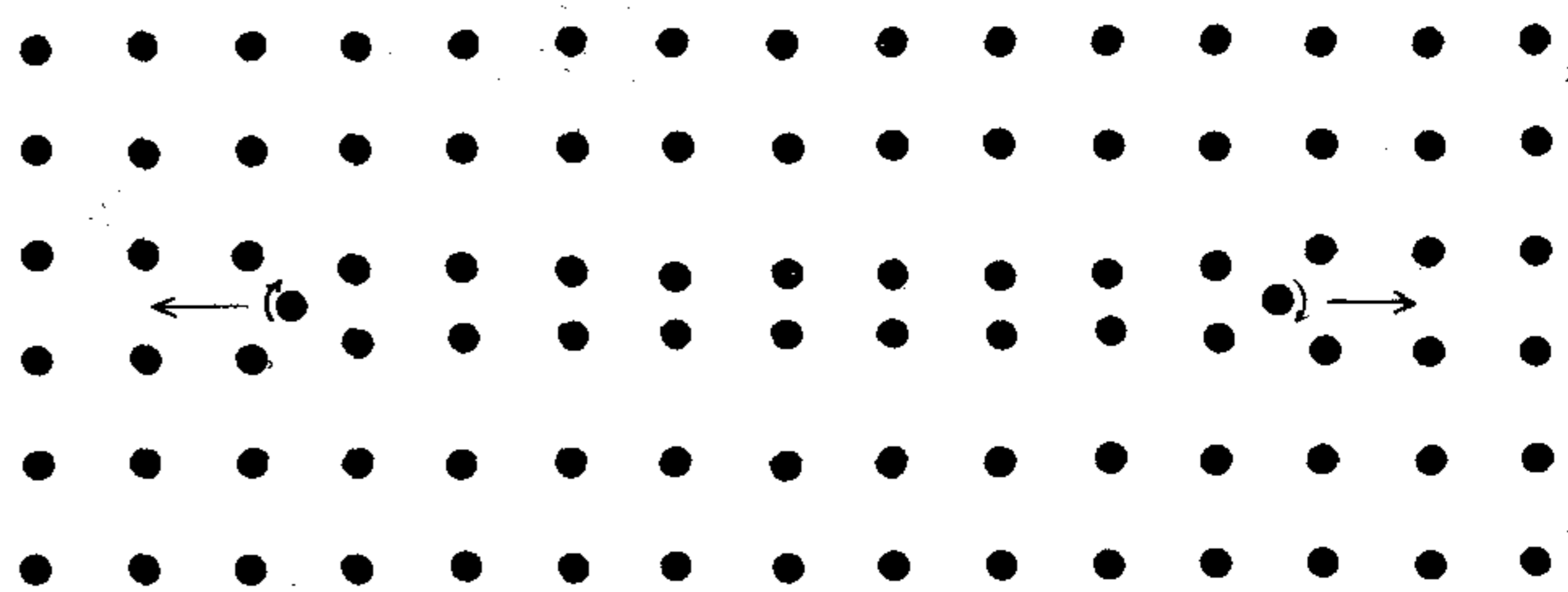
Mindkét utóbbi kritikus paraméter hőmérsékletfüggő, maximális értéküket  $T=0$  K-nél veszik fel, és fokozatosan zérusra csökkennek  $T=T_c$  hőmérséklet felé haladva.

Mint tudjuk, szobahőmérsékleten a vezetőkben az elektromos áramot elektronok hozzák létre. Az elektronok a rácspontokban ülő ionokon szóródnak, ez okozza az ellenállást. A BCS elmélet [1] legnagyobb érdeme annak a felismerése, hogy a szupravezetővé vált anyagban alapvetően megváltozik a *vezetés mechanizmusa*. „Közönséges” elektronok helyett túlnyomórészt új részecskék, az ún. *Cooper-párok* közvetítik az áramot. Abszolút zérus fokon kizárólag ezen új részecskék vesznek részt a vezetésben. A Cooper-párokat nagyfokú rendezettség jellemzi, valamennyi pár impulzusa teljesen megegyezik.



H935-2

2. ábra. A szupravezetők tökéletes diamágnesként viselkednek



H935-3

3. ábra. Az elektronok közötti gyenge kölcsönhatás kialakulása

Ebből viszont az következik, hogy áram esetén szóródás *nem* lép fel, így érthető az ellenállás eltűnése. A Cooper-párok kötött állapotú *elektronpárok*. A kötés indirekt jellegű. A párhoz tartozó egyik elektron a körülötte levő rácsot gyengén torzítja, a pozitív ionokban feldúsult réteg azután vonzó hatást gyakorol a másik elektronra (3. ábra). A kölcsönhatás rendkívül gyenge, már igen kis értékű kinetikus energia elegendő a párok felszakításához. A párokon belül az elektronok eredő impulzusa zérus. A koherens Cooper-párok tömegközéppontjának mozgásállapotát leíró kvantummechanikai hullámfüggvények fáziskülönbség nélkül összegződnek, így a szupravezető anyagot *egyetlen* „makroszkopikus” hullámfüggvény jellemzi.

A normális vezetést létrehozó elektronok és a Cooper-párok energiája között a hőmérséklettől függő *tiltott sáv* van. Az energiahézag maximális értékét  $T=0$  K-en veszi fel, és  $T=T_c$  hőmérsékleten válik zérussá. Ólomra  $T=4,2$  K-en  $U_g=2,8$  mV.

Az alkalmazások szempontjából ugyancsak fontos az az elméletből is adódó tény, hogy egy szupravezető gyűrű belsejébe zárt vagy befogott fluxus *kvantált*. Az elemi fluxus kvantum  $\Phi_0 = h/2q = 2,07$  mVps.

A kétféle vezetési mechanizmus éles megkülönböztetése kedvéért a normális vezetést létrehozó elektronokat a továbbiakban *ohmikus elektronoknak*, áramukat ohmikus áramnak fogjuk nevezni.



## 2.2. Alagúteffektus

A klasszikus fizika szerint egy részecske egy potenciálfalon akkor juthat át, ha kinetikus energiája nagyobb, mint a potenciálfal magassága. Ha kisebb, akkor a fal vastagságától függetlenül biztosan visszaverődik.

A kvantummechanika szerint azonban egészen más a helyzet. A potenciálfal magasságánál kisebb kinetikus energiájú részecskék is „átfúrhatják” a potenciálfalat, és átkerülhetnek a másik oldalra. Ez a következő megfontolással látható be. Egy elektronhoz vagy tetszőleges más részecskéhez rendelt hullámfüggvény a potenciálfalon folytonosan megy át és exponenciális lefutású. Megfelelő potenciálfal-magasság és -vastagság esetén, a fal másik oldalán még számottevő a valószínűsége annak, hogy a részecske átjutott.

Giaever ilyen potenciálgátat reprezentáló szupra-vezető—szigetelő—normál állapotú fém struktúrában végzett méréseket [2]. A szigetelő réteg vastagsága 2 nm volt. Az átmenetre kapcsolt feszültség hatására Giaever ohmikus elektronok tunnel áramát észlelte. A kísérlettel egyúttal a Cooper-párok és az ohmikus elektronok energiája közötti tiltott sáv nagysága is meghatározható.

## 2.3. Josephson-effektus

A szupra-vezetők mint láttuk, tökéletes vezetőkként és diamágnesekként viselkednek, azaz belsejükben az elektromos és mágneses tér zérus. Josephson olyan fém—szigetelő—fém átmeneteket vizsgált, amelyek fém részei szupra-vezető állapotban vannak [3]. A korábbiakhoz hasonlóan azt találta, hogy a valóságban mindig jelen levő ohmikus elektronok tunnel árama folyhat az átmenetben keskeny szigetelő réteg esetén. Josephson elméleti úton levezette, hogy ezen kívül maguknak a Cooper-pároknak *szupra-tunnel* árama is folyhat bizonyos körülmények között, azaz az átmenet nemcsak közönséges vezetőként, hanem szupra-vezetőként is működhet. A szupra-vezetésért felelős párképződési mechanizmus mintegy átnyúlik a szigetelő rétegen.

A szupra-vezető tulajdonságot mutató átmenet kritikus télerőssége, illetve árama lényegesen kisebb, mint egy közönséges szupra-vezetőé. Josephson az ilyen átmeneteket ezért *gyenge szupra-vezetőknek* nevezte el. Matematikailag a gyenge szupra-vezetők különleges viselkedését az ún. Josephson-egyenletek írják le. Az első egyenlet azt fejezi ki, hogy az átmenetben folyó *szupra-áramsűrűség* periodikus függvénye a két szupra-vezető fémréteghez tartozó eredő hullámfüggvények fáziskülönbségének:

$$J = J_1 \sin \Phi, \quad (1)$$

ahol  $J_1$  az átmenetben folyó maximális szupra-áramsűrűség,  $\Phi$  pedig a fáziskülönbség (4. ábra).

A számítógépes alkalmazások szempontjából döntő jelentőségű a Josephson-átmenet viselkedése *mágneses térben*. A szupra-áramsűrűség ugyanis a fáziskülönbségen keresztül periodikus függvénye a mágneses télerősségnek:

$$\nabla^{(2)} \Phi = \frac{2qd}{\hbar} (\mathbf{H} \times \mathbf{n}), \quad (2)$$

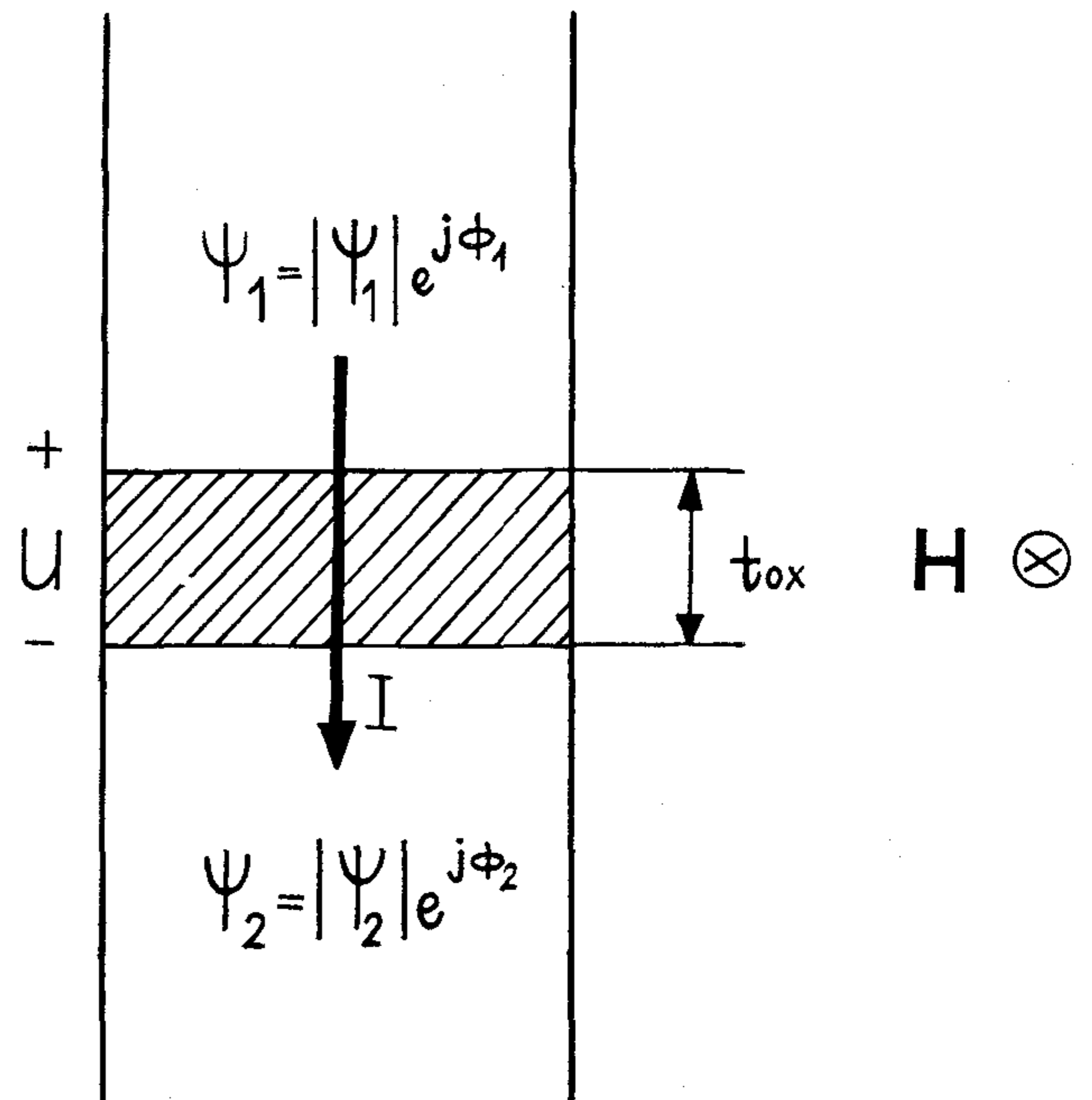
ahol  $q$  az elektron töltése,  $\hbar$  a Planck-állandó  $2\pi$ -vel elosztott értéke,  $d$  az a távolság, amelyen keresztül a mágneses tér behatol az átmenetbe,  $\mathbf{H}$  a mágneses télerősség vektor,  $\mathbf{n}$  pedig egységvektor (4. ábra). A szupra-áramsűrűség—mágneses télerősség szinuszos jellegű kapcsolatából következik, hogy bizonyos mágneses télerősségnél az átmenet elveszti szupra-vezető tulajdonságát.

Nem kevésbé meglepő eredményre vezet az átmenetben folyó szupra-áramnak az *elektromos térre* adott válasza. Ekkor ugyanis, ugyancsak az első összefüggésen keresztül az áram periodikus függvénye lesz az időnek:

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{2q}{\hbar} U, \quad (3)$$

ahol  $U$  az átmenetre kapcsolt feszültség. (3) összefüggésből kiolvasható, hogy feszültség esetén az átmenetben nagyfrekvenciás szupra-áram folyik (500 GHz/mV).

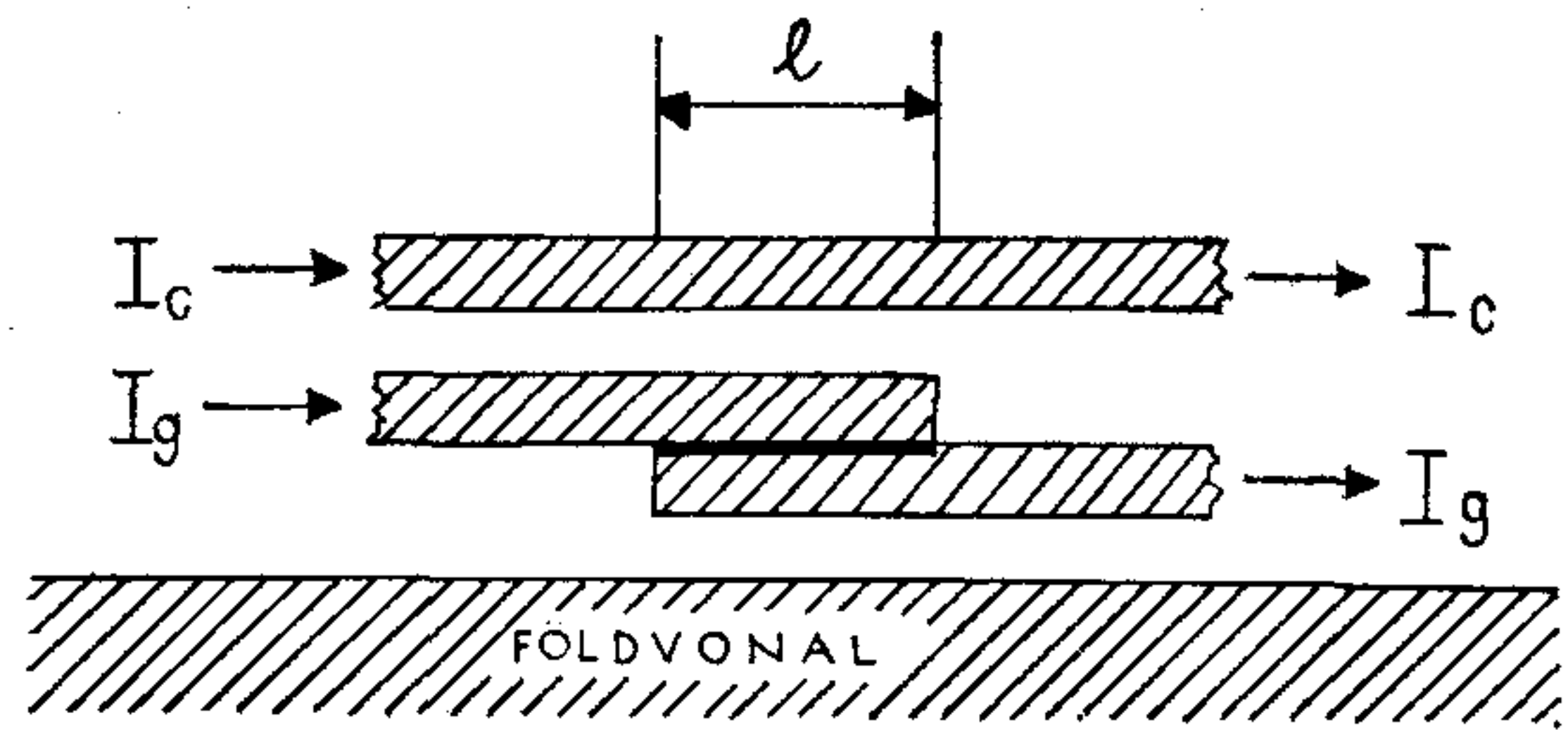
Az eddigieket összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a Josephson-átmenetben feszültség nélkül a Cooper-párok szupra-tunnel-árama folyik. Bizonyos mágneses télerősségek esetén az átmenet elveszti szupra-vezető tulajdonságát, az átmeneten feszültség jelenik meg, és az ohmikus elektronok tunnel áramán kívül nagyfrekvenciás szupra-áram indul meg. A Josephson-átmenet eredő árama a Josephson-egyenletek által meghatározott szupra-áramból, az ohmikus elektronok tunnel áramából, illetve a fémrészek által reprezentált kapacitásból származó, kapacitív áramból tevődik össze.



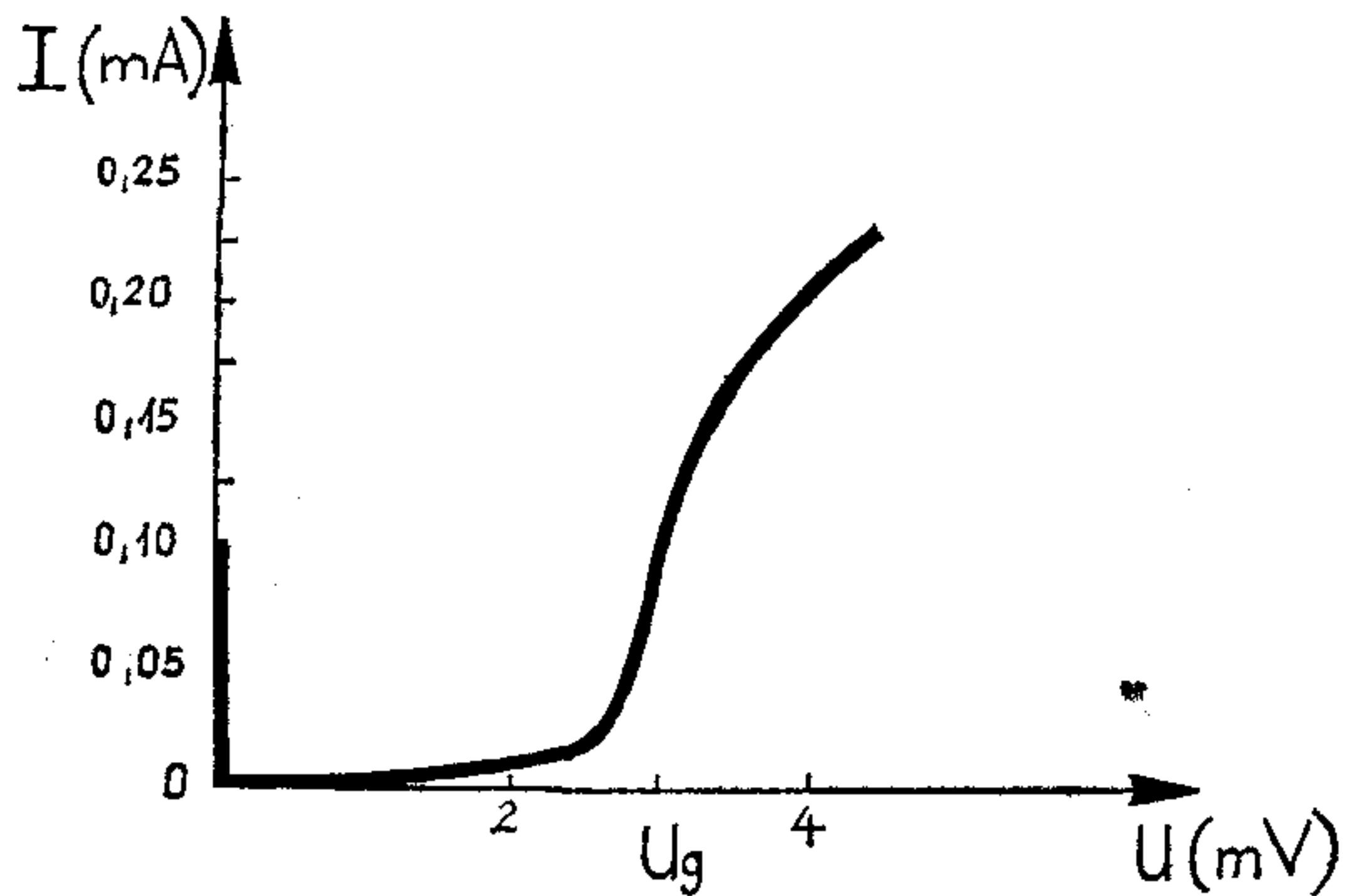
H935-4

4. ábra. Szupra-vezető tunnel átmenet

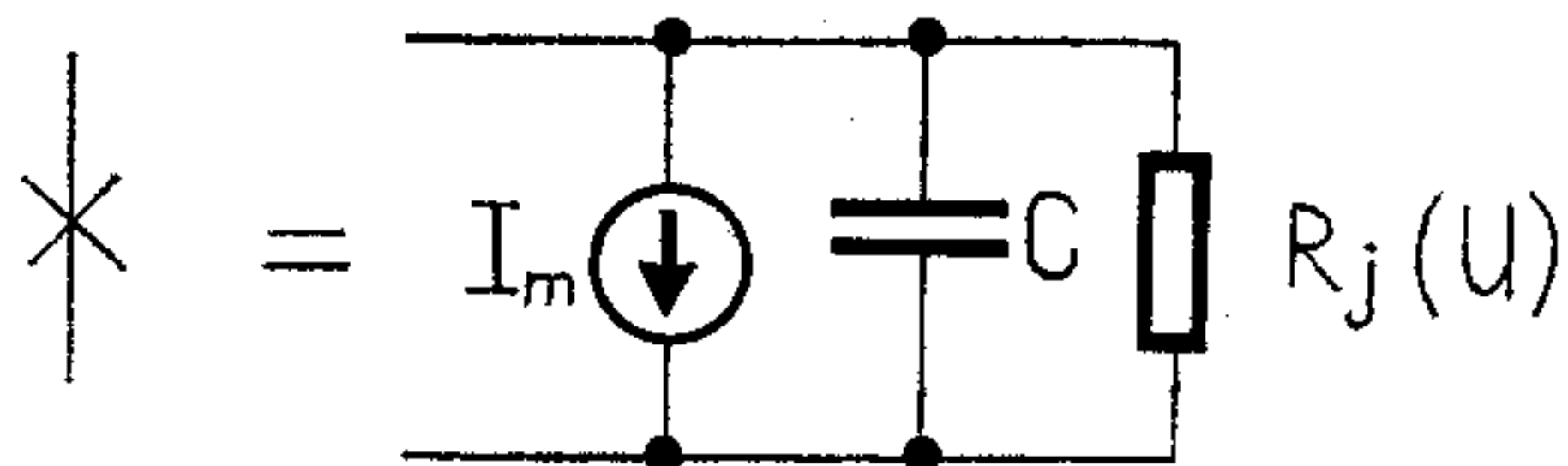




a)



b)



c)

H935-5

5. ábra. Vezérelt Josephson-átmenet. a) legegyszerűbb gyakorlati megvalósítása, b) egyenáramú  $I-U$  karakterisztikája, c) pontszerű átmenet elektromos helyettesítő képe

### 3. Számítógépes alkalmazások

Ezek után rátérünk a szupravezető számítógépben felhasználható logikai és memória áramkörök ismeretetésére. Áttekintésünk során nem foglalkozunk architektúrával, kérdésekkel, mivel egy leendő szupravezető számítógép funkcionális felépítése, ill. az egyes egységek szervezése teljesen hasonló lesz a félvezető számítógépekéhez. Azonban még így is csak a témakör vázlatos, rendszerező jellegű bemutatására szorítkozhatunk.

#### 3.1. Josephson-kapcsoló

A szupravezető digitális technika kulcseleme a *vezérelt Josephson-átmenet*, amely teljesen hasonló funkciót tölt be, mint a hagyományos logikai áramkörök esetében a félvezető tranzisztor. Tulajdonképpen nem más, mint egy kapcsoló, amely egy adott áramot vagy az eszközön keresztül közvetlenül a földre vezet, vagy a másik szakadós állapotában egy kimeneti áramkörre juttat.

A vezérelt Josephson-átmenetek legegyszerűbb

változatát láthatjuk az 5a ábrán [4]. Az eszköz felépítésében három rész különböztethető meg. Az első a *földvonal*, amelynek funkciójáról később lesz szó, a második maga a *Josephson-átmenet*, amelynek áramát  $I_g$ -vel jelöltük, míg végül legfelül látható az átmenettel induktív csatolásban levő vezérlő vonal, amelynek árama  $I_c$ .

A rajz vonalkázott részei különleges ólom-, illetve nióbbium-ötvözetekből készülnek, mivel ezeknek az anyagoknak a kritikus hőmérséklete viszonylag magas a hűtőfolyadékként használt folyékony He hőmérsékletéhez ( $T=4,2$  K) képest [5]. Az átmenethez tartozó elektródákat vékony szigetelő réteg (5–10 nm) választja el, amely az alsó elektróda speciális oxidációjával készül. Az átmenetet a földvonalról és a vezérlő vonaltól vastag oxidréteg választja el.

Ha egy ilyen eszközt a fémelektródák kritikus hőmérséklete alá hűtünk, akkor az átmenet egyenáramú áram-feszültség karakterisztikája erősen *nemlineáris* válik, a már említett kétféle tunnelezési mechanizmus következtében (5b ábra). A kétágú  $I-U$  karakterisztika első ága a zérus feszültséghez tartozó szupratunneláram, míg a második a normál tunnelezésből származó ohmikus áram feszültségfüggését mutatja. Az ábrából leolvasható, hogy a kialakuló  $U_g$  nagyságú tiltott sáv miatt az ohmikus elektronok alagútárama csak abban az esetben folyik, ha az átmeneten legalább  $U_g$  feszültség esik, amit egy  $R_j(U)$  nemlineáris ellenállással szoktak figyelembe venni. Az ábrán  $I_m$  a maximális zérus feszültségű szupratunneláramot jelenti.

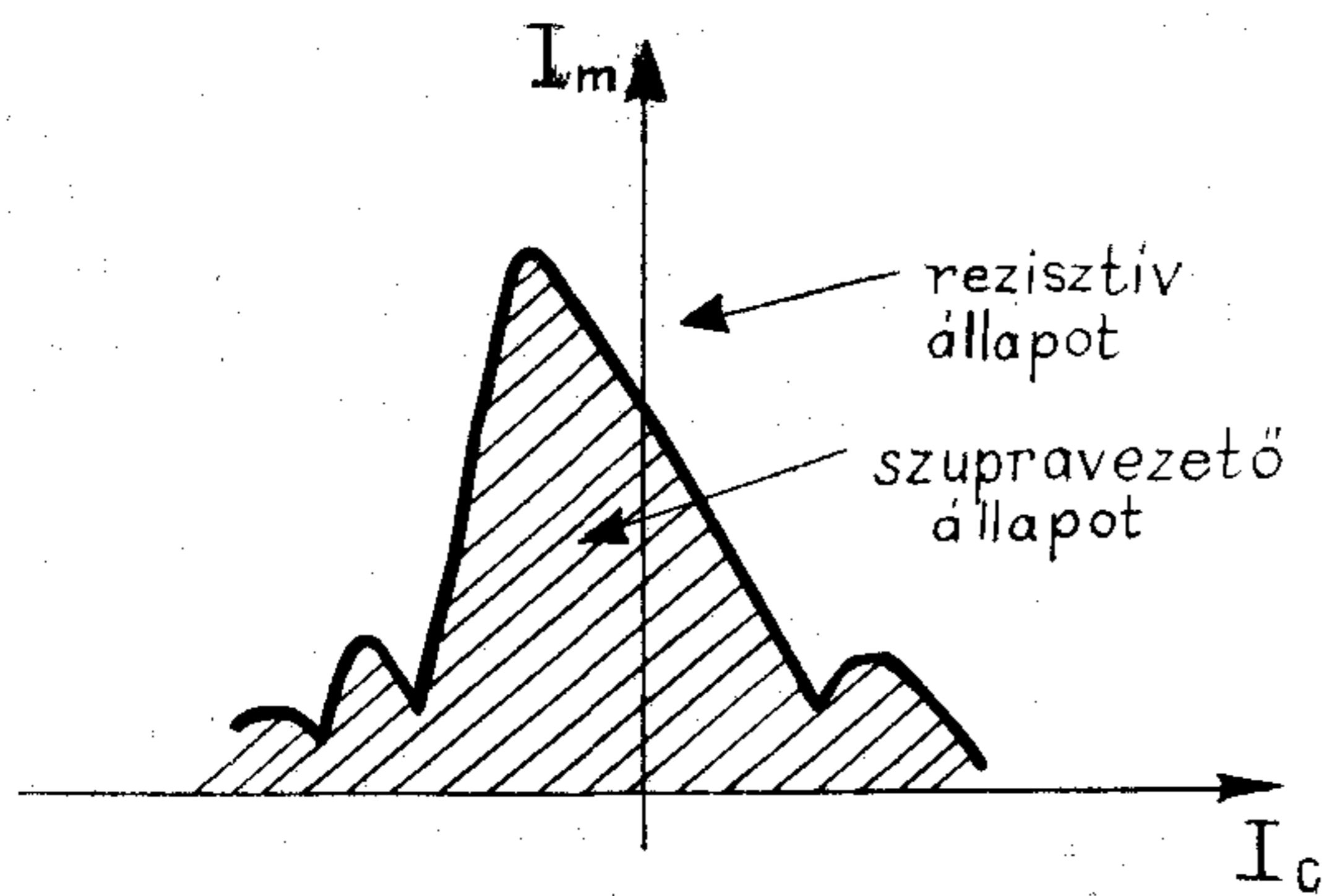
Az 5c ábra egy pontszerűnek tekintett átmenet jelképi jelölését, illetve *elektromos helyettesítő képét* mutatja. A bal oldali ág a Josephson-áramkomponens, a középső az átmenethez tartozó elektródák által reprezentált  $C$  kapacitás, míg a jobb oldali ágba az  $R_j(U)$  nemlineáris ellenállás található.

Az átmenet tehát valóban kétállapotú kapcsolónak tekinthető.  $U=0$  esetén rövidzárként működik, ezt *szupravezető állapotnak* nevezik, a  $0-U_g$  feszültségtartományban áram gyakorlatilag nem folyik, ez az ún. *rezisztív állapot*.

Nem beszéltünk eddig arról, hogyan lehet az egyik állapotból a másikba átkapcsolni. Előrebocsátjuk, hogy a most következő nem az egyetlen lehetőség. Az előzőek alapján nyilvánvaló, hogy az átmenet mindaddig szupravezető állapotban marad, amíg  $I_g$  kisebb, mint a megengedett zérus feszültséghez tartozó  $I_m$  áram. Az  $I_c$  vezérlő árammal, azaz a mágneses térerősséggel, éppen  $I_m$  értékét változtathatjuk, miközben az  $I_g$ -t állandó értéken tartjuk. Ha  $I_m$  értékét  $I_g$  alá csökkentjük, az átmenet lezár, és  $I_g$  a kimeneti áramkörre jut. Az  $I_m(I_c)$  összefüggést megadó görbét *küszöbkarakterisztikának* nevezzük (6. ábra). Az elnevezés onnan származik, hogy a görbe alatti tartomány az eszköz szupravezető állapotának, míg a görbe feletti rész rezisztív állapotnak felel meg. Megjegyezzük, hogy a küszöbkarakterisztika meglepő hasonlóságot mutat az optikából ismert egyetlen részhez tartozó diffrakciós görbéhez.

A Josephson-áramkörök ún. *latching működésűek*. Ez azt jelenti, hogy a szupravezető állapotból a rezisztívbe történő átbillenés után az áramkör bemene-tének tekintett  $I_c$  vezérlő áram hatástalanná válik,





H935-6

6. ábra. A Josephson-átmenet küszöbkarakterisztikája

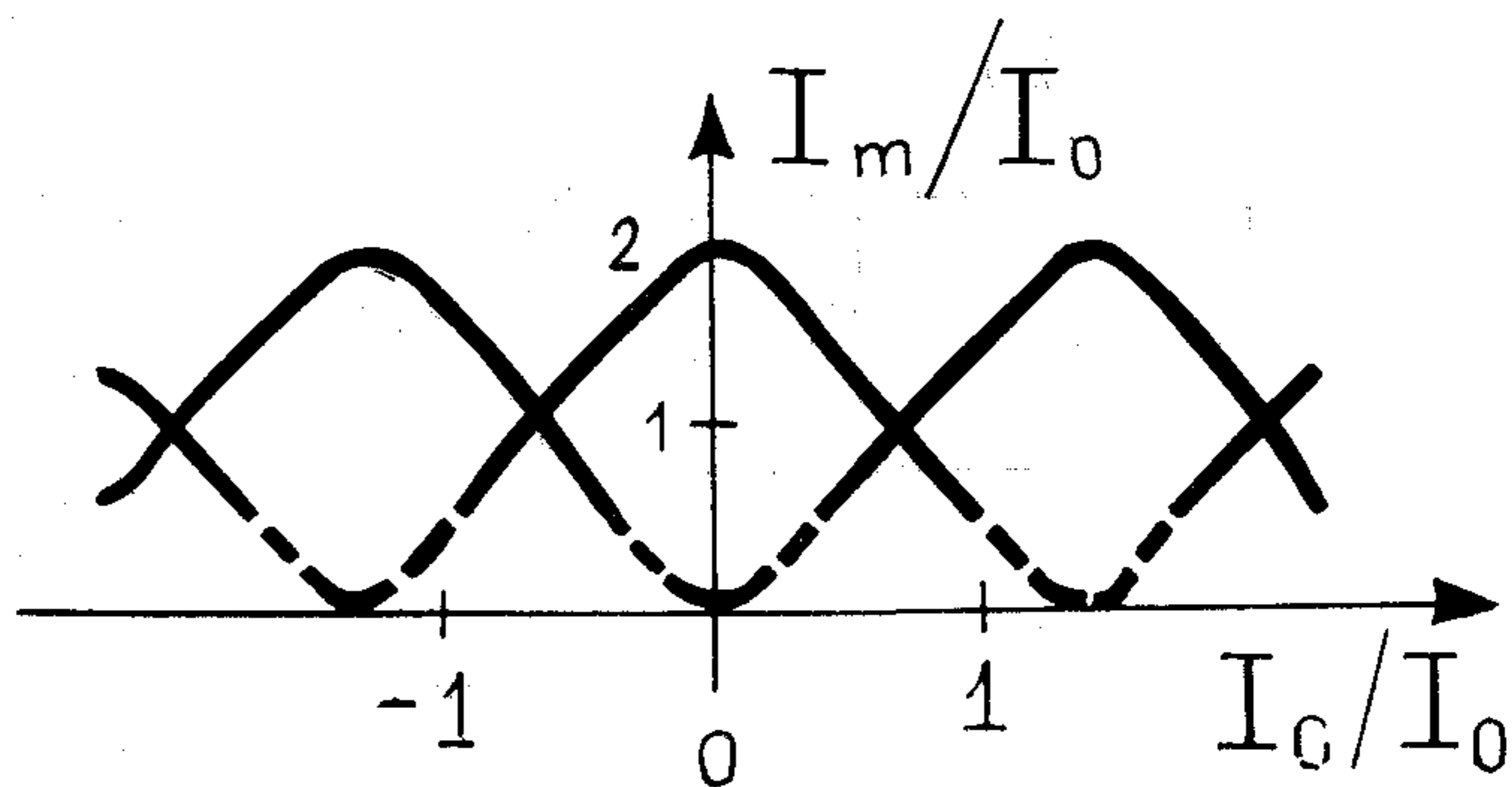
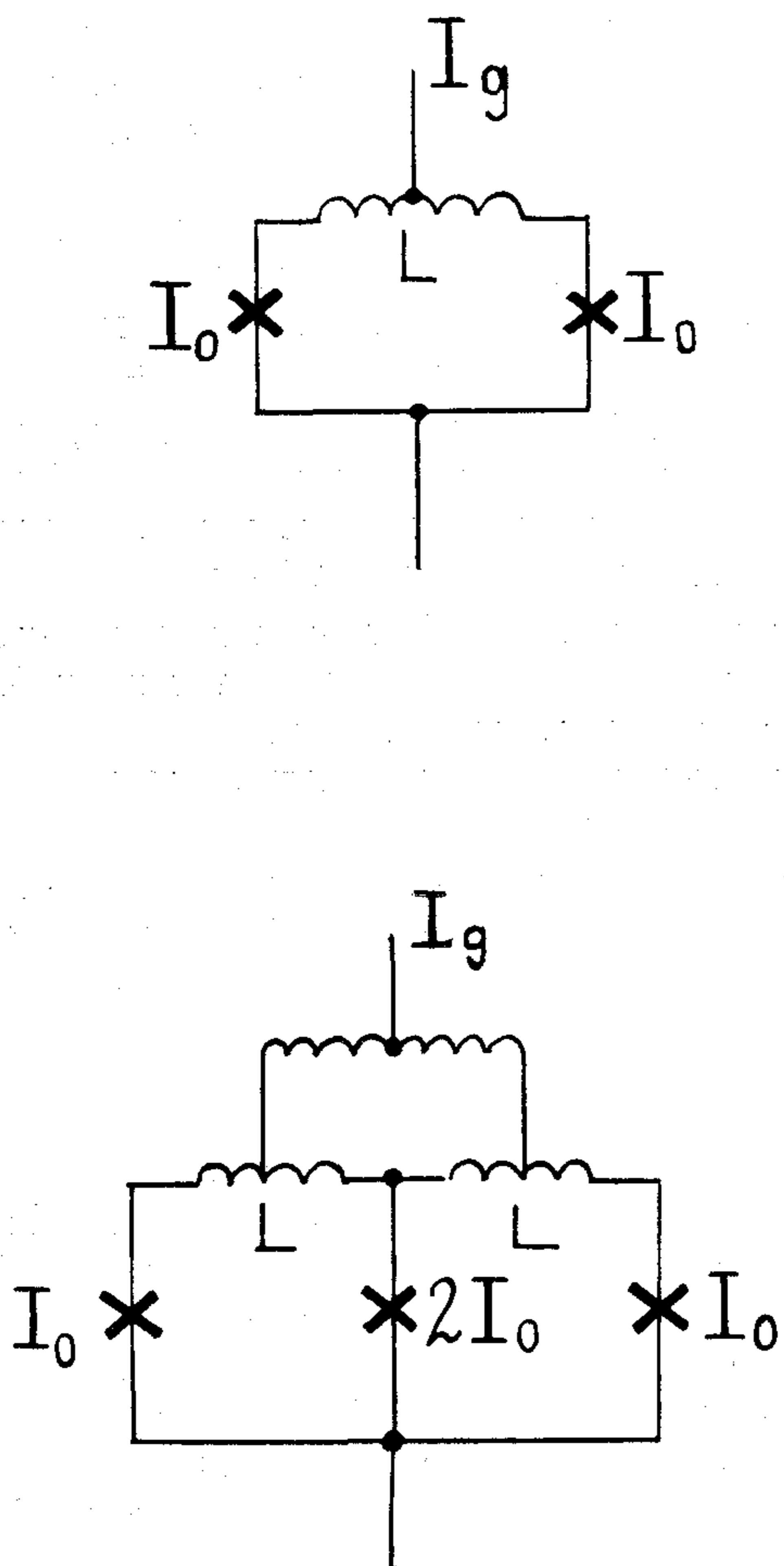
mivel az átmeneten levő feszültség megakadályozza az  $I_c$  által történő visszabillentést. A rezisztívból a szupravezető állapotba az eszköz  $I_g$  áram pillanatnyi megszakításával juttatható. Ez speciális teljesítményellátást igényel.

Az 5a ábrán látható alapeszköz érzékenysége csak az átmenet hosszirányú méretének növelésével fokozható. Ebben az esetben valóban csökken az alkalma-

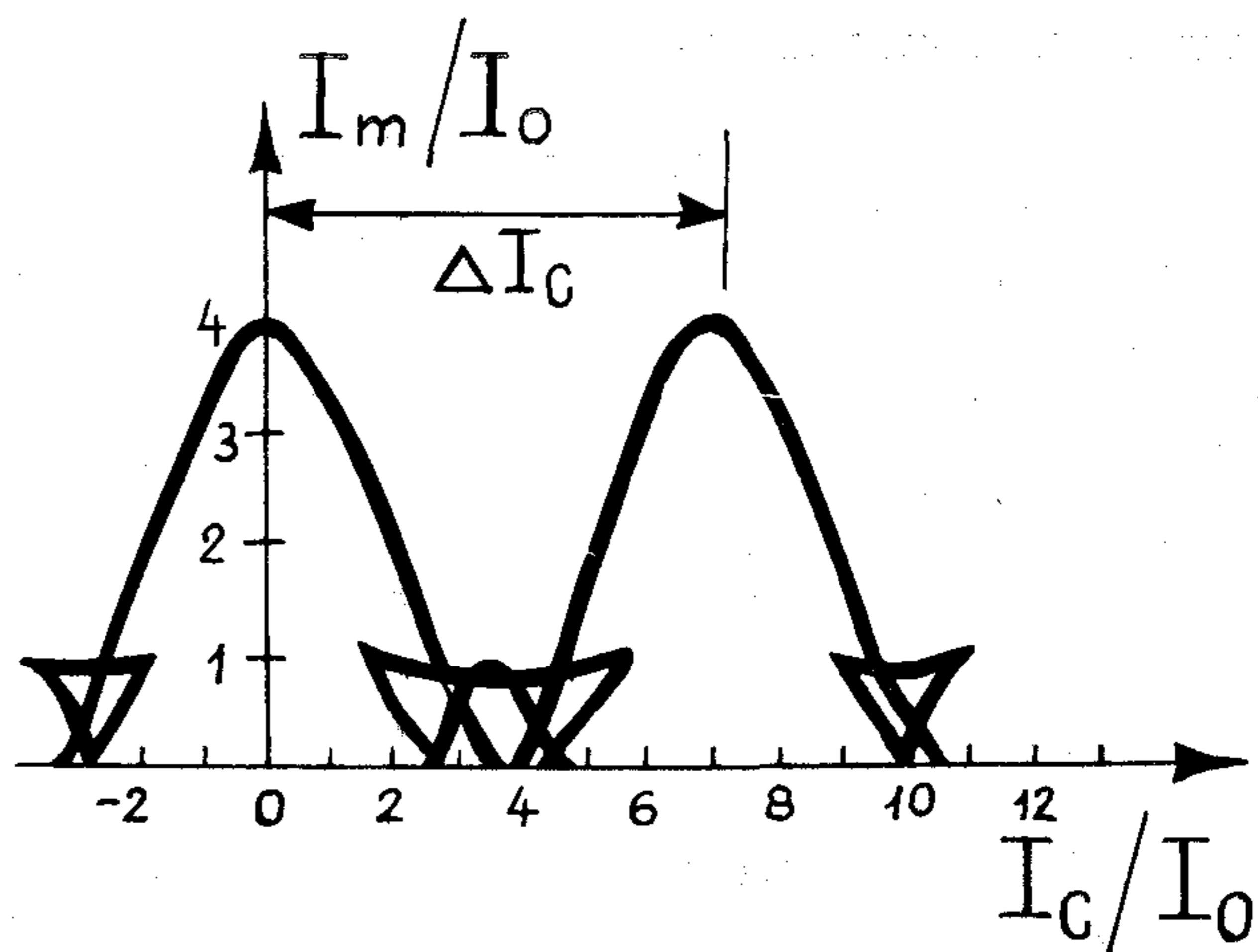
zott vezérlő áramok nagysága, viszont kisebb lesz a működési sebesség a megnövekedett kapacitás miatt. Ezért a korszerű nagy érzékenyséű Josephson-kapcsolók egyetlen átmenet helyett több, szupravezető hurokkal összekötött pontszerű átmenetből épülnek fel. Ezek a SQUID (superconducting quantum interference device) áramkörök.

A gyakorlatban két típusuk terjedt el. Az egyik a két átmenetes, vagy más néven két diódás, a másik a három diódás Josephson-interferométer (7a–b ábra). Az átmeneteket összekötő szupravezető vonalak induktivitása  $L$ . A vezérlő vonalak itt is induktív csatolásban vannak a hurkokkal.

A 7a ábrán látható a két diódás interferométer küszöbkarakterisztikája, amelynél különös jelentősége van a szupravezető és rezisztív állapotot elválasztó görbe alatti tartomány szerkezetének [6]. Egy ilyen szupravezető hurokban ugyanis bizonyos esetekben gerjesztés nélkül is, az óramutató járásával megegyező vagy azzal ellentétes köráram folyhat. Így az eszköz működésében különböző egymást átfedő módusok vannak. A köráram nélküli esetnek a középső görbe felel meg, míg a két szomszédos görbe a külső gerjesztő áram mellett jelenlevő meghatározott irá-



a)



b)

H935-7

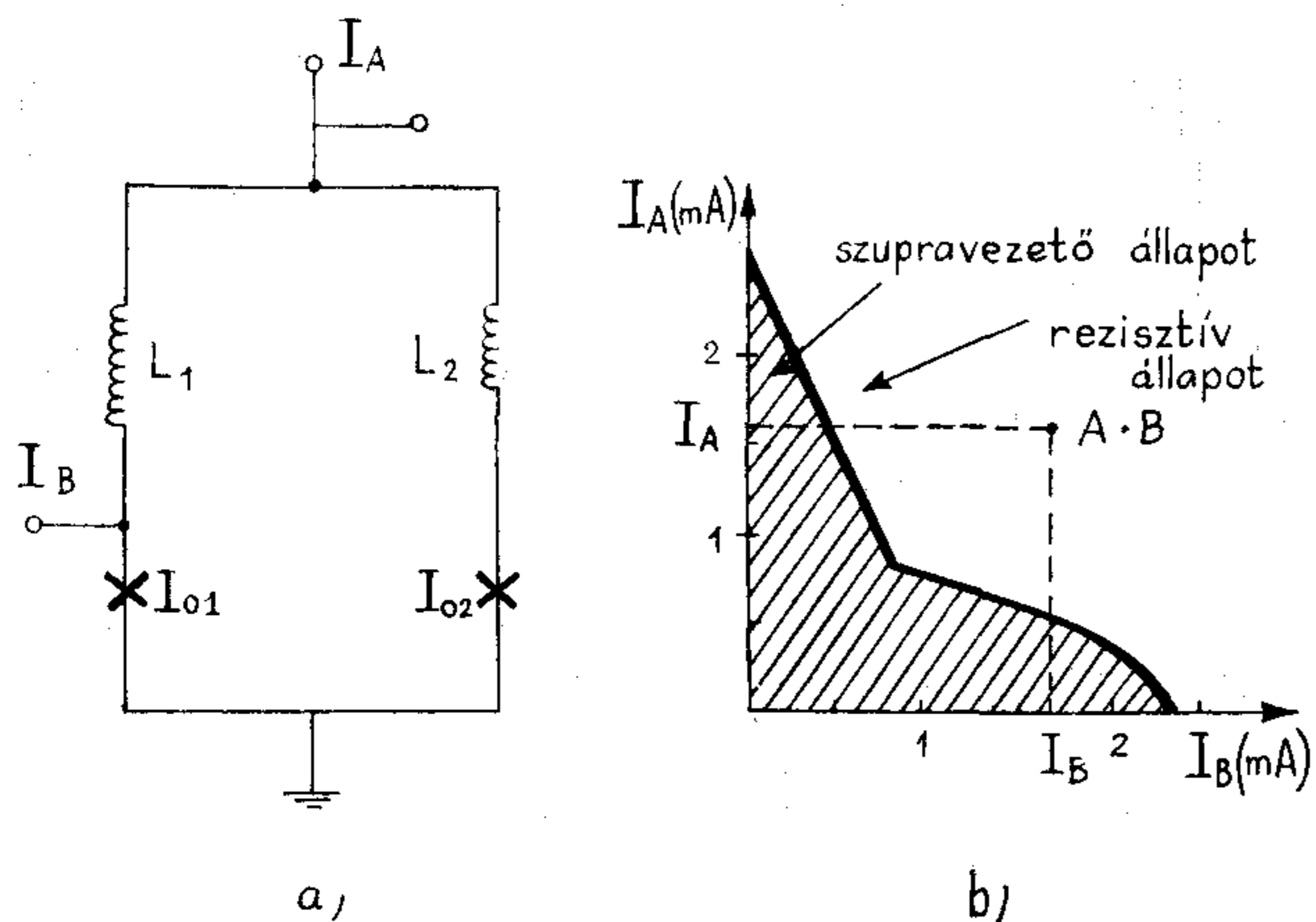
7. ábra. SQUID kapcsolók. a) két diódás SQUID és küszöbkarakterisztikája, b) három diódás SQUID és küszöbkarakterisztikája



### 3.2. Logikai kapuáramkörök

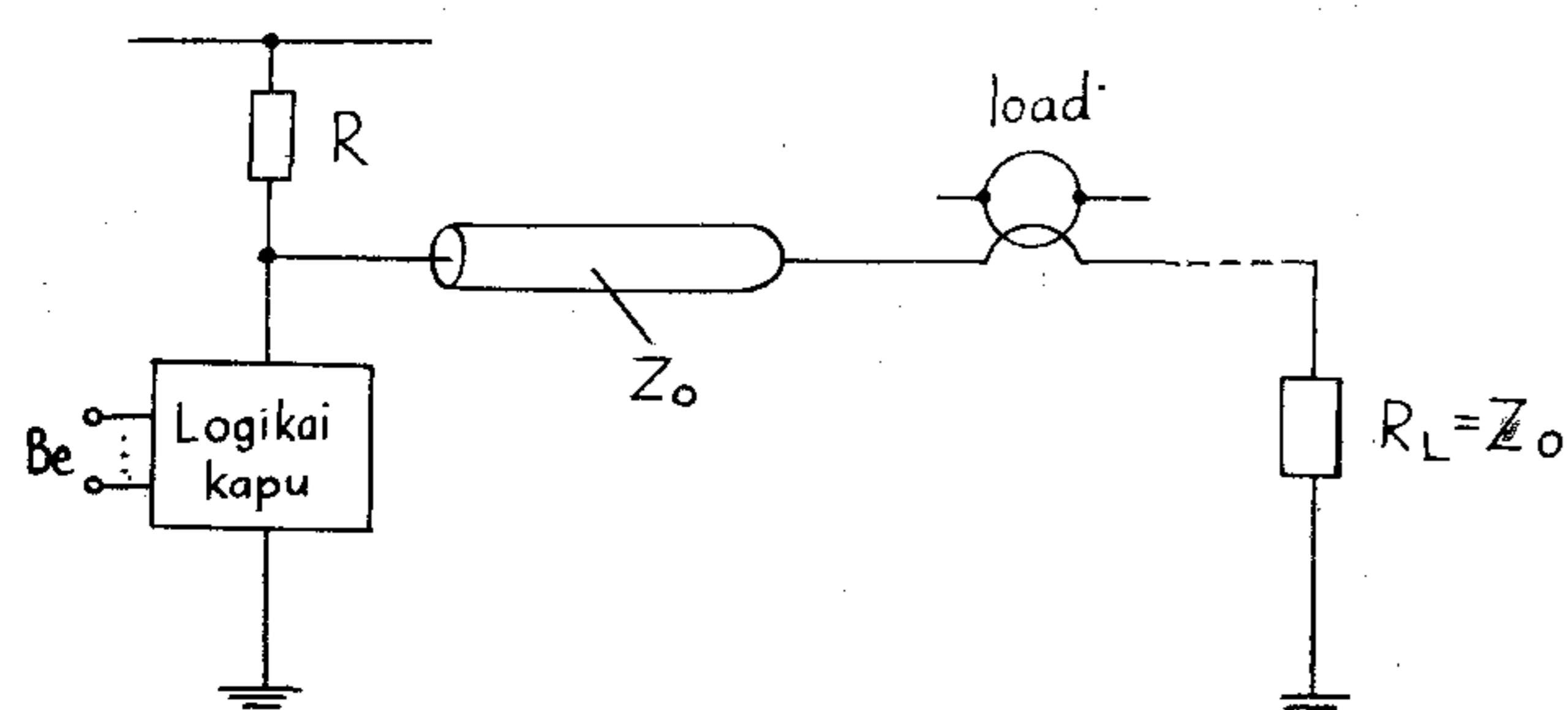
Már a bevezetőben említést tettünk arról, hogy egy  $\sim 1$  ns ciklusidejű extrém nagy sebességű számítógépben a kapukésleltetésen kívül, az egymást követő fokozatok közötti terjedési késleltetésnek is jóval 1 ns alatt kell maradnia. A terjedési késleltetés a jel terjedési sebességétől, illetve a kimeneti vonal hosszától függ. Szobahőmérsékletű vezetőkben a gyorsan változó elektromos jelek néhány cm távolság megtétele után erősen torzulnak, illetve csillapodnak. Ezért a Josephson logikai áramkörökben az egyes kapuk közötti összeköttetésre *szupravezető tápvonalakat* használnak [9]. Ezek az ún. microstrip tápvonalakon centiméteres nagyságrendű távolságokon a kb. harmad fénysebességnyi fázissebességgel haladó, ps-os emelkedési idejű elektromos jelek még torzítatlanul terjednek. A szupravezető microstrip tápvonalakat a földvonal és az átmenet egyik elektródájából kiinduló összekötő vonal segítségével valósítják meg.

Egy Josephson-kapcsolókból felépülő általános logikai kapu *kimeneti áramkörét* mutatja a 9. ábra. A reflexiómentes jelterjedés miatt a  $Z_0$  impedanciájú microstrip tápvonal *illesztett* lezárású. A kimenővonal



H935-8

8. ábra. Áraminjektált SQUID kapcsoló. a) felépítése, b) küszöbkarakterisztikája



H935-9

9. ábra. Általános Josephson logikai kapu kimeneti áramköre

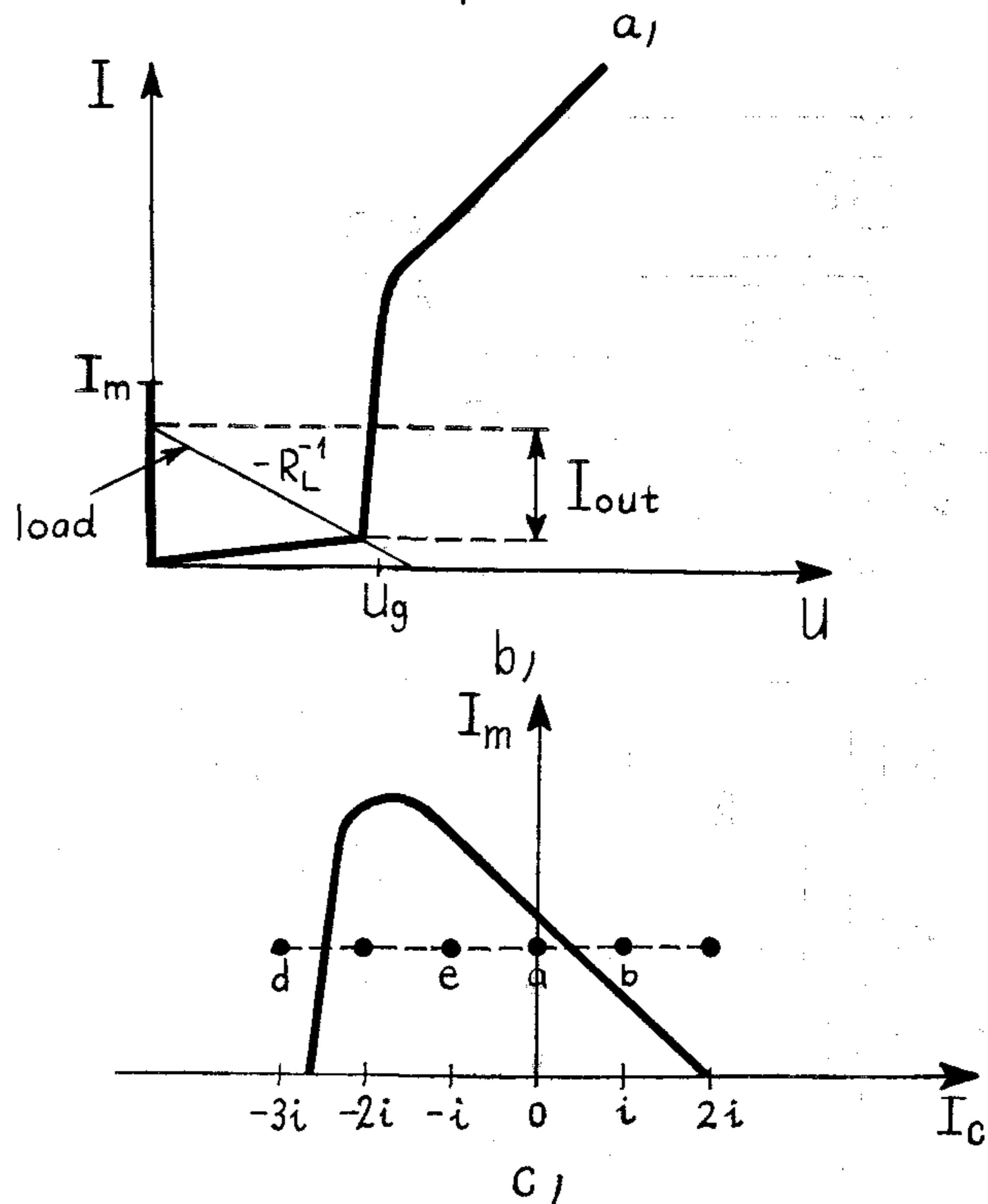
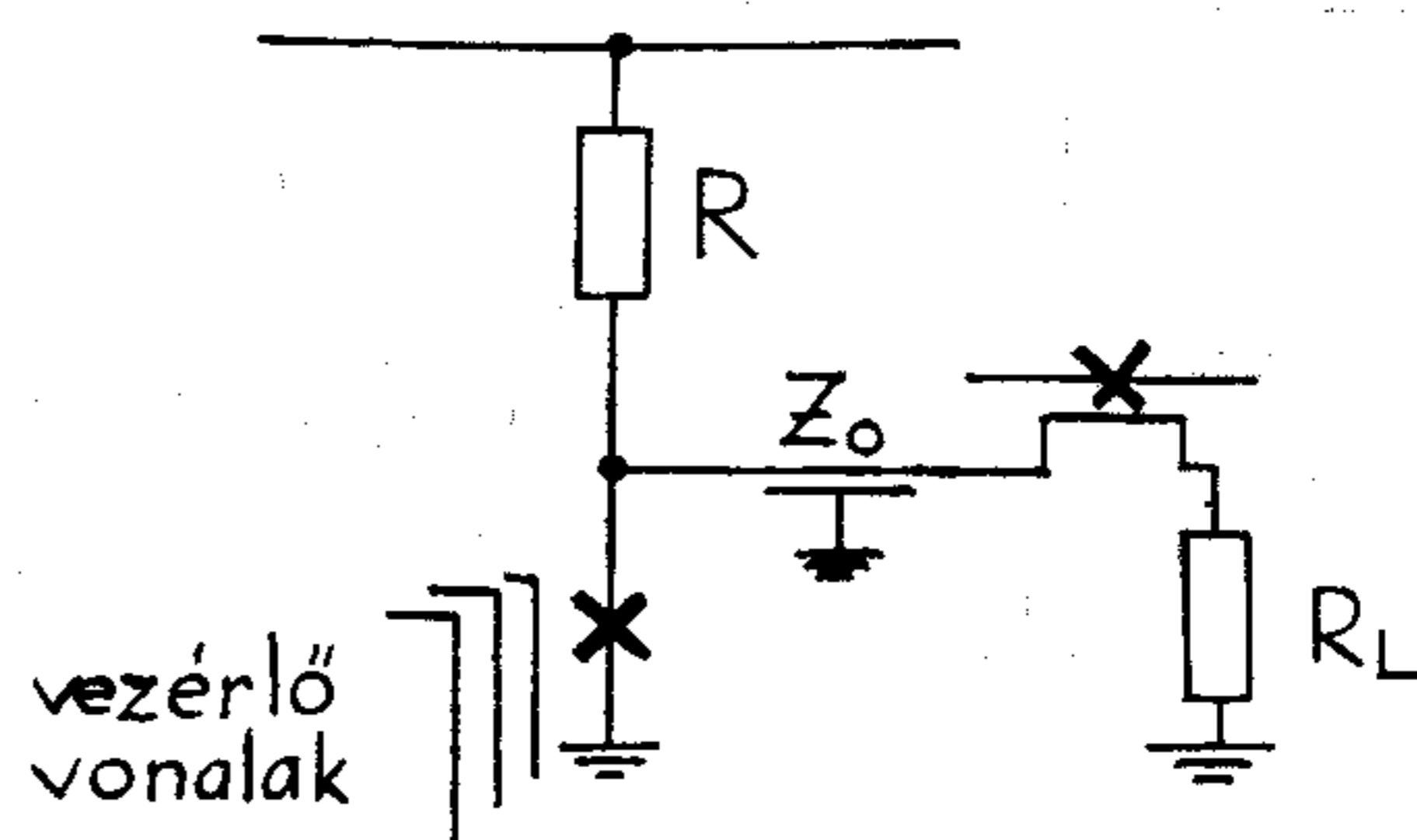
nyú köráramokra vonatkozik. Az átlapolt módusok teszik lehetővé adott fluxuskvantum tárolását a hurokban külső gerjesztés nélkül. Ezt használják ki a később részletesen ismertetendő main memóriacellákban.

7b ábrán szereplő háromdiódás interferométerben az egyes átmenetek kritikus áramainak aránya 1:2:1. A küszöbkarakterisztikából kitűnik, hogy a csúcsok jobban szeparáltak, mint a két diódás interferométerben, így elkerülhetők a logikai alkalmazásokban zavaró — az átlapolt működésből származó — bizonytalanságok [7].

Az eddig ismertetett Josephson-kapcsolókban az átmenetben folyó  $I_g$  áram állandó értékű volt. A billentést induktív csatolású vezérlővonal végezte. A *nemlineáris áraminjektált* eszközökben magával az átmenetben folyó áram változtatásával érhető el az átkapcsolás [8]. A 8a ábrán látható egy ilyen elven működő kapcsoló, amely tulajdonképpen egy speciális Josephson-interferométer. Az  $I_A$ ,  $I_B$  bemeneti áramokat közvetlenül az átmenetekbe injektáljuk. A kritikus áramok, illetve az induktivitások alábbi megválasztásával elérhető, hogy a két bemeneti áram együttesen lényegesen kisebb áramszintek mellett billenti az eszközt, mint külön-külön (8b ábra).

$$L_1 I_{01} = L_2 I_{02} \quad (4)$$

$$(L_1 + L_2) \cdot I_{02} = \Phi_0 = \frac{h}{2q} \quad (5)$$



H935-10

10. ábra. In-line kapu. a) felépítése, b) az  $I-U$  karakterisztikák, c) különböző logikai funkciók megvalósítása

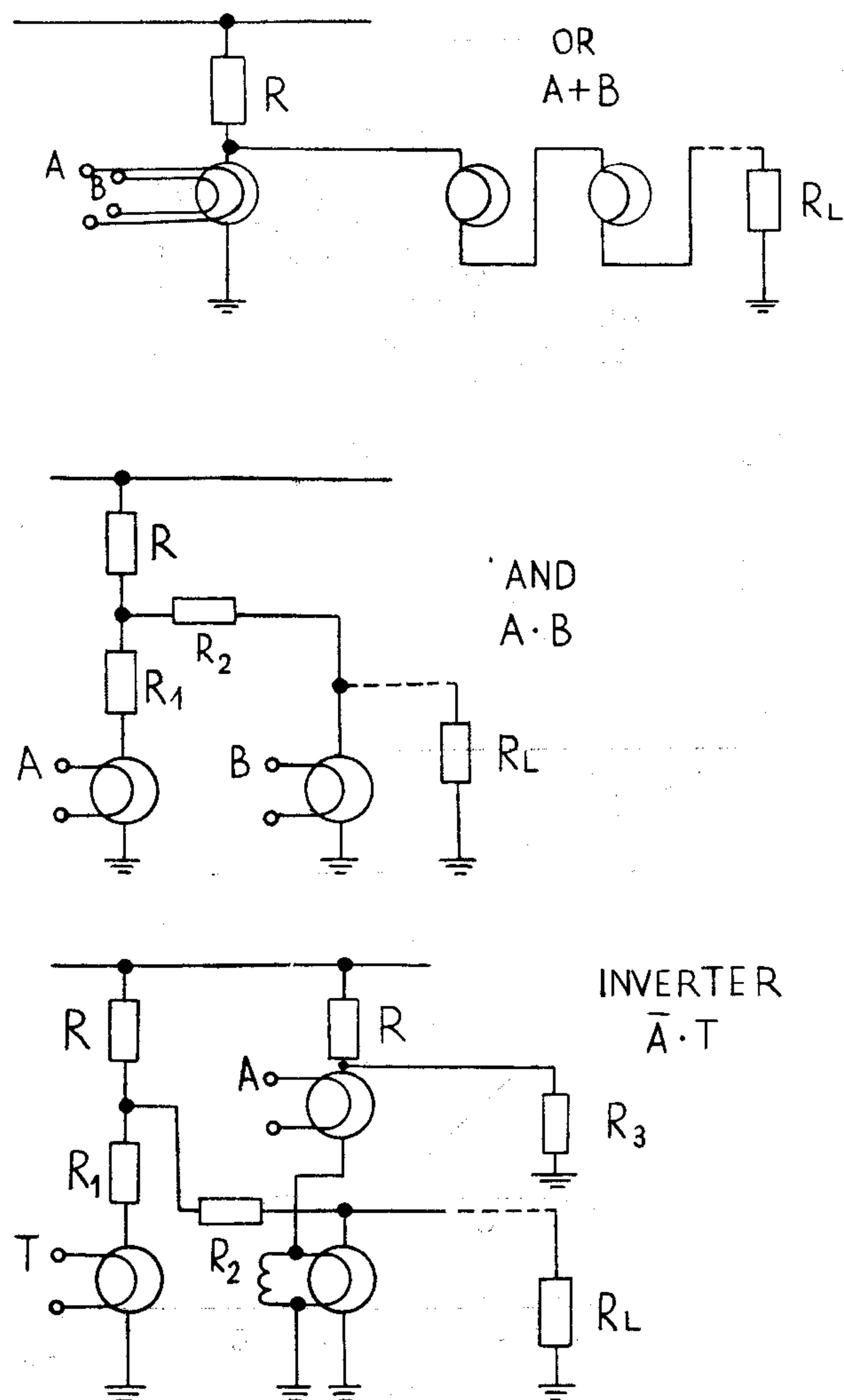


tetszőleges számú, soros elrendezésű további fokozatot hajthat meg. Ha a kimenő körben folyik áram, az logikai „1”-nek felel meg. Ellenkező esetben a kapu kimenete logikai „0”-ban van.

Ha az 5a ábrán látható egyetlen vezérlővonalat tartalmazó Josephson-diódát még két további vezérlővonalal kiegészítjük, akkor az angol irodalomban *in-line kapunak* nevezett áramkörhöz jutunk (10a ábra). Ezzel a viszonylag korai logikai kapuáramkörrel **AND**, **OR** és inverter funkciók egyaránt megvalósíthatóak az egyes vezérlővonalakban folyó áramok nagyságának és irányának megfelelő megválasztásával [10].

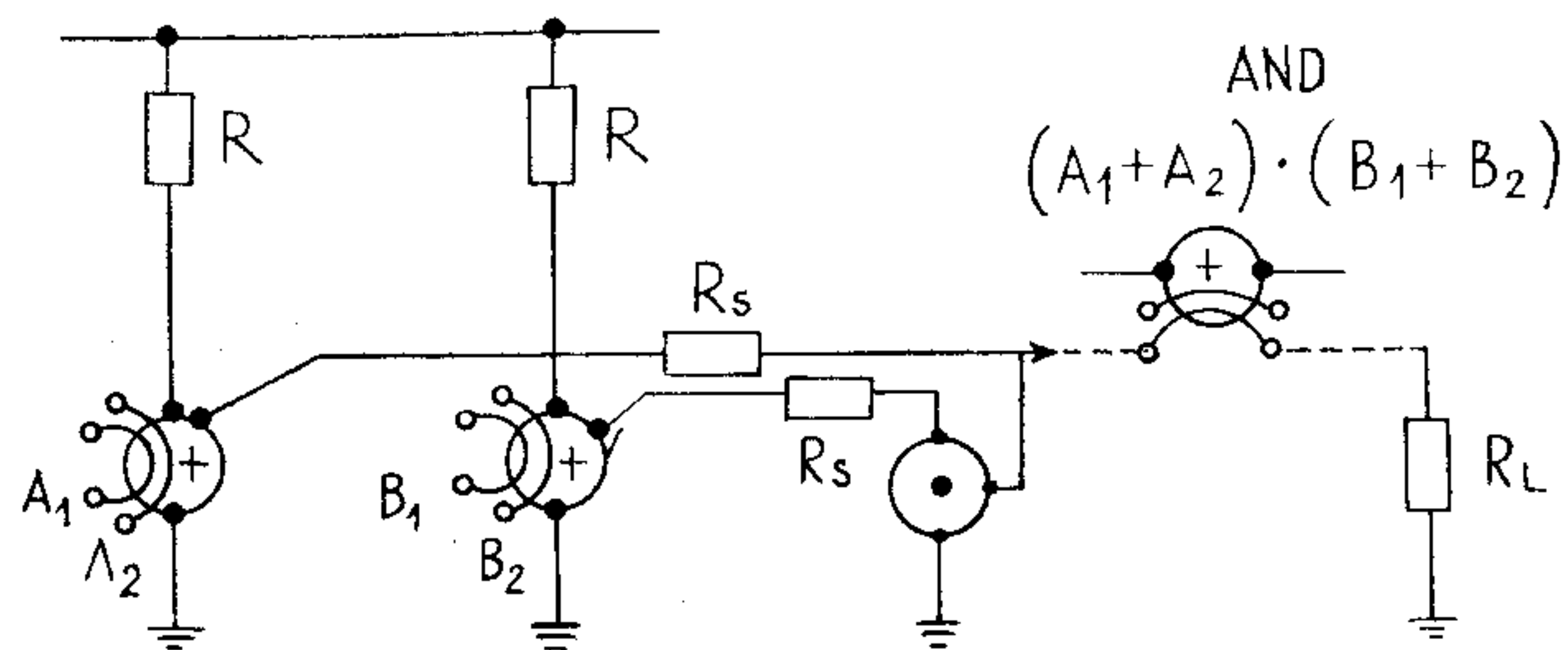
A 10b ábrán az *in-line* kapu és a kimeneti áramkör  $I-U$  karakterisztikája szerepel. Látható, hogy a kimenő áram jó közelítéssel  $I_g$ -vel egyezik meg.

Tételezzük fel, hogy mindhárom vezérlővonalban  $i$  nagyságú áram folyik. A kapu működését a 10c ábrán látható küszöbkarakterisztika alapján érthetjük meg. Pozitív vezérlő áramoknál bármelyik vezérlővonalban folyó  $i$  áram hatására  $I_g$  nagyobb lesz, mint a megfelelő kritikus áram. Az eszköz rezisztív állapotba kapcsol, és  $I_g$  a kimenőkörbe fog folyni.



H935-11

11. ábra. Háromdiódás SQUID kapcsolókból felépülő OR, AND kapu és inverter



H935-12

12. ábra. AND kapu áraminjektált SQUID kapcsolóval

Az eszköz ilyenkor *OR* kapuként működik (a–b). A küszöbkarakterisztika aszimmetrikus jellegét kihasználva lehet *AND* funkciót megvalósítani. Negatív vezérlőáramok esetén a dióda csak akkor zár le, ha valamennyi vezérlővonalban folyik áram (a–e). Az inverter realizálása az előbbiekhöz hasonlóan történik.

Az 1970-es évek közepén viszonylag bonyolult logikai áramköröket készítettek *in-line* kapuk felhasználásával. Az akkori technológiának megfelelő, 25  $\mu\text{m}$ -es minimális csíkszélességgel készült összeadó [11] és szorozóáramkörök [12] kapunkénti késleltetése rendre 125 ps, illetve 250 ps volt. A kapuk átlagos teljesítménydisszipációja 35  $\mu\text{W}$  körül mozgott.

Az 1970-es évek végén az integráltáramkör-gyártásban radikális változás következett be. A minimális csíkszélességet sikerült 25  $\mu\text{m}$ -ról 5  $\mu\text{m}$ -re csökkenteni. Ez fordulópontot jelentett a szupravezető digitális technikában is. Az *in-line* áramköröket ma már csak a szupravezető memóriák nagy áramszinteket igénylő meghajtó fokozataiban használják.

A 11. ábrán látható kétbemenetű **OR** és **AND** kapu, illetve az inverter háromdiódás SQUID kapcsolókból épülnek fel [13]. Az 5  $\mu\text{m}$ -es csíkszélességgel készült logikai áramköröcsalád átlagos kapukésleltetése egyetlen fan-out esetén 58 ps, amihez további, soros fan-out-onként 14 ps járulékos késleltetés adódik.

A leggyorsabb működést, amelyet valaha is logikai áramkörökben mértek, az iménti kétbemenetű **OR** kapu 2,5  $\mu\text{m}$ -es csíkszélességgel készült változatával érték el [14]. A 10 db kaszkádkapcsolású **OR** kapu teljes késleltetése mindössze 130 ps volt. A kapunkénti 13 ps-os késleltetés 6 ps-os kapcsolási késleltetésből és 7 ps-os terjedési késleltetésből tevődött össze.

Az áraminjektált SQUID áramkörökkel *AND* kapukat lehet megvalósítani [8], [15]. Hátrányuk a vezérlővonalas SQUID áramkörökhöz képest az, hogy a bemenet és a kimenet nem kellően izolált. Ezért az áraminjektált eszközöket — a bemenet és a kimenet jobb szétválasztása érdekében — mindig vezérlővonalas áramkörökkel kombinálva használják (12. ábra). 2,5  $\mu\text{m}$ -es minimális csíkszélességgel készült áraminjektált logikai áramkörökben 36 ps-os átlagos kapukésleltetést mértek. A kapunkénti teljesítménydisszipáció 3,4  $\mu\text{W}$  volt.

### 3.3. Memóriacellák

A nagysebességű szupravezető számítógépek memóriái hierarchikus szervezésűek. A központi egységgel

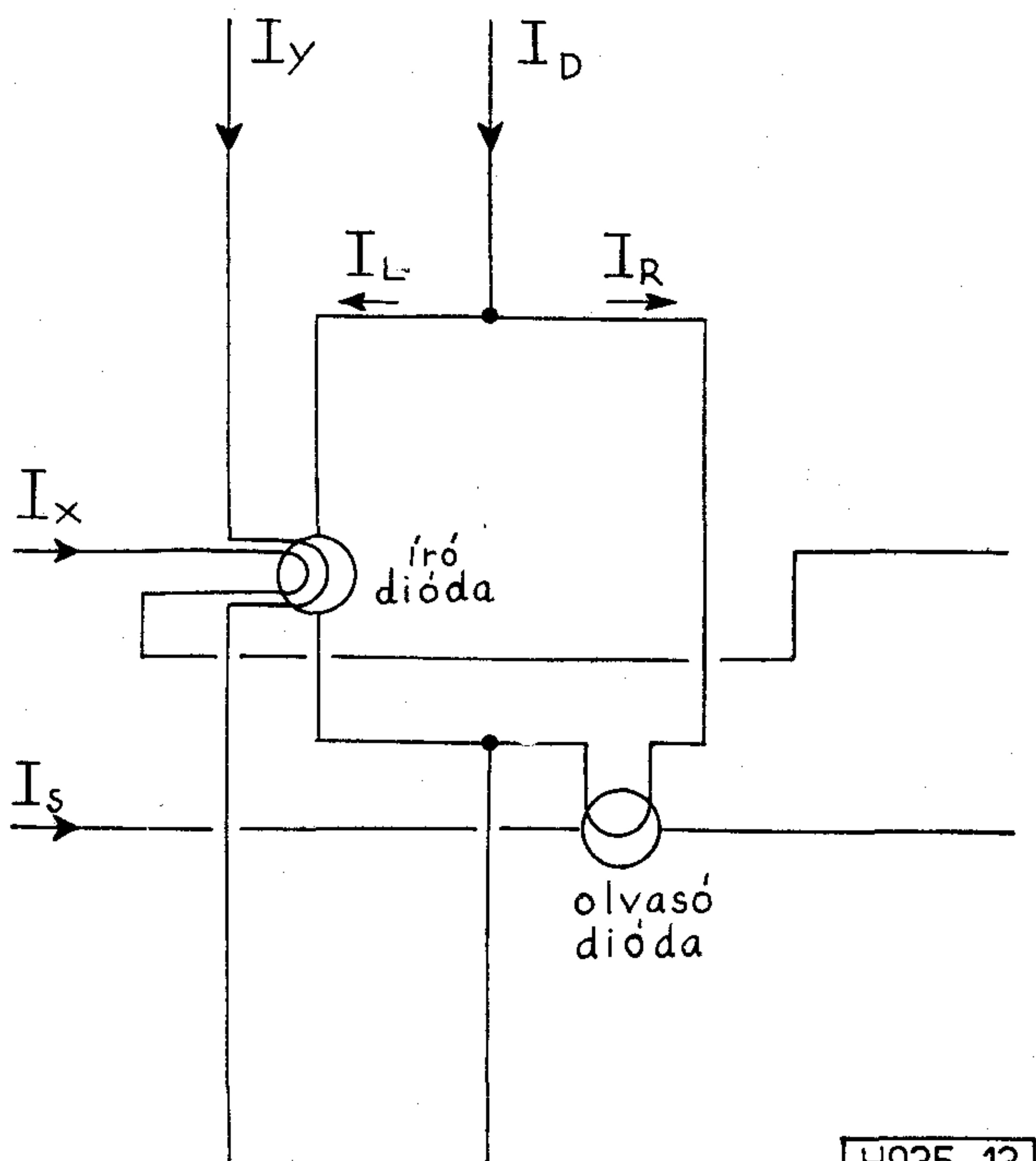


közvetlenül kapcsolatban álló *cache memóriákkal* szemben támasztott elsőrendű követelmény a lehető legkisebb hozzáférési idő [16]. A hierarchia eggyel alacsonyabb szintjén álló *main memóriák* ciklusideje nagyobb, viszont kisebb a teljesítményfelvételük, ill. nagyobb az elemsűrűségük [17], [18]. A memóriacellákat — a logikai áramkörökhöz hasonlóan — Josephson-átmenetek segítségével lehet megvalósítani. Mindkét esetben a cella tulajdonképpen egy *vezérelt szupravezető hurok*. A hurokban folyó külső gerjesztés nélküli köráram, ill. az ehhez tartozó fluxuskvantum logikai „1”-nek felel meg. Ha a hurokban köráram nem folyik, azaz a bezárt fluxus zérus, akkor az logikai „0” állapotot reprezentál.

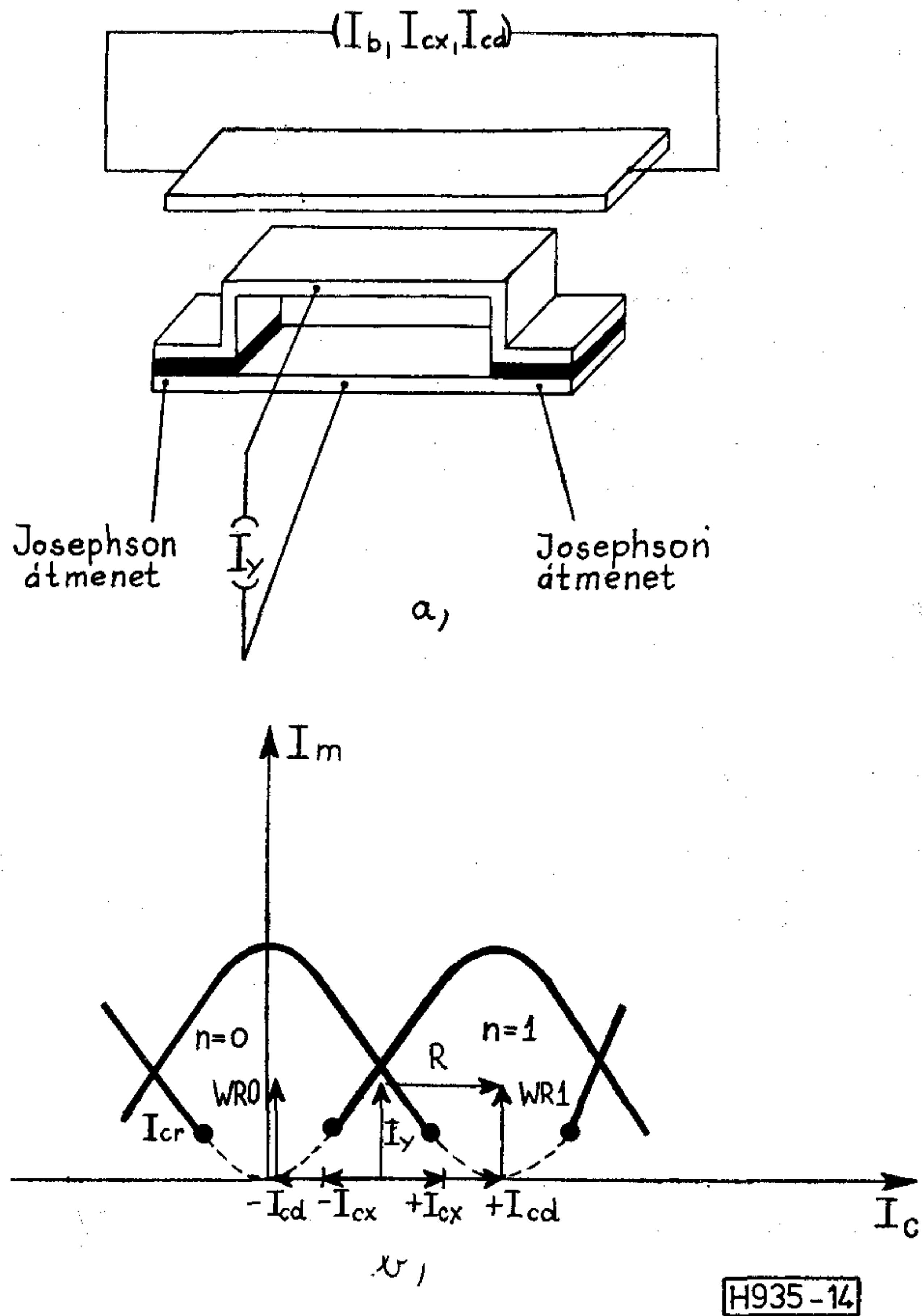
Egy mátrix elrendezésű cache memória alapcelláját mutatja a 13. ábra. A szupravezető hurok bal oldali ágát egy Josephson-dióda szakítja meg, amely a memóriába való íráshoz szükséges. A hurokhoz induk-tívan csatlakozó másik Josephson-dióda a memóriából való olvasásra szolgál.

Tételezzük fel, hogy a hurokban köráram nincs, a cella logikai „0”-ban van. Ekkor logikai „1”-et a következő módon írhatunk be. Az  $I_D$  tápáram a bal és jobb oldali ágak induktivitásainak arányában kétfelé oszlik el.  $I_D$  értékét úgy kell megválasztani, hogy a bal oldali ágban folyó  $I_L$  áram hatására a dióda szupravezető állapotban maradjon.  $I_x$  és  $I_y$  egyidejű alkalmazása esetén a dióda lezár, és  $I_D$  teljes egészében a jobb oldali ágba kerül. Ha ezek után valamennyi áramot megszüntetjük, akkor a hurokban az óramutató járásával megegyező irányú köráram indul meg. Ha a hurok eredetileg logikai „1”-ben volt, akkor a hurokban folyó köráram  $I_x$  és  $I_y$  egyidejű alkalmazása révén disszipálható el, így a cellába logikai „0”-át írhatunk.

A memória tartalmának kiolvasásához  $I_D$  és  $I_S$  áramok együttes alkalmazására van szükség. A hurok



13. ábra. Cache memóriacella



14. ábra. Main memóriacella. a) felépítése, b) áram-szekvenciák az íráshoz, ill. olvasáshoz

jobb oldali ágának  $I_R$  árama vezérli a másik Josephson-diódát. Logikai „1” esetén a hurokban folyó köráram hozzáadódik a kétfelé oszló  $I_D$  áram jobb oldali ágára eső részéhez, a kiolvasó dióda lezár. Logikai „0” esetén  $I_R$  nem képes billenteni a kiolvasó diódát. Megjegyezzük, hogy a kiolvasás *nem destruktív*.

Jelenleg a tervezők 2,5  $\mu\text{m}$ -es minimális csíkszélességű technológiára épülő  $4 \times 1$  kbites cache-memória chip kifejlesztésén dolgoznak, amelynek névleges hozzáférési ideje kb. 500 ps [16].

A main memória alapcellája egy kétátmenetes,  $I_y$  tápáramú Josephson-interferométer, amelyet három induktív csatolású  $I_{cx}$ ,  $I_{cd}$ ,  $I_b$  áramú vonal vezérel (14a ábra). Az  $I_b$  vezérlő áramra mind a beíráshoz, mind a kiolvasáshoz folyamatosan szükség van. A cella működését a 14b ábrán látható küszöbkarakterisztika alapján ismertetjük. Az eredetileg logikai „0” állapotban levő cellába „1”-et a következőképpen írhatunk be. Először, a már meglévő  $I_b$ -n kívül,  $I_{cx}$  és  $I_{cd}$  áramokat kapcsoljuk be, majd  $I_y$ -t. Ebben az esetben az áramok megszüntetése után adott fluxuskvantum tárolódik a hurokban (külső gerjesztés nélküli köráram indul meg). A beírás során az ábrán látható  $I_{cr}$  kritikus áram alatt mintegy „átbújtunk”, tehát az eszköz a logikai állapotváltozás ellenére szupravezető állapotban marad. A logikai „1”-et tartalmazó cellába „0”-át az előbbihez hasonlóan írhatunk be, azzal a különbséggel, hogy ilyenkor  $I_{cx}$ ,  $I_{cd}$  iránya ellentétes.



Olvasás során először mindig  $I_y$ , majd a mindig pozitív irányú  $I_{cx}$ -et és  $I_{cd}$ -t kapcsoljuk be. A „0” állapotú interferométer  $I_y$  majd a meglévő  $I_b$ -hez hozzáadódó  $I_{cx}$ ,  $I_{cd}$  áramok hatására rezisztív állapotba kerül, mivel az  $I_{cr}$  áram felett „haladtunk el”. Az egyes áramok sorrendjének ugyanilyen megválasztásával a logikai „1”-ben levő interferométer szupra-vezető állapotban marad. Attól függően tehát, hogy az eszköz a kiolvasási processzus után szupra-vezető vagy rezisztív állapotban van, a cella eredeti tartalmára következtetni lehet. Nyilvánvaló, hogy a kiolvasás *destruktív*, így egy pótlólagos újírási ciklusra is szükség van.

Egy ilyen típusú cellákból felépülő 16 K RAM modelljét készítették el az IBM kutatói. A mért írási—olvasási ciklusidő 30 nsec volt [19].

### Köszönetnyilvánítás

Végül szeretnék köszönetet mondani dr. Valkó Iván Péter egyetemi tanárnak és dr. Tarnay Kálmán tanszékvezető, egyetemi docensnek értékes megjegyzéseikért és munkám során nyújtott sokoldalú támogatásukért.

### I R O D A L O M

- [1] Lyton, E. A.: „Superconductivity”. J. Wiley and Sons, Inc., New York (1962).

- [2] Giaever, I.: Phys. Rev. Lett. 5, (1960), p. 147.  
 [3] Josephson, B. D.: Phys. Lett. 1, (1962) p. 251.  
 [4] Matisoo, J.: IBM J. Res. Develop. 24, (1980), p. 133.  
 [5] Ames, J.: IBM J. Res. Develop. 24, (1980), p. 188.  
 [6] Gueret, P., Moser, A., Wolf, P.: IBM J. Res. Develop. 24, (1980), p. 155.  
 [7] Zappe, H. H.: Appl. Phys. Lett. 27, (1976), p. 432.  
 [8] Gheewala, T. R.: IBM J. Res. Develop. 24, (1980), p. 130.  
 [9] Kautz, R. L.: J. Appl. Phys., 49, (1978), p. 308.  
 [10] Henkels, W. H.: IEEE Trans. Magnetics MAG—10, (1974), p. 860.  
 [11] Herrel, D. J.: IEEE Trans. Magnetics MAG—10, (1974), p. 864.  
 [12] Herrel, D. J.: IEEE J. Solid State Circuits SC—10, (1975), p. 360.  
 [13] Klein, M., Herrel, D. J.: IEEE J. Solid-State Circuits SC—13, (1978), p. 577.  
 [14] Gheewala, T. R.: IEEE J. Solid-State Circuits, SC—14, (1979).  
 [15] Faris, S. M.: IEEE Circuits and Systems 3, (1981), p. 2.  
 [16] Faris, S. M., Henkels, W. H., Valsamakis, E. A., Zappe, H. H.: IBM J. Res. Develop. 24, (1980), p. 143.  
 [17] Gueret, P., Moser, A., Wolf, P.: IBM J. Res. Develop. 24, (1980), p. 155.  
 [18] Duzer, T.: IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, MTT—28, (1980), p. 490.  
 [19] Broom, R. F., Gueret, P., Kotyczka, W., Mohr, T. O., Moser, A., Oosenbrug, A., Wolf, P.: IEEE J. Solid-State Circuits, SC—14, (1979), p. 690.

### (Folytatás a 359. oldalról)

A Siemens cég 1984. áprilisában adatfeldolgozási és távközlési részlegei összevonását tervezte és ennek következtében elsősorban az irodai munka automatizálását segítő eszközök forgalmának fellendülését reméli.

Az adatfeldolgozási részleg az 1982/83. pénzügyi évben 2,4 milliárd márkás forgalmat bonyolított, 12 százalékkal többet az előző évinél. A távközlési részleg értékesítési eredménye 11,2 milliárd márkás értéken stagnált, de idén itt is növekedést várnak, mivel az NSZK szövetségi posta a Siemens cégtől rendelte meg új digitális kapcsolási rendszerét.

(Világ gazdaság, 1984. február 3.)

Az Interkomponent magyar—lengyel közös vállalatot 10 éve alapították a két ország elektronikai alkatrészgyártásának összehangolása és a kölcsönös áruforgalom növelése céljából. Utóbbi célkitűzést a közös vállalat különösen sikeresen oldja meg és ennek eredményeként a teljes alkatrészforgalom országaink között 1983-ban meghaladta a 35 millió rubelt.

(Világ gazdaság)

A tőkés együttműködés egyik legismertebb formája a bér munka tulajdonképpen alkatrészek, félkész- vagy késztermékek gyártása a szerződéses partner által adott dokumentációk alapján. E megállapodások általában rövid időre szólnak és igen gyakoriak az elektronikai iparban. A bér munka azonban konzerválja a technikai lemaradást, e kooperáció típusban a felek nem egyenrangúak. De a bér munkának sok komoly előnye is van. Először is biztos devizabevételt

jelent, nagyon kedvező devizakihozatalt lehet vele elérni. Az az elektronikai vállalat, amelyik termék-exportjában 40—50 forint/dollár kihozatali mutatóra képes, bér munkaszerződésével akár 25—30 forint/dollárt is elér. A bér munka speciális változatai lehetőséget teremthetnek a magyar elektronikai vállalatoknak harmadik piacokra, fejlődő országokba való bekerüléséhez. Az ellentétes konjunktúraciklus ellenére az elektronikai vállalatok számára a tőkés féllal való együttműködésnél a bér munkának van a legnagyobb realitása. Kevesebb példa van a gyártásmegosztásra és a legszorosabb kooperációs formára, a vegyes vállalatra.

A kooperációs stratégia kialakítása után a következő lépés a kooperációs cégkapcsolatok földrajzi kiválasztása. Az Egyesült Államok elektronikai iparát csak fáziskéséssel, 1981-re érte el a recesszió, ám nem olyan mélyen, mint más iparágakat, és az adatok szerint az iparág már kikerült abból a hullámvölgyből, amelyben — még a legnehezebb években is — 10—18 százalékkal növekedett a forgalom. A jövőben a legnagyobb évi növekedési ütem a személyi számítógépek területén várható, elérheti az évi 35—40 százalékot. A szórakoztató elektronika területén pedig az USA piacának növekedési üteme mintegy kétszerese Nyugat-Európa és Japán dinamikájának. Az amerikai vállalatok részéről azonban számolni kell negatív előítéletekkel és számolni kell a szocialista országokat sújtó bonyolult engedélyezési rendszerrel is. Japán elektronikai iparának növekedési üteme várhatóan 14—15 százalék lesz. Magyar kooperációs szempontból itt is a bér munka jöhet elsősorban számításba, de kisebb japán cégekkel még előnyös termelési és piaci együttműködés is elképzelhető. A nyugat-európai piacok közül a magyar elektronikai vállalatoknak az NSZK piaca kínálja a legtöbb kooperációs lehetőséget.

(Kül gazdaság, 1983. október)



Д-р Амбрози, А.:

Расчет выпрямителей мощности

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 8.

Несмотря на несложное устройство, вычисление буферно-конденсаторного выпрямителя является сложной задачей. Работать с помощью традиционных формул весьма сложно, поэтому конструкторы часто прибегают к оценкам. Приведенный в работе процесс расчета, опирающийся на понятное физическое изображение, вводит близко приближающие, простые формулы.

Д-р Секей, В.—Байи, П.—Кереченне д-р Рэнц, М.—Конья, И.—  
д-р Масси, Ф.—д-р Колтай, М.:

Обратно восстанавливающая программа для интегральных схем проектируемых с помощью ячеек

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 8.

В статье рассказывается о программе „CELLINEX“, которая опознает связывающие переключки между ячейками в геометрии интегральных схем, проектируемых при помощи функциональных блоков (ячеек). Программа создает логическое описание схем и подвергает ИС всем возможным контролям, чтобы проверить правильность переключек и обозначить простые погрешности. В статье даются характеристика и главные алгоритмы программы, некоторые примеры напечатанных результатов и основные способы эксплуатации программы.

Шрётер, К.:

Направление разработок по производству в ГДР конденсаторов из искусственной фольги

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 8.

Данная статья рассматривает аспекты разработок и производства в ГДР конденсаторов из искусственной фольги. Основное понятие заключается в том, что независимо от возрастающего объема производства керамических конденсаторов до 1990 года, потребность в конденсаторах из искусственной фольги будет возрастать и их производство потребует проведение некоторой профилизации с точки зрения экономичности производства и вариантов технологических производственных линий. Точки зрения выбора производственного процесса были выведены на основании расходов и испытаний по качеству. Уменьшение расходов использованных материалов и рационализация используемых процессов являются решающими с точки зрения повышения эффективности. В статье говорится о необходимом и возможном уменьшении габаритов изделия внутри отдельных производственных технологических линий.

Д-р Бешенеи, Г.—д-р Жолдош, Б.—Гести, Т.—не:

Изготовление тонкослойных никелевых сопротивлений путем химической реакции

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 8.

Методом бестокового отделения была изготовлена пленка аморф Ni-P (никель/хлор). Было проведено испытание электрических параметров отделенных химическим и стеклянным носителям (квадратичное сопротивление и температурный коэффициент). Проводились испытания структуры слоев трансмиссионно-электрофракционным путем. Было определено соотношение между структурой и электрическими показателями. Испытывали также действия проведенных термообработок при различных значениях температуры на электрические особенности слоев сопротивлений.

Садецки-Кардош, Т.—Сеги, И.:

Символическое описание услуг VАТС

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 8.

Авторы предлагают символическое описание услуг, предоставляемых учрежденческой телефонной станцией. Приведением примеров продемонстрируют применение символического языка. Обосновывают структуру языка, которая — при помощи подходящего перевода — обеспечивает проведение испытания на ЭВМ услуг VАТС.

Мор, Л.:

Логические и запоминающие приборы Джозефсона

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 8.

В 1962-ом году Б. Д. Джозефсон показал что в переходе двух сверхпроводников течение тока является возможным. С тех пор были развиты разные запоминающие и логические приборы работающие на основах эффекта Джозефсона. Произведение задержки и мощности в приборах Джозефсона несколько раз меньше по порядку величины других полупроводниковых приборов. Но развитие вычислительных интегральных схем с криогенными переключателями является пока в начальном периоде из-за нерешенных технологических проблем.

Dr. Ambrózy, A.:

Dimensionierung von Leistungsleiehtern

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 8.

Obzwar die Gleichrichter mit Pufferkondensatoren von einfacher Aufbau sind, doch ist ihre exakte Berechnung eine langwierige und komplizierte Aufgabe. Die traditionelle Formeln sind schwierig zu behandeln, darum verlassen sich die Konstrukteure oft auf empirische Schätzungen. Das im Aufsatz zusammengefasste Verfahren begründet sich auf klare Begriffe der Physik, leitet dabei einfache, gut annähernde Formeln ab.

Dr. Székely, V.—Baji, P.—Kerecsenné Dr. Rencz, M.—  
Kónya, I.—Dr. Masszi, F.—Dr. Koltai, M.:

Schaltplan Extraktion aus zellenweise entworfenen IS-Layouten

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 8.

Das im Beitrag beschriebene Programm — CELLINEX stellt die Verbindungen zwischen den Zellen fest, ausgehend aus der Geometrie (Layout) der zellenweise entworfenen integrierten Schaltkreisen. Nachher das Programm generiert die logische Beschreibung des Schaltkreises und kontrolliert, ob die realisierten Verbindungen erlaubt und triviale Fehler vorhanden sind, usw. Die Merkmalen des Programmes und die wichtigsten Algorithmen der Extraktion werden beschrieben. Einige varianten der Ausgabe des Resultates werden präsentiert und Hinweis für die Benutzung des Programmes wird gegeben.

Schröter, K.:

Die Entwicklungstendenzen der Fertigung von Plastfolienkondensatoren in der DDR

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 8.

Dieser Artikel erörtert die Aspekten der Entwicklung und der Fertigung von Plastfolienkondensatoren in der DDR. Die Grundkonzeption geht davon aus, dass trotz der steigenden Produktion von keramischen Kondensatoren, wird sich der Anspruch für Plastfolienkondensatoren bis 1990 noch weiter erhöhen, und die Fertigung dieser Kondensatoren benötigt aus ökonomischen Gründen die Profilierung auf einige variierbaren Maschinenreihen der Produktion. Die Standpunkte der Auswahl der Verfahrens, wurden aus Kosten- und Qualitätsprüfungen abgeleitet. Die Senkung der Materialkosten und die Rationalisierung des Verfahrens, ist hinsichtlich der Effektivitätserhöhung entscheidend. Es werden ausserdem die benötigten und möglichen Verminderungen der Produktendimensionen, innerhalb der einzelnen Maschinenreihen behandelt.

Frau Dr. Bessenyei, G.—Dr. Zsoldos, B.—Geszti, T.:

Herstellung von Nickel-Dünnschichtwiderständen, mit chemischem Reaktionsverfahren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 8.

Es wurde mit stromloser Abscheidung gefertigter amorpher Ni-P Film hergestellt. Die elektrische Eigenschaften der auf Keramik- und Glasträger abgeschiedenen Widerstandsschichten wurden geprüft. (Quadratischer Widerstand und Temperaturkoeffizient.) Die Struktur der Schichten wurde mit transmittiver Elektrodiffraktion untersucht. Es wurde ein direkter Zusammenhang zwischen der Struktur und den elektrischen Eigenschaften gefunden. Es wurde ferner der Effekt der auf verschiedenen Temperaturen durchgeführten Wärmebehandlungen auf die elektrischen Eigenschaften der Widerstandsschichten geprüft.

Szádeczky-Kardoss, T.—Szeghy, I.:

Symbolische Beschreibung von Nebenstellenanlagen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 8.

Die Verfasser dieses Artikels geben Empfehlungen für die symbolischen Beschreibungen der Dienstleistungen von Nebenstellenanlagen. Die Verwendung der Symbolsprache wird mittels Beispiele vorgezeigt. Es wird eine sprachliche Konstruktion begründet. Diese Konstruktion ermöglicht — mit Hilfe eines geeigneten Übersetzers —, die mit Rechner unterstützte Prüfung der Dienstleistungen von Nebenstellenanlagen.

Mohr, I.:

Josephson logische und speichernde Bauelemente

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 8.

In 1962 Brian D. Josephson wies darauf hin, dass ein gesteuerten Strom in einem Übergang zwischen zwei Supraleitern fließen kann. Seitdem ist auf diesem Prinzip eine Vielfalt von logischen und speichernden Bauelementen entwickelt worden. Der P $\tau$ -Produkt (Verzögerung mal Leistung) von Josephson-Bauelementen ist



um Größenordnungen kleiner als der der Halbleiterbauelemente. Die Entwicklung von Rechnerschaltkreisen mit Supraleitern ist heute immer noch in der Laborphase, weil einige technologische Probleme noch zu lösen sind.

\* \* \*

Dr. Ambrózy, A.:

#### Power Rectifier Dimensioning

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 8.

In contrary to the simple topology of the power-rectifier with a buffer capacitor its calculation is rather cumbersome. The classical equations are manageable with difficulties therefore designers often rely on guesses. The design procedure introduced in the paper is based on a clear physical view and composed of well approximating, simple equations.

Dr. Székely, V.—Baji, P.—Kerecsenné Dr. Rencz, M.—Kónya, I.—Dr. Masszi, F.—Dr. Koltai, M.:

#### Layout Recogniser Program for Cell-Designed IC-s

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 8.

The program CELLINEX presented in the paper recognizes cell interconnections from the layouts of integrated circuits designed on modular, cell basis. The logical descriptions of the recognised circuits are generated, and all possible control of the IC is done, whether the realized interconnections are permitted and if there are some other trivial errors etc. The paper discusses the characteristics and the main algorithms of the program. Some examples of the presentation of results are shown and essential guidance for the use of the program is given.

Schröter, K.:

#### Plastic Film Capacitor Manufacturing Trends in GDR

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 8.

This paper discusses the aspects of development and production of plastic film capacitors in GDR. The basic concept is that the demand for plastic film capacitors will increase up to 1990 despite the increasing production of ceramic capacitors, thus their production will require specialization for several variable production lines in economic reasons. The respects of choosing a process derive from cost and

quality tests. The minimalization of material costs and rationalization of processes are decisive in respect of increasing efficiency. The necessary and possible decreasing of dimensions of the products within the individual production lines is mentioned.

Dr. Bessenyei, G.-né—Dr. Zsoldos, B.—Gesztli, T.:

#### Ni Thin Film Resistor Production by Chemical Process

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 8.

Amorphous NiP thin films were prepared by electroless deposition. Electrical properties (sheet resistivity and temperature coefficient) of the resistance layers deposited on ceramic and glass substrate at various conditions were determined. The structure and morphology of the films were investigated by transmission electron microscopy and electron diffraction. It was found a relationship between the structure and the electrical properties. Effect of annealing accomplished at different temperatures was studied on the electrical properties of the resistance layer as well.

Szádeczky-Kardoss, T.—Szeghy, I.:

#### Symbolic Description of PABX Facilities

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 8.

The authors propose a symbolic description of telephone PABX facilities. The use of symbolic language is introduced through examples. A language construction is founded, which enables the computer aided test of PABX facilities, supposing a proper compiler.

Mohr, L.:

#### Josephson Logic and Memory Devices

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 8.

In 1962 Brian D. Josephson showed that currents could be expected to flow through a junction between two superconductors. Since then a large variety of logic and memory devices based on the Josephson effect have been developed. The delay — power product of Josephson devices is orders of magnitude below the semiconductor counterparts. The development of computing circuits made with superconducting switches is still at an early stage since some potential technological problems are unsolved.

## HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Tófalvi Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 531-027. Kiadja: a Lapkiadó Vállalat, Budapest, Lenin krt. 9—11. 1073. Telefon: 221-285. Levélcím: Budapest, Pf 223. 1900. Felelős kiadó: Siklósi Norbert vezérigazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodánál (KHI, Budapest, József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215—296 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 138,— Ft, egész évre 276,— Ft. Egyes szám ára 23,— Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H—1839 Budapest, Postafiók 149.



Egyetemi Nyomda — 84.2545 Budapest, 1984. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

HU ISSN 0018—2028

Index: 25 375