



**A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA**

**XXXV. évfolyam
BUDAPEST**

1984

5

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

XXXV. évfolyam 1984. 5. szám

BHG ORION TERTA

MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXXV. évfolyam 1984. 5. szám

MEV REMIX TKI

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

II. évfolyam 1984. 5. 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

REMIK

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
- * VEZETÉKNÉLKÜLI TECHNIKA
- △ MIKROELEKTRONIKA
- △ ALKATRÉSZTECHNIKA

Rovatgazda: HTE

Rovatgazda: TKI

Rovatgazda: BHG

Rovatgazda: TERTA

Rovatgazda: ORION

Rovatgazda: MEV

Rovatgazda: REMIX

TARTALOM

DR. HENK TAMÁS:

PSK adatátvitel szűrőinek tervezése négyzetes átlaghibára 193

FAZEKAS ZOLTÁN:

Az integrált áramköri fotomaszkok automatikus vizuális ellen-
őrzése 202

DIODATO GAGLIARDI:

Az optikai hírközlés jelene és jövője 207

BIHARI GYÖRGY—DEÁK JÁNOS:

Nagy teljesítményű kapcsolóüzemű tápegység 211

REMIK:

Rétegellenállások. Ajánlott termékválaszték 216

MEV:

Fél-fogyasztói MOS LSI kapumátrix GA 800 BOÁKR 218

PRODUCTRONICA '83 (Dr. Ambrózy András—dr. Zombory László) 222

Hírek üzemeinkből 224

KOVÁCS LÁSZLÓ:

Vevőkészülékek gyártása és fejlesztése az Orionban 225

RELECTRONIC '85 228

CSEHALMI TIBOR:

Korszerű, pirografittal bevont rácsú adócsövek gyártástechnológiája 229

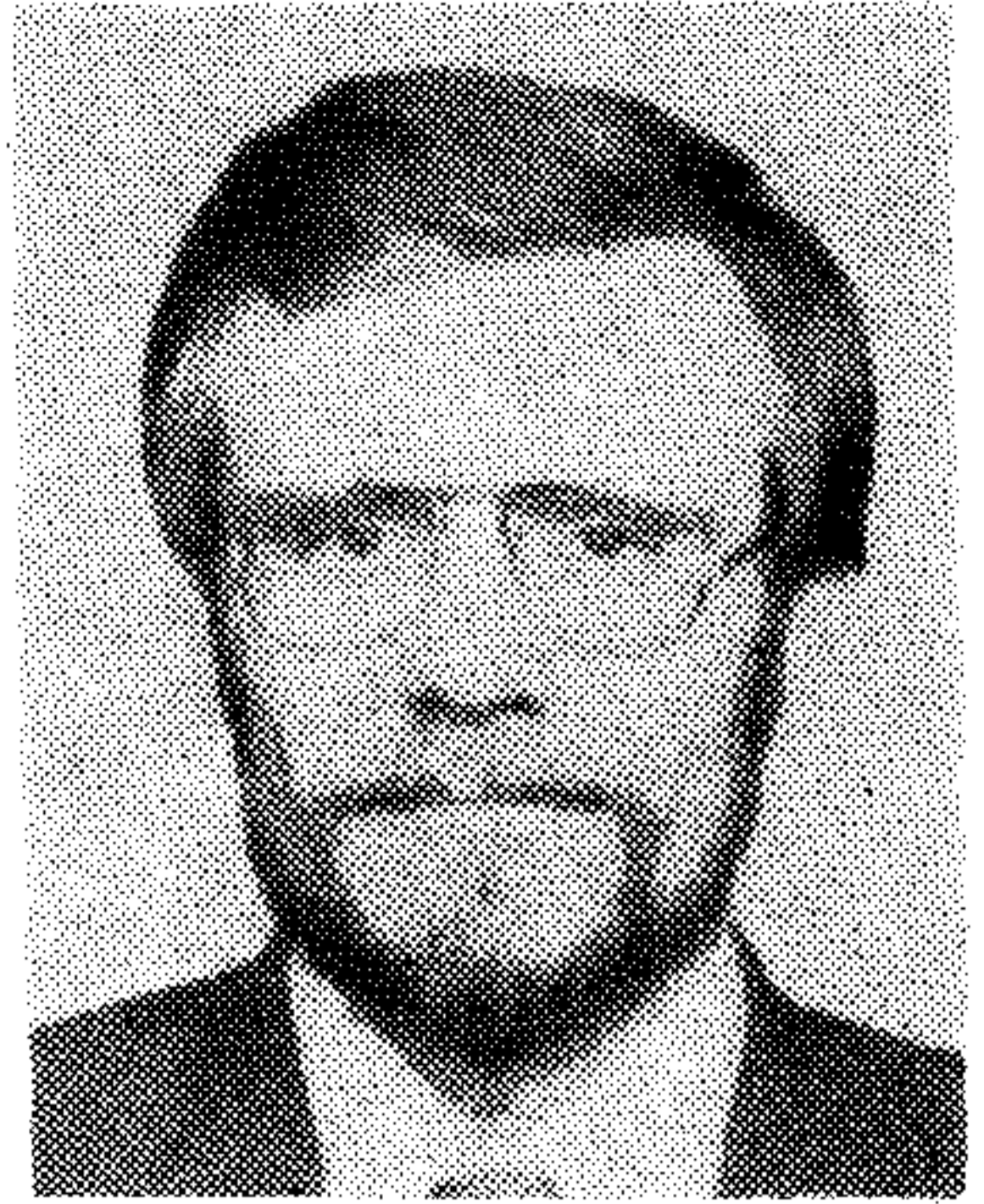
Fiatalok a mikroelektronika alkalmazásáért (dr. Mátrai Géza) 236

Tartalmi összefoglalások 239

PSK adatátvitel szűrőinek tervezése négyzetes átlaghibára

DR. HENK TAMÁS

Távközlési Kutató Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

Koherens PSK adatátviteli rendszereket modellezünk egyváltozós nemlineáris vagy többváltozós lineáris transzformációk segítségével, és új struktúrájú többfázisú demodulátort vezetünk be. Négyzetes átlaghiba-számítást végzünk a frekvenciatartományban mind a mintavételes, mind a küszöbdetekció esetére. A számítások során a szűrőkarakterisztikák, a szomszéd csatornák, valamint a vivő- és szinkronvisszaállító sztatikus hibái által okozott kis perturbációkat vesszük figyelembe, anélkül, hogy e perturbációkra más megkötéseket tennénk. Általános és explicit összefüggéseket adunk az optimális vivőfázisra és szinkronkésleltetésre, ezek érzékenységi tényezőire és a minimális négyzetes átlagtorzításra. Az összefüggések alapján szűrőtervezési eljárást javasolunk. (□)

1. Bevezetés

A fázisbillyentyűzéssel megvalósított PSK (Phase Shift Keying) adatátvitel az analóg csatornán történő digitális jelátvitel egyik alapesete [1, 2]. Az átvitel minőségét jellemző fő paraméter a hibavalószínűség, ill. a hibaarány, amely közvetlenül mérhető mennyiség. A PSK adatátvitel rendkívül bonyolult hibavalószínűség-összefüggései azonban legfeljebb a szűrők számítógépes analizisét teszik lehetővé, közvetlen rendszertervezésre kevésbé alkalmasak. Ezért a gyakorlatban számos egyéb heurisztikus minőségi jellemző használata terjedt el, amelyek bizonyos feltételek teljesülése esetén szuboptimális tervezést tesznek lehetővé. Egyik ilyen mérték az analitikus számításokra különösen alkalmas négyzetes átlagtorzítás (MSE, mean square error) [2–7].

A jelen cikknek az a célkitűzése, hogy PSK rendszertervezésre alkalmas összefüggéseket adjon a négyzetes átlaghiba-számítás alapján. Mielőtt a célkitűzést részletesebben megfogalmazzunk, tekintsük át e témakör irodalmi előzményeit.

A négyzetes átlagtorzítás alapsávi (PAM) adatátvitelre vonatkozó általános összefüggései Lucky és munkatársai jólismert [2] könyvében található meg. A számításokat SSB átvitelre Franks [3], továbbá VSB, QAM és SQAM átvitelre Hill [4] általánosította. Az idézett szerzők megvizsgálták a vivő- és szinkronvisszaállítás sztatikus hibái következtében előálló jelátlapolódást és a jelalakot e hibák szerinti érzékenységre optimalizálták feltételezve, hogy az átvitel sávigénye nem több a kétszeres Nyquist sávnál. Ez utóbbi megszorítást Lind és Nader oldották fel alapsávi átvitel esetére [5].

A döntésvisszacsatolt automatikus kiegyenlítővel ellátott általánosított QAM adatátvitel négyzetes átlagtorzításra történő optimalizálását Falconer és Foschini [6], valamint Kósa és Szebeni [7] végezték el.

DR. HENK TAMÁS

1973-ban végzett a BME Villamosmérnöki Karán. Azóta a TKI-ban az adatátviteli modemesalád telefonösszeköttetésre, számítógéppel segített tervezés és az INTERCSAT berendezés projektek kidolgozásában vett részt. Kutatási területei: lineá-

ris és nemlineáris hálózatelmélet, adatátvitel. 1977–79-ben a Dublini Egyetemen volt ösztöndíjas szűrőtervezés témakörében. 1980-ban kapta egyetemi doktorátusát adatátvitelből. Jelenleg kandidátusi értekezésén dolgozik szűrőtervezés témaköréből.

A [8–11] publikációkban egységes és általános modellt adunk lineáris, valamint PSK modulációkkal megvalósított adatátvitelre mátrixformalizmus, valamint nemlineáris koordináta transzformációk segítségével. A modell felhasználásával áttekintettük az ideális adatátvitel feltételeit és megvizsgáltuk az illesztetlenségből, valamint a jelátlapolódásból adódó veszteségeket.

A szokásos PSK rendszerekre szorítkozva a jelen cikkben komplex analitikus jel leírásmód segítségével egyszerű modell alapján foglaljuk össze a négyzetes átlaghiba-számítás [8–11]-ben részletezett eredményeit és kiterjesztjük a számításokat további veszteséget okozó tényezők figyelembevételével.

A fentiek értelmében sávszűrő típusú mátrixokkal [9] leírható PSK és QAM adatátvitelre elvégezzük a négyzetes átlagtorzítás frekvenciatartománybeli analizisét mind a mintavételes, mind a küszöbdetekcióra kis perturbációkat feltételezve, amelyek lineáris torzítások, a vivő és szinkronvisszaállítás sztatikus hibái, valamint a szomszédos PSK csatornák áthallásából adódó zavaró jelek lehetnek. A számítások során sem a sáv szélességre, sem a torzításokra, sem a zavaró jelekre más megkötést nem teszünk. Általános és explicit összefüggéseket adunk az optimális vivőfázisra és mintavételezési időpontra, ezek érzékenységi tényezőire és a minimális négyzetes átlagtorzításra.

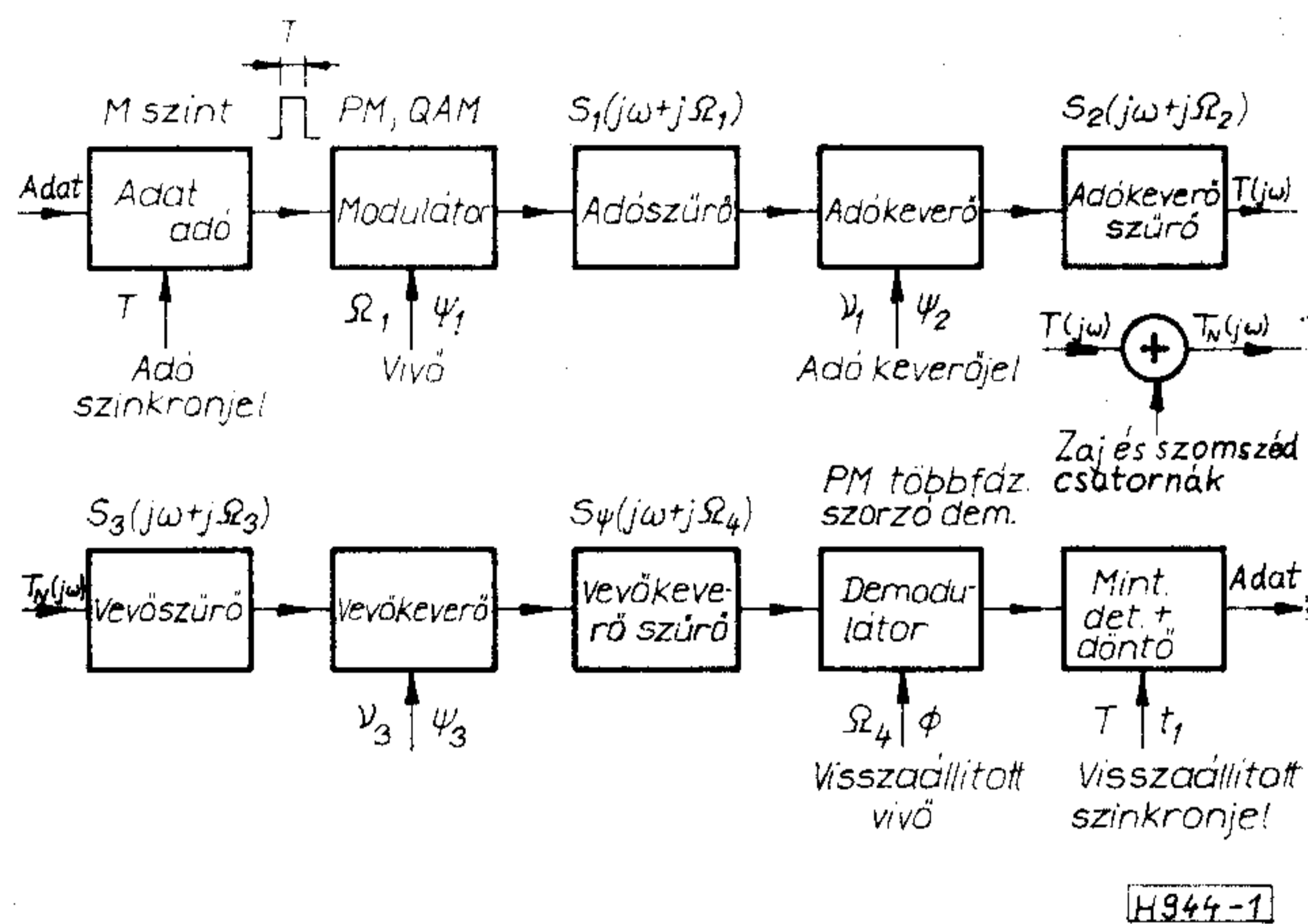
Ezáltal definiálhatjuk az eredő szűrőkarakterisztika fázistolását, késleltetését és torzítását, valamint a szomszéd csatornák zavarását, ha a négyzetes átlagtorzítást tekintjük az adatátviteli minőség mértékének. Ezen összefüggések birtokában a [4]-ben alkalmazott elv fordítottjaként azt a szűrőtervezési eljárást javasoljuk, hogy az ideális jelalakot a vivő- és szinkronhibák szerinti érzékenységi tényezők, valamint a sáv szélességi igény közötti kompromisszum alapján válasszuk meg, és a szűrők hibakarakterisz-

Beérkezett: 1984. I. 17.

tikáját illesszük a választott névleges karakterisztikához úgy, hogy a négyzetes átlagtorzítás ne haladja meg a specifikált értéket.

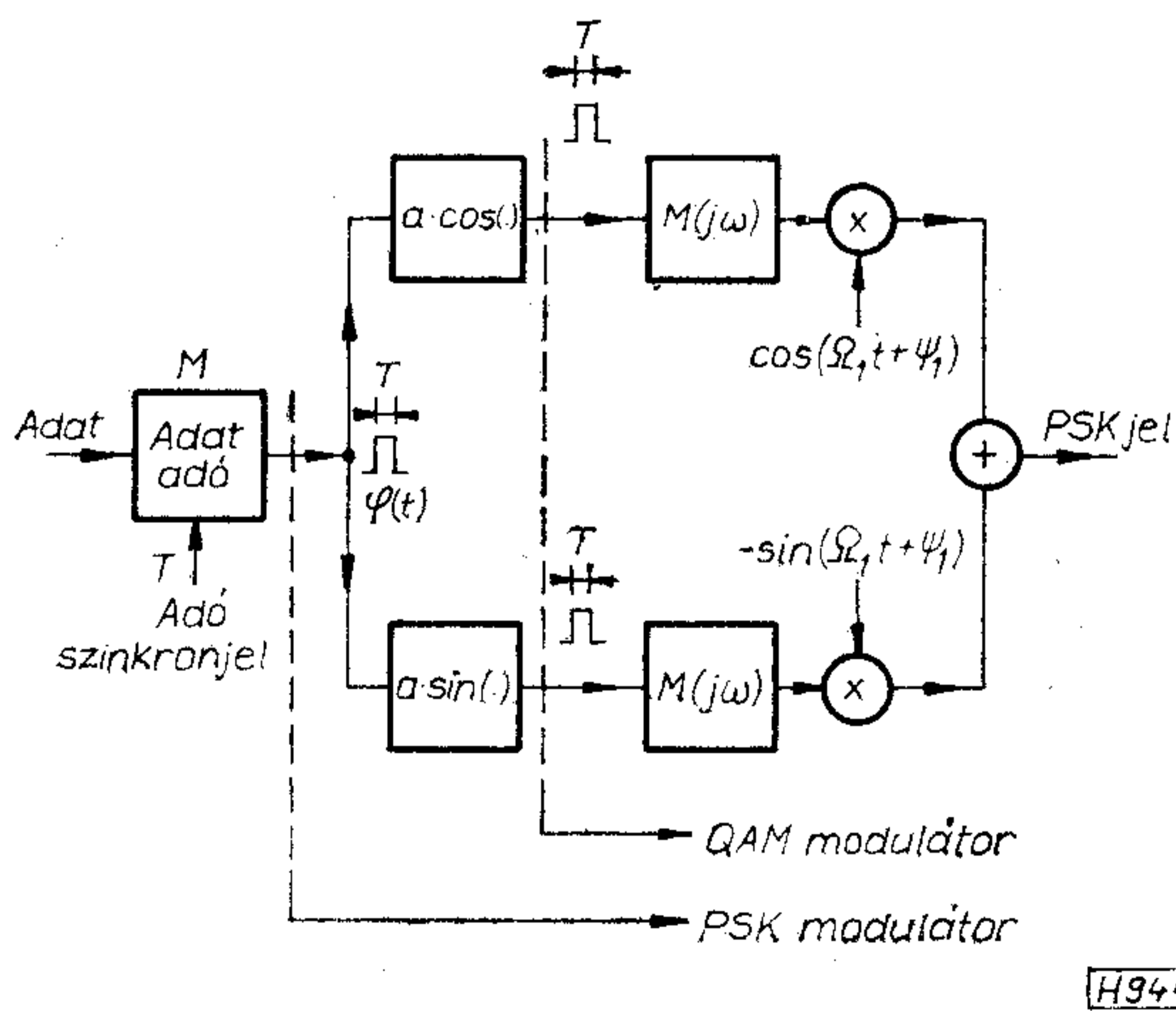
2. PSK adatátvitel modellezése

A PSK adatátvitel vázlatát az 1. ábrán láthatjuk. Az adat adó T időközönként T ideig tartó, $M=2^m$ különböző szintű négyszögimpulzusokat ad, ahol a szintek egyenközüek és m természetes szám. A modulátor lehet PM vagy QAM típusú is, a koherens demodulációt pedig PM demodulátorral vagy szorzó demodulátorokból felépített több fázisú demodulátorral valósíthatjuk meg.

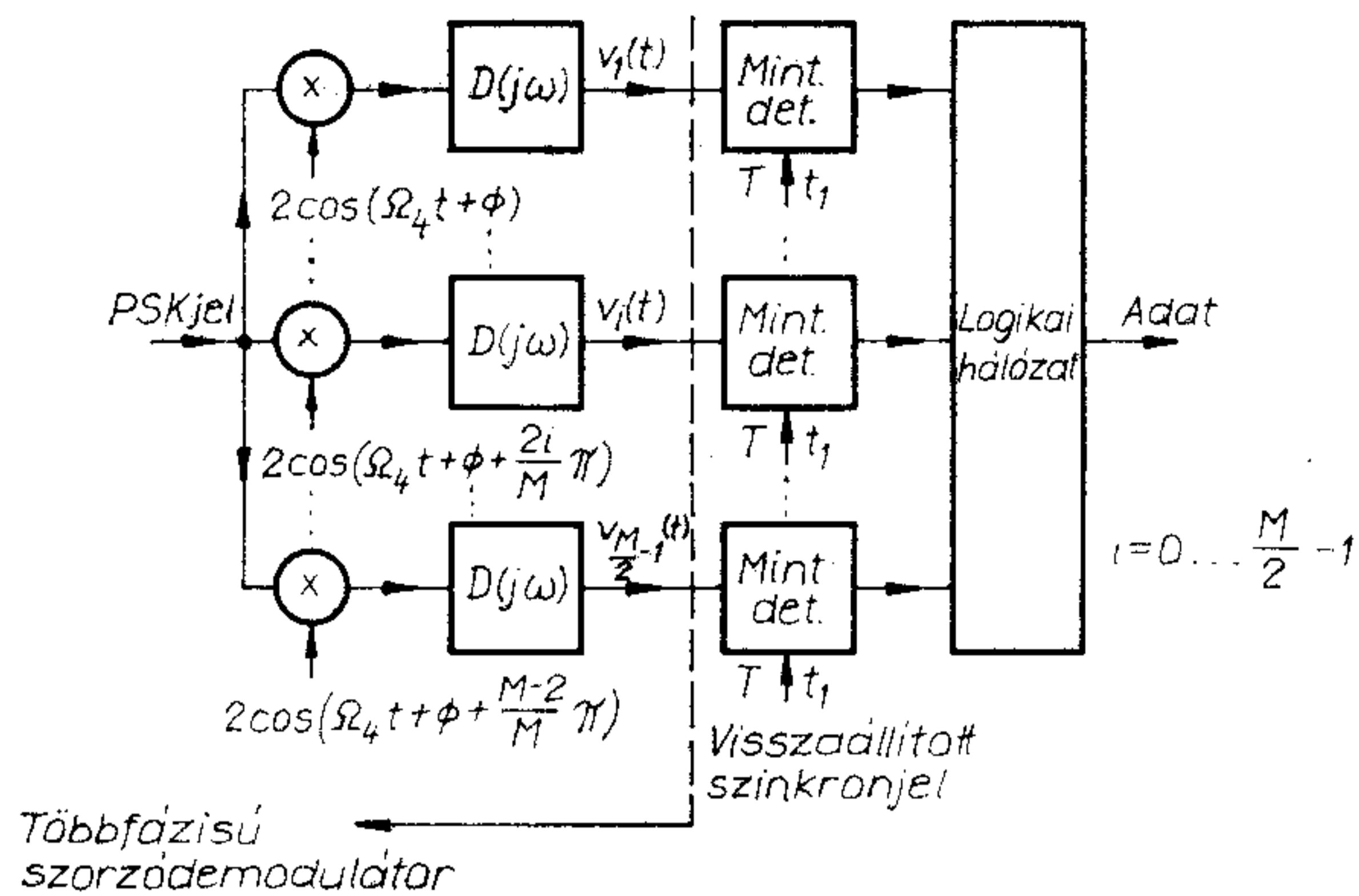


1. ábra. PSK adatátvitel vázlatja

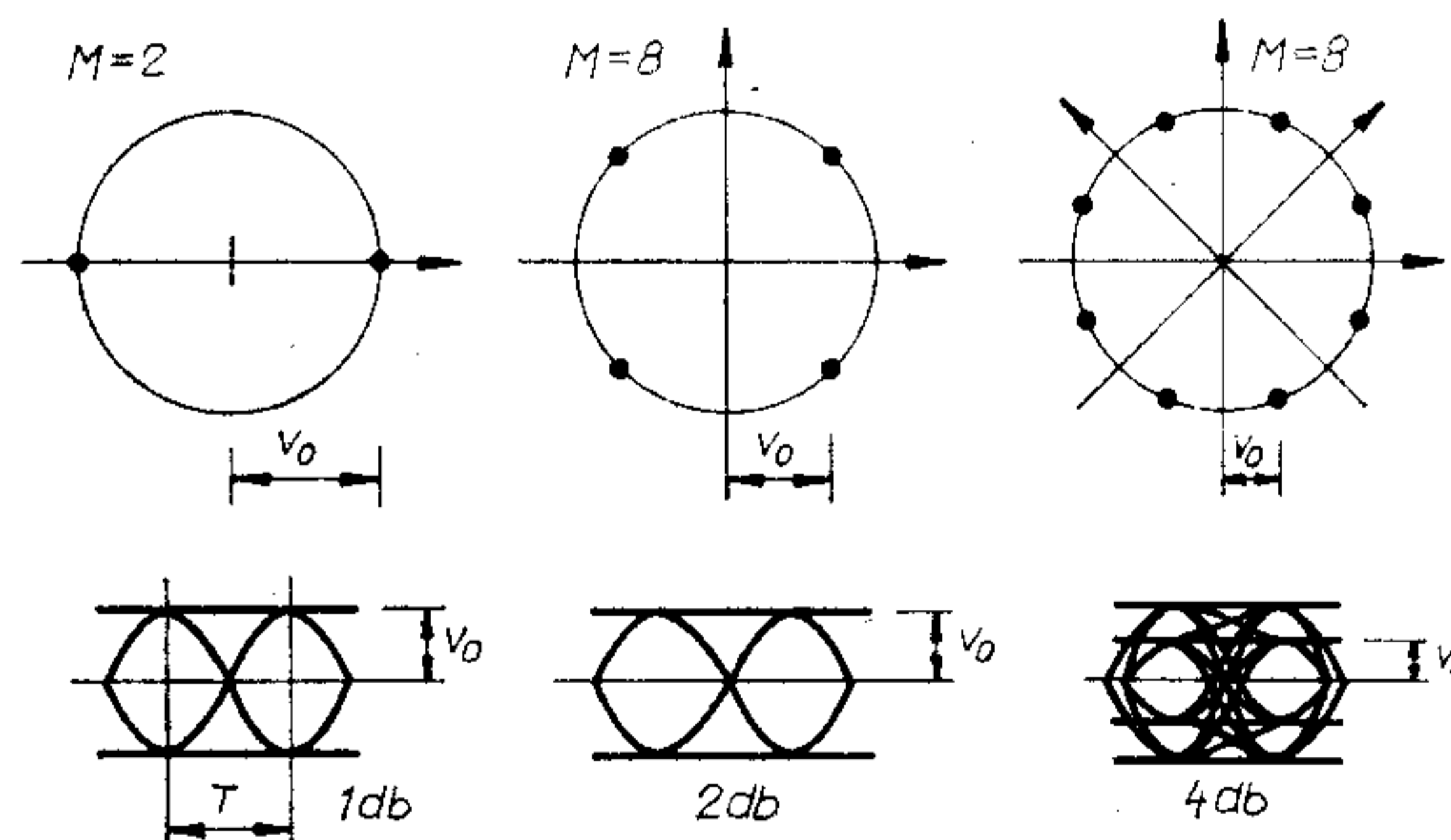
A keverőáramkörök alkalmazása a fő rendszerfunkciók (moduláció, demoduláció, csatornaszűrés, vivővisszaállítás, szinkronvisszaállítás) jó realizálhatóságát biztosítják, a keverések száma rendszerként más és más. A vivőfrekvenciákat és a szűrőket úgy választjuk meg, hogy a moduláció és a keverések sávátlapolódása, valamint a demoduláció és a keverések sávismétlődése elhanyagolható legyen. A szinkron detekciót mintavételező detektor és döntő áramkör valósítja meg.



2. ábra. QAM modulátorral és nemlineáris transzformációval megvalósított PSK moduláció



3. ábra. Többfázisú szorzódemodulátorral megvalósított PSK demoduláció



4. ábra. Optimális vivővisszaállítás és a megfelelő számúbrák jellege $M=2,4,8$ szintű PSK átvitel esetén

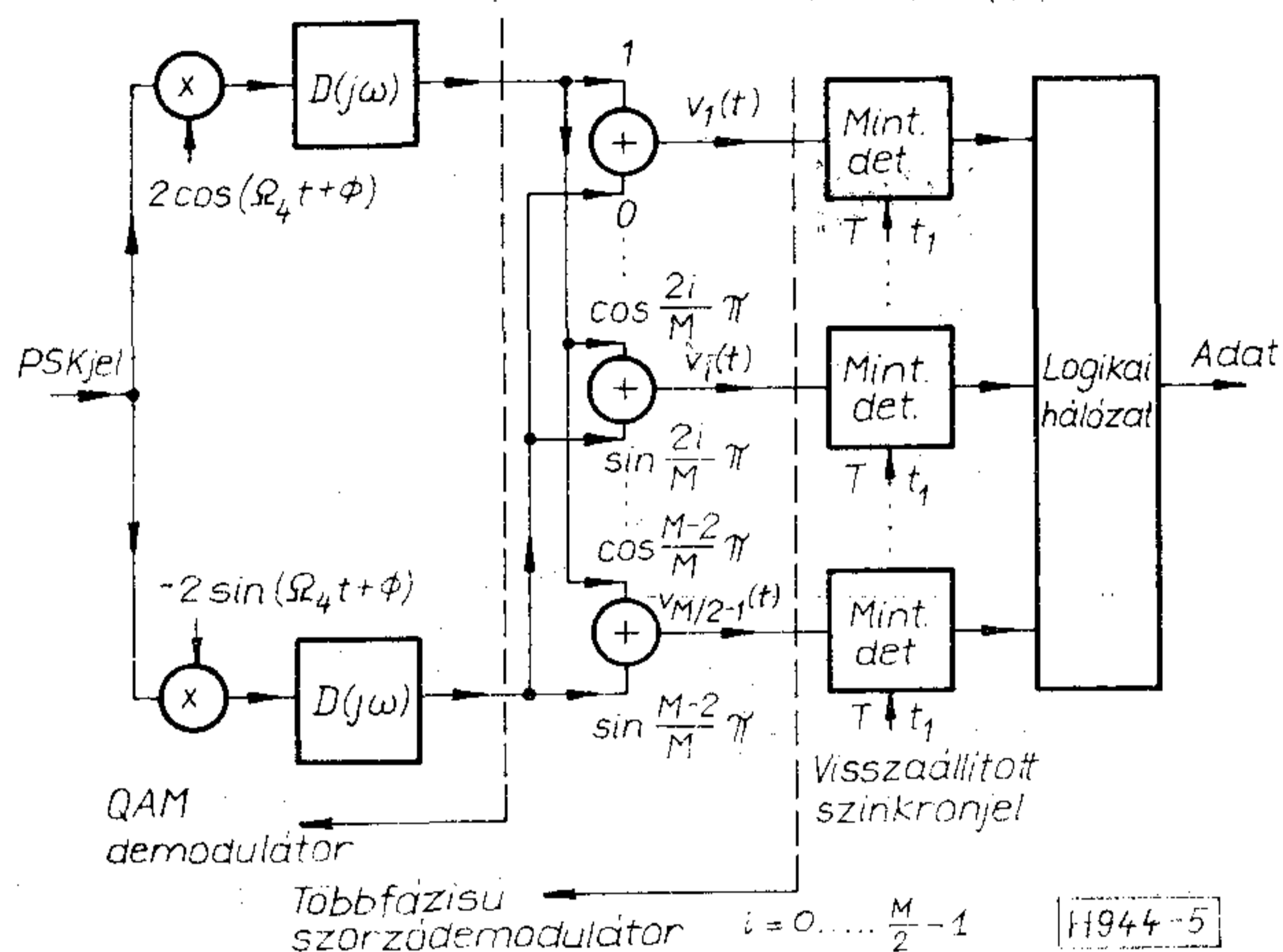
Külön hangsúlyozzuk, hogy koherens és szinkron PSK átvitelt vizsgálunk. A koherenciát és szinkronizmust biztosító vivő- és szinkronvisszaállító áramkörökkel részleteiben nem foglalkozunk. Feltételezzük, hogy a vivő- és szinkronjelek frekvenciái pontosak, és azt vizsgáljuk, hogy fázishelyzeteik milyen módon állnak elő és hogyan befolyásolják a PSK átvitelt.

Ha az M szintű fázismodulációt PM modulátorral valósítjuk meg, akkor a moduláció sávátlapolódással jár együtt. Az $\Omega_1 \gg \frac{1}{T}$ választással azonban a sávátlapolódás elhanyagolhatóvá tehető. Ezért, ha a moduláció PM modulátorral történik, gyakran sávátlárolásra (adószűrő) és lekeverésre van szükség.

Az M fázisszint nemlineáris transzformáció és QAM modulátor alkalmazásával is létrehozható (2. ábra). A sávátlapolódás-mentes modulációnak az a feltétele, hogy az aluláteresztő jellegű $M(j\omega)$ modulátorszűrő levágási frekvenciája kisebb legyen az Ω_1 vivőfrekvenciánál.

A koherens PSK demodulációt megvalósíthatjuk akár PM demodulátorral, akár többfázisú szorzódemodulátorral (3. ábra). Az utóbbi esetben a demoduláció akkor optimális, ha a visszaállított vivőre merőleges vetületként adódó demodulált jel két állapot közötti döntési távolsága minden esetben maximális. A 4. ábra szerint a maximális döntési távolság

$2\pi/M$ szöggraszter szerinti $M/2$ számú vivővel és nullkomparátorral biztosítható. Az áramkör akkor tesz eleget a jelisméltetés-mentes demoduláció követelményeinek, ha a $D(j\omega)$ aluláteresztő jellegű demodulátor szűrő levágási frekvenciája kisebb, mint $2\Omega_4$. Az 5. ábrán új struktúrájú többfázisú demodulátort javasolunk, amely ugyanazon $v_i(t)$ vett jeleket állítja elő, mint a 3. ábra szokásos kapcsolása, de megvalósítása lényeges előnyökkel jár, mert csak súlyozott összegeket képző áramkörökből igényel $M/2$ számú elemet.



5. ábra. QAM demodulátorral és összegző áramkörökkel megvalósított PSK demoduláció

A fenti modulátoroknak és demodulátoroknak számos analóg és digitális realizációja létezik. Megmutatható, hogy felsorolt modulátorok, ill. demodulátorok zajos csatorna esetén is ekvivalensek [9]. Ezért a fentiek közül bármely modulátort és demodulátort feltételezve szabad rendszert modellezni, függetlenül attól, hogy a tényleges rendszerben milyen modulátor és demodulátor szerepel.

Az adat adó egységnyi szintű elemi jeléhez az

$$N(j\omega) = T \frac{\sin \frac{\omega T}{2}}{\frac{\omega T}{2}} \quad (1)$$

spektrum tartozik. Így az 1. ábra adóoldalának lineáris elemeit a $T(j\omega)$ ekvivalens alapsávi adóspektrum jellemzi:

$$T(j\omega) = N(j\omega)M(j\omega) \prod_{i=1,2} S_i(j\Omega_i + j\omega) \prod_{i=1,2} e^{j\psi_i}, \quad (2)$$

ahol $S_i(j\Omega_i + j\omega)$ a megfelelő vivőfrekvenciákkal alapsávba tolt sávszűrő átviteli függvények, továbbá ψ_i a vivő- és keverőjelek kezdőfázisai. Megjegyezzük, hogy az $S_i(\cdot)$ és ψ_i jelenléte miatt a $T(j\omega)$ általában nem rendelkezik a szokásos aluláteresztő konjugált szimmetriával.

Hasonló módon felírhatjuk a vevőoldal lineáris elemeinek ekvivalens alapsávi átvitelét is:

$$R(j\omega) = D(j\omega) \prod_{i=3,4} S_i(j\Omega_i + j\omega) e^{j\psi_i}. \quad (3)$$

Így a demodulált jelre a

$$K(j\omega) = T(j\omega)R(j\omega) \quad (4)$$

$$H(j\omega) = K(j\omega)e^{-j\Phi} \quad (5)$$

ekvivalens alapsávi spektrumok jellemzőek, ahol a $H(j\omega)$ -ban már a visszaállított vivő Φ kezdőfázisát is figyelembe vesszük. A bevezetett frekvenciatartománybeli jellemzők időtartománybeli megfelelőit kis betűvel fogjuk jelölni. Legyen az adóoldal fázissorozata $\varphi(nT)$, akkor a vett jel $\bar{b}(t)$ komplex burkolóját a

$$\bar{b}(t) = a \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(t-nT)e^{j\varphi(nT)} \quad (6)$$

összefüggés írja le, ahol „a” a modulátorokban beállított amplitúdó. Mivel a $H(j\omega)$ általában nem rendelkezik a konjugált szimmetriával, a $h(t)$ súlyfüggvény általában komplex időfüggvény. A $\varrho(t)$ vett fázis és a $v_i(t)$ vett jelsorozat (3. és 5. ábra) a $\bar{b}(t)$ komplex burkolóból állítható elő:

$$\varrho(t) = a \operatorname{Re}[\bar{b}(t)], \quad (7)$$

$$v_i(t) = \operatorname{Re}[\bar{b}(t)e^{-j\frac{2i}{M}\pi}]. \quad (8)$$

Ezzel megadtuk a PSK modulációs rendszer modelljét.

3. Az ideális adatátvitel feltételei

3.1. Mintavételes detekció

A vázolt adatátviteli rendszerben a detekció mintavételes döntéssel történik. Ezért az adatátviteli számítások frekvenciatartományban történő elvégzéséhez célszerű bevezetni a $h(t_1+kT)$ mintavett jelsorozat spektrumát előállító Nyquist-operátort:

$$\mathcal{N}_1[H(j\omega)] = L_1(\omega) \sum_{l=-\infty}^{\infty} H\left(j\omega + j\frac{2l\pi}{T}\right) e^{jt_1\frac{2l}{T}\pi}, \quad (9)$$

ahol $L_1(\omega)$ a π/T levágási frekvenciával rendelkező ideális aluláteresztő szűrőt jelöli:

$$L_1(\omega) = \begin{cases} 0 & \text{ha } |\omega| > \pi/T \\ \frac{1}{2} & \text{ha } |\omega| = \pi/T \\ 1 & \text{ha } |\omega| < \pi/T. \end{cases} \quad (10)$$

Az $\mathcal{N}_1[\cdot]$ operátor lineáris és megőrzi a valós, ill. képzetes rész páros, ill. páratlan tulajdonságait. Mint-hogy az $\mathcal{N}_1[\cdot]$ által előállított ekvivalens Nyquist-spektrum sávkorlátozott és leírja a $h(t_1+kT)$ mintákat, azaz

$$\mathcal{F}^{-1}[\mathcal{N}_1[H(j\omega)]]|_{t=t_1+kT} = h(t_1+kT), \quad (11)$$

alkalmazhatjuk a mintavételi tételt:

$$\mathcal{N}_1[H(j\omega)] = L_1(\omega) T \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(t_1+kT) e^{-j\omega(t_1+kT)}, \quad (12)$$

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} |\mathcal{N}_1[H(j\omega)]|^2 d\omega = T \sum_{k=-\infty}^{\infty} h^2(t_1 + kT). \quad (13)$$

Az (1) szerinti $N(j\omega)$ szerepel a $H(j\omega)$ kifejezésben, ezért írhatjuk, hogy

$$H\left(jk \frac{2\pi}{T}\right) = 0, \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (14)$$

amiből

$$\mathcal{N}_1[H(j\omega)]|_{\omega=0} = H(0) \quad (15)$$

következik.

Az ideális adatátvitel

$$\varrho(mT + t_1) = \varphi(mT), \quad m = -\infty \dots \infty \quad (16)$$

időtartománybeli feltétele a (6), (7) rendszermodell alapján akkor és csak akkor teljesül, ha $h(t)$ kielégíti a következő feltételeket:

$$\operatorname{Re}[h(t_1)] \neq 0, \quad \operatorname{Im}[h(t_1)] = 0, \quad (17)$$

$$h(t_1 + kT) = 0, \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (18)$$

A fenti időtartományban megfogalmazott feltételek a (12), (15) mintavételt leíró egyenletek segítségével az első Nyquist-feltétel formájában fogalmazhatók meg a frekvenciatartományban:

$$\mathcal{N}_1[H(j\omega)] = L_1(\omega)H(0)e^{-j\omega t_1}, \quad (19)$$

ahol a $H(0)$ amplitúdó és a t_1 késleltetés tetszőleges valós számok. Az első Nyquist-feltétel tehát a $H(j\omega)$ függvényre ad kötést a T és a t_1 számok ismeretében. Megmutatható, hogy a (14) tulajdonság és a (19) feltétel egyszerű kapcsolatot teremt az idő- és frekvenciatartomány amplitúdói között [8]:

$$H(0) = Th(t_1). \quad (20)$$

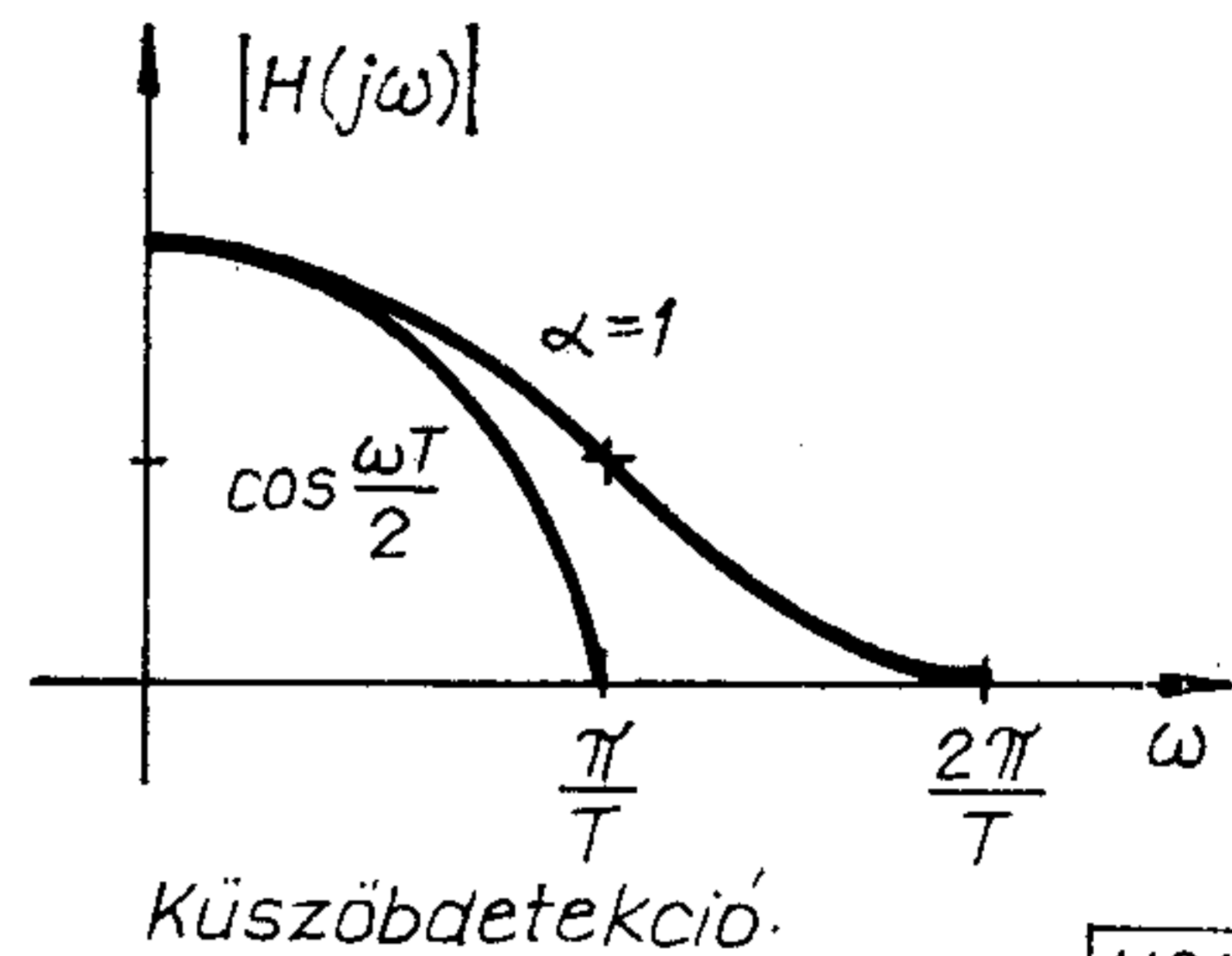
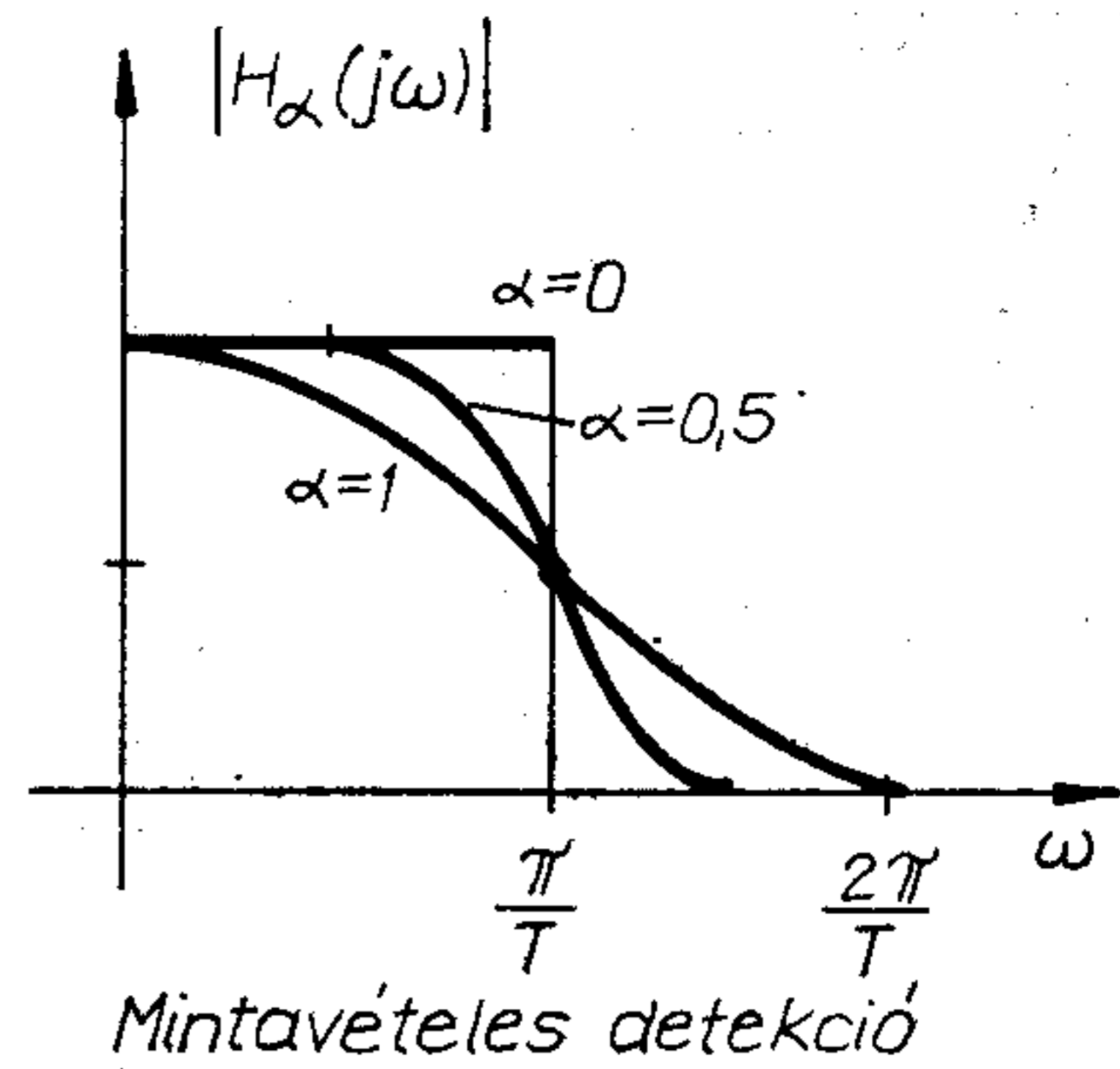
A mintavételi időpont minél kisebb érzékenységének érdekében kikötjük, hogy ideális esetben a $h(t)$ ne csak a t_1 időpontban, de mindig legyen valós:

$$\operatorname{Im}[h(t)] \equiv 0. \quad (21)$$

Mint hogy a fenti egyenletek értelmében a $H(0)$ valós szám, az (5) definíció alapján kiszámíthatjuk a visszaállított vivő fázisát ideális adatátvitel esetére:

$$\Phi = \arccos [K(0)]. \quad (22)$$

$$H_\alpha(j\omega) = Th(t_1)e^{-j\omega t_1} \begin{cases} 1, & \text{ha } 0 \leq |\omega| \leq \frac{\pi}{T}(1-\alpha), \\ \frac{1 - \sin \frac{T}{2\alpha} \left(|\omega| - \frac{\pi}{T} \right)}{2}, & \text{ha } \frac{\pi}{T}(1-\alpha) \leq |\omega| \leq \frac{\pi}{T}(1+\alpha), \\ 0, & \text{ha } \frac{\pi}{T}(1+\alpha) \leq |\omega|, \end{cases} \quad (27)$$



H944-6

6. ábra. Ideális mintavételes és küszöbdetekciót biztosító karakterisztikák

Az ideális adatátvitel másik feltételrendszere a Δ vivőraszter szerint elhelyezkedő azonos felépítésű szomszéd csatornák elnyomását, valamint az adós- és vevőoldal illesztését biztosítja:

$$T(j\omega + j\Delta)R(j\omega) \equiv 0, \quad l = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (23)$$

$$\frac{R(j\omega)}{R(0)} = \frac{T^*(j\omega)}{T(0)} e^{-j\omega t_1}, \quad (24)$$

ahol a * konjugálást jelöl. A (4) és (5) definíciók, valamint a (23), (24) feltételekből a $H(j\omega)$ -ra újabb kötések kapunk:

$$\operatorname{Im}[H(j\omega)e^{j\omega t_1}] \equiv 0, \quad (25)$$

$$H(j\omega)e^{j\omega t_1} \geq 0, \quad -\infty > \omega > \infty. \quad (26)$$

Ha a $H(j\omega)$ -t a $H_\alpha(j\omega)$ -val jelölt koszinuszos lekerekítésű karakterisztikának választjuk, akkor az összes eddigi feltétel kielégíthető (6. ábra):

ahol az α lekerekítési tényező valós szám, értéke $0 \leq \alpha \leq 1$. Az α nagyobb értékeinél az átvitel nagyobb sávzsélességet igényel, de mint majd látjuk, nagyobb az átvitel tűrése is a vivőfrekvencia pontosságával és a szinkronjel fázishibájával szemben.

3.2. Küszöbdetekció

A szinkronjel visszaállítása gyakran küszöbdetekcióval történik, ezért röviden összefoglaljuk a küszöbdetekció követelményeit is. Időtartományban

$$h\left(t_2 - \frac{T}{2}\right) = h\left(t_2 + \frac{T}{2}\right) \neq 0, \quad \mathcal{I}m \left[h\left(t_2 + \frac{T}{2}\right) \right] = 0, \quad (28)$$

$$h\left(t_2 - \frac{T}{2} + kT\right) = 0, \quad \text{ha } k = -1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (29)$$

feltételeket kell megtartani, ahol a t_2 a rendszer késleltetése küszöbdetekció szempontjából.

A fenti feltételek frekvenciatartománybeli megfogalmazásához felírjuk a $t_2 - \frac{T}{2}$ mintavételi időponthoz tartozó $\mathcal{N}_2[\]$ Nyquist-operátort a (9) definíció mintájára:

$$\mathcal{N}_2[H(j\omega)] = L_1(\omega) \sum_{l=-\infty}^{\infty} H\left(j\omega + j\frac{2l\pi}{T}\right) e^{j\left(t_2 - \frac{T}{2}\right)\frac{2l\pi}{T}}. \quad (30)$$

E definícióval felírhatjuk a (28), (29) időtartománybeli kötéseknek megfelelő második Nyquist-feltételt:

$$\mathcal{N}_2[H(j\omega)] = 2Th\left(t_2 - \frac{T}{2}\right) L_2(\omega) e^{-j\omega t_2}, \quad (31)$$

$$L_2(\omega) = L_1(\omega) \cos \frac{\omega T}{2}. \quad (32)$$

A mintavételes detekcióhoz hasonlóan az átvitel minimális sávigénye π/T .

A kétféle detekció együttes ideális megvalósítását az $\alpha = 1$ lekerekítési tényezővel rendelkező $H_1(j\omega)$ karakterisztika biztosítja a minimális $2\pi/T$ sávzsélességgel (6. ábra), úgy, hogy

$$t_2 = t_1, \quad (33)$$

$$h\left(t_1 - \frac{T}{2}\right) = \left(\frac{h(t_1)}{2}\right). \quad (34)$$

A gyakorlatban alkalmaznak kisebb sávigényű $\alpha < 1$, $\alpha \approx 0,5 \dots 0,6$ lekerekítési tényezővel rendelkező karakterisztikákat is, úgy, hogy a (33) feltétel teljesül, de a (34) feltétel nem teljesül, és így a küszöbdetekció nem ideális. Ez a gyakorlat azért engedhető meg, mert a küszöbdetekció által létrehozott dzsitter tetszés szerint kiszűrhető.

4. Négyzetes átlagtorzítás-analízis

Az ideális adatátvitel feltételei csak közelítőleg eléghetők ki. Az első Nyquist-feltétel, valamint a $t_2 = t_1$ követelmény megsértésének hatására jelátlapolódás

(interszimból interferencia) jön létre, azaz a mintavételi érték nemcsak egy, de több adóoldali adatjel értékétől is függ. További hibaforrás a csatornaközi áthallás, valamint az adó és vevő illesztetlensége.

Ha az ideális adatátvitel feltételeitől csak kis mértékben térünk el, akkor az illesztési veszteség elhanyagolható és a zajmentes átvitelre számított négyzetes átlagtorzítás jellemző rendszerparaméternek tekinthető, amely egyébként analitikusan jól kezelhető. A számítások során feltételezzük még, hogy az egyes csatornákon független adatsorozatokot viszünk át, továbbá, hogy a $\cos \varphi(nT)$ és a $\sin \varphi(nT)$ nulla átlagú független adatsorozatok. A számításokat a (8) modell alapján végezzük el.

A 4. ábra alapján felírható a mintavételes detekció v_0 kritikus döntési távolsága, amelyet hosszú idő átlagában értelmezünk:

$$v_0 = \alpha \operatorname{Re} [h(t_1)] \sin \frac{\pi}{M}, \quad M = 2, 4, 8, 16, \dots \quad (35)$$

Tekintsük a $v_i(t)$ jelsorozat azon i -edik tagját, amely egy tetszés szerint kiválasztott $mT + t_1$ időpontban a kritikus döntési távolságot adja, akkor a kiválasztott i -hez tartozó isi_i jelátlapolódás v_0 -ra normalizált értéke a következő módon írható:

$$\frac{isi_i(mT + t_1)}{v_0} = \frac{\operatorname{Re} \left[a \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(t_1 + mT - nT) e^{j \left[\varphi(nT) - \frac{2i}{M} \pi \right]} \right]}{a \operatorname{Re} [h(t_1)] \sin \frac{\pi}{M}}. \quad (36)$$

A fenti kifejezés négyzetes átlagértékét négyzetes átlagtorzításnak nevezzük:

$$\delta^2 = \frac{isi_i^2(mT + t_1)}{v_0^2} = \frac{v_i^2}{v_0^2} \varepsilon_1^2, \quad (37)$$

ahol az első tényező M -től függő arányossági faktor:

$$\frac{v_i^2}{v_0^2} = \begin{cases} 1, & \text{ha } M = 2, \\ \frac{4}{M} \frac{\sum_{k=0}^{M/4-1} \sin^2 \frac{\pi}{M} (1+2k)}{\sin^2 \frac{\pi}{M}}, & \text{ha } M \geq 4, \end{cases} \quad (38)$$

amelynek értéke egyébként 1, ha $M = 4$ és $\sqrt{2}/(\sqrt{2}-1) \approx 3,44$, ha $M = 8$, a (37) második tényezője pedig az ε_1^2 négyzetes átlaghiba:

$$\varepsilon_1^2(t_1, \Phi) = -1 + \frac{\sum_{l=-\infty}^{\infty} |h(lT + t_1)|^2}{(\operatorname{Re} [h(t_1)])^2}. \quad (39)$$

A δ és az ε_1 tehát független az i sorszámától, de függ a t_1 mintavételi időponttól és a $h(t)$ függvényen keresztül a vivővisszaállító fázisától is.

Ha a PSK rendszer sokcsatornás, akkor jellemezze a vizsgált csatorna átvitelét $h_0(t)$, míg a szomszéd N számú adó áthallását a vizsgált csatorna vevőjébe a $h_k(t)$ súlyfüggvénnyel jelöljük. A $h_k(t)$ nem azonosan

zérus, ha a (23) nem teljesül. Az ε_1^2 ez esetben az összes interferencia négyzetes összegzésével számítható:

$$\varepsilon_1^2(t_1, \Phi) = -1 + \frac{\sum_{k=0}^N \sum_{l=-\infty}^{\infty} |h_k(lT + t_1)|^2}{(\operatorname{Re}[h_0(t_1)])^2}. \quad (40)$$

Ha a vizsgált csatornát zaj is terheli, akkor a jelátlapolódás hatására a hibavalószínűség megnő. Másképpen fogalmazva, ugyanazon hibavalószínűség biztosításához nagyobb jel-zaj viszonyra van szükség, azaz látszólag jel/zaj veszteség lép fel. Az R jel/zaj veszteség számításához a δ^2 értékét nem adjuk össze a zaj szórásnégyzetével, mert a zajjal ellentétben a jelátlapolódás jól tervezett rendszerekben korlátos folyamat, úgy, hogy zaj nélkül nincs átviteli hiba. Ezért jobb közelítés, ha az R jel/zaj veszteség számításához a jel szintjét csökkentjük a δ átlaghibával. Így kis δ értékekre a következő formulát kapjuk:

$$R \approx 8,68\delta \text{ [dB]}. \quad (41)$$

Küszöbdetekció szempontjából azt kell meghatározni, hogy hova esik a küszöb metszésének átlagos időpontja. Feltételezzük, hogy ezen időpontban egyúttal a négyzetes átlaghiba is minimális, és így ez időpont a minimum helyének meghatározásával becsülhető. A minimum helyének megkereséséhez írjuk fel a küszöbdetekció ε_2 négyzetes átlaghibáját:

$$\varepsilon_2^2(t_2, \Phi) = -2 + 4 \frac{\sum_{l=-\infty}^{\infty} \left| h\left(lT + t_2 - \frac{T}{2}\right) \right|^2}{\left(\operatorname{Re} \left[h\left(t_2 + \frac{T}{2}\right) + h\left(t_2 - \frac{T}{2}\right) \right] \right)^2}. \quad (42)$$

A mintavételt leíró (11) és (13) összefüggések segítségével az ε_1 és ε_2 felírható a frekvenciatartományban is:

$$\varepsilon_i^2(t_i, \Phi) = -i + \frac{\int_{-\pi/T}^{\pi/T} |\mathcal{M}_i[H(j\omega)]|^2 d\omega}{\left[\int_{-\pi/T}^{\pi/T} L_i(\omega) \mathcal{M}_i[H(j\omega)] e^{j\omega t_i} d\omega \right]^2}, \quad i=1, 2. \quad (43)$$

$$\varepsilon_i^2(t_i, \Phi) = \frac{\|\mathcal{M}_i[Z(\omega)]\|^2 - i \langle L_i(\omega) \mathcal{M}_i[Z(\omega)] \rangle^2 + \beta^2 \|\mathcal{M}_i[C(\omega)(\psi(\omega) + \Phi - \omega t_i)]\|^2}{\langle L_i(\omega) \mathcal{M}_i[Z(\omega)] \rangle^2}, \quad (53)$$

amely a Schwarz—Bunyakovszkij-egyenlőtlenség szerint pozitív szemidefinit. A nevező a következő módon közelíthető:

$$\langle L_i(\omega) \mathcal{M}_i[Z(\omega)] \rangle^2 \approx \langle L_i(\omega) \mathcal{M}_i[\beta C(\omega)] \rangle^2 = \frac{\beta^2}{i^2}, \quad (54)$$

míg a számláló invariáns a $Z(\omega) \rightarrow Z(\omega) - \beta C(\omega)$ helyettesítésre. Így a négyzetes átlaghiba kifejezhető, mint az amplitúdó- és fáziskarakterisztika perturbációk kvadratikus funkcionálja:

A (43) nevezőjének értékeléséhez bevezetjük a $t_i=0$ esethez tartozó $\mathcal{M}_i[\cdot]$ Nyquist-operátort a (9) és (30) definíciók alapján:

$$\mathcal{M}_i[H(j\omega)] = L_i(\omega) \sum_{l=-\infty}^{\infty} (-1)^{l(i-1)} H\left(j\omega + j\frac{2l\pi}{T}\right), \quad i=1, 2. \quad (44)$$

Így a t_i késleltetés a mintavételezést leíró operátorba bevihető:

$$\mathcal{M}_i[H(j\omega)] e^{j\omega t_i} = \mathcal{M}_i[H(j\omega) e^{j\omega t_i}], \quad i=1, 2. \quad (45)$$

A (43) perturbációs analízisének elvégzéséhez bevezetjük a $K(j\omega)$ amplitúdó karakterisztikáját, külön az ideális adatátvitel esetére:

$$K(j\omega) = \beta C(\omega) e^{j(\varphi - \omega t_i)}, \quad i=1, 2, \quad (46)$$

ahol $C(0)=1$, β tetszőleges konstans és $C(\omega)$ kielégíti a Nyquist-feltételeket:

$$\mathcal{M}_i[C(\omega)] = L_i(\omega), \quad i=1, 2, \quad (47)$$

továbbá bevezetjük az amplitúdó- és fáziskarakterisztikát külön a perturbált esetre:

$$K(j\omega) = Z(\omega) e^{-j\psi(\omega)}. \quad (48)$$

A (48) kifejezést úgy értelmezzük, hogy $Z(\omega)$ és $\psi(\omega)$ valós függvények, de $Z(\omega)$ lehet negatív is, úgy, hogy $\psi(\omega)$ ne tartalmazzon π értékű ugrásokat. Általában $Z(\omega)$ és $\psi(\omega)$ se nem páros, se nem páratlan függvények. Feltételezzük, hogy a karakterisztikák perturbációja kicsiny:

$$1 \gg |\psi(\omega) + \Phi - \omega t_i|, \quad (49)$$

$$H(j\omega) = Z(\omega) e^{-j(\psi(\omega) + \Phi - \omega t_i)} e^{-j\omega t_i} \approx \quad (50)$$

$$\approx [Z(\omega) - j\beta C(\omega)(\psi(\omega) + \Phi - \omega t_i)] e^{-j\omega t_i}. \quad (51)$$

Bevezetjük még a Nyquist-intervallumra értelmezett átlagot és euklideszi normát:

$$\langle Z(\omega) \rangle = \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} Z(\omega) d\omega, \quad \|Z(\omega)\|^2 = \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} Z^2(\omega) d\omega. \quad (52)$$

A fentiek figyelembevételével a (43) kifejezés a következő alakot veszi fel:

$$\varepsilon_i^2(t_i, \Phi) = \frac{1}{i^2} \left\| \mathcal{M}_i \left[\frac{Z(\omega)}{\beta} - C(\omega) \right] \right\|^2 - \frac{1}{i} \left\langle L_i(\omega) \mathcal{M}_i \left[\frac{Z(\omega)}{\beta} - C(\omega) \right] \right\rangle^2 + \frac{1}{i^2} \|\mathcal{M}_i C(\omega)(\psi(\omega) + \Phi - \omega t_i)\|^2. \quad (55)$$

Az \mathcal{M}_i operátor lineáris tulajdonságát kihasználva az ε_i kifejezhető mint a t_i és Φ kvadratikusan függvénye:

$$\begin{aligned} \varepsilon_i^2(t_i, \Phi) &= \varepsilon_{i0}^2 + \left(\frac{t_i - t_{i0}}{T}\right)^2 \lambda_i + (\Phi - \Phi_{i0})^2 = \\ &= \frac{1}{i^2} \left\| \mathcal{M}_i \left[\frac{Z(\omega)}{\beta_{i0}} - C(\omega) \right] \right\|^2 + \\ &+ \frac{1}{i^2} \left\| \mathcal{M}_i [C(\omega)(\psi(\omega) + \Phi_{i0} - \omega t_{i0})] \right\|^2 + \\ &+ \left(\frac{t_i - t_{i0}}{T}\right)^2 \frac{T^2}{i^2} \left\| \mathcal{M}_i [C(\omega)\omega] \right\|^2 + \frac{1}{i^2} (\Phi - \Phi_{i0})^2, \end{aligned} \quad (56)$$

ahol a

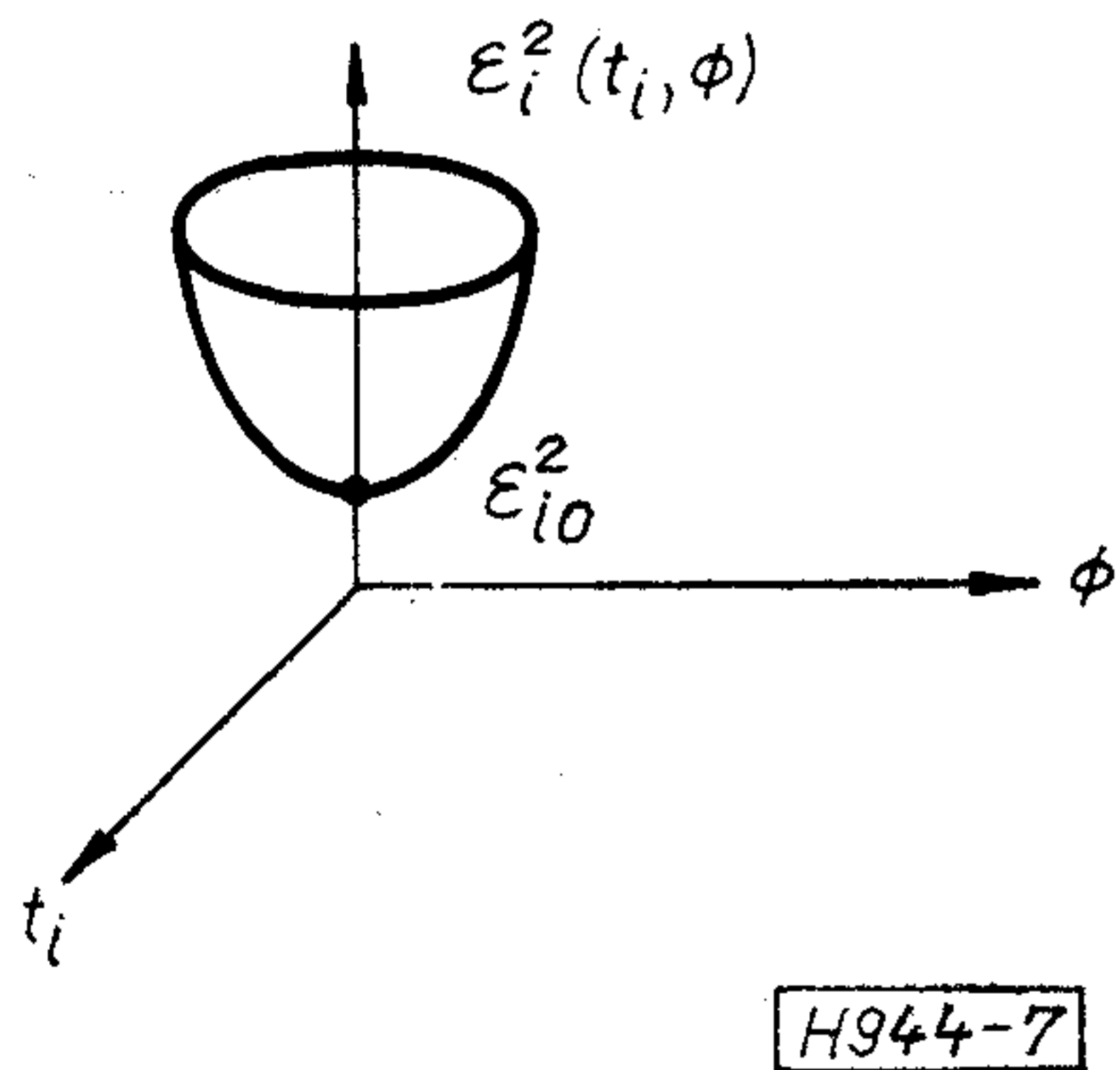
$$\beta_{i0} = i \langle L(\omega) \mathcal{M}_i [Z(\omega)] \rangle \quad (57)$$

tényezőt csak a formulák egységesítése miatt vezetjük be, míg a

$$t_{i0} = \frac{\langle \mathcal{M}_i [C(\omega)\psi(\omega)] \mathcal{M}_i [C(\omega)\omega] \rangle}{\left\| \mathcal{M}_i [C(\omega)\omega] \right\|^2}, \quad (58)$$

$$\Phi_{i0} = -\langle \mathcal{M}_i [C(\omega)\psi(\omega)] \rangle \quad (59)$$

késleltetés és fázistolás a minimális ε_i -t adó paraméterek (7. ábra). A t_{i0} , Φ_{i0} és ε_{i0} paramétereket a $K(j\omega)$ késleltetésének, fázistolásának és torzításának tekintjük, ha az átvitel minőségét a négyzetes átlaghibával jellemezzük.



7. ábra. PSK átvitel négyzetes átlaghibája a fázistolás és a késleltetés hibájának függvényében

Ha a PSK rendszer sokcsatornás, akkor a (40) összefüggés kapcsán bevezetett $h_k(t)$ súlyfüggvényekhez az eddigieknek megfelelően amplitúdó és fáziskarakterisztikákat rendelünk:

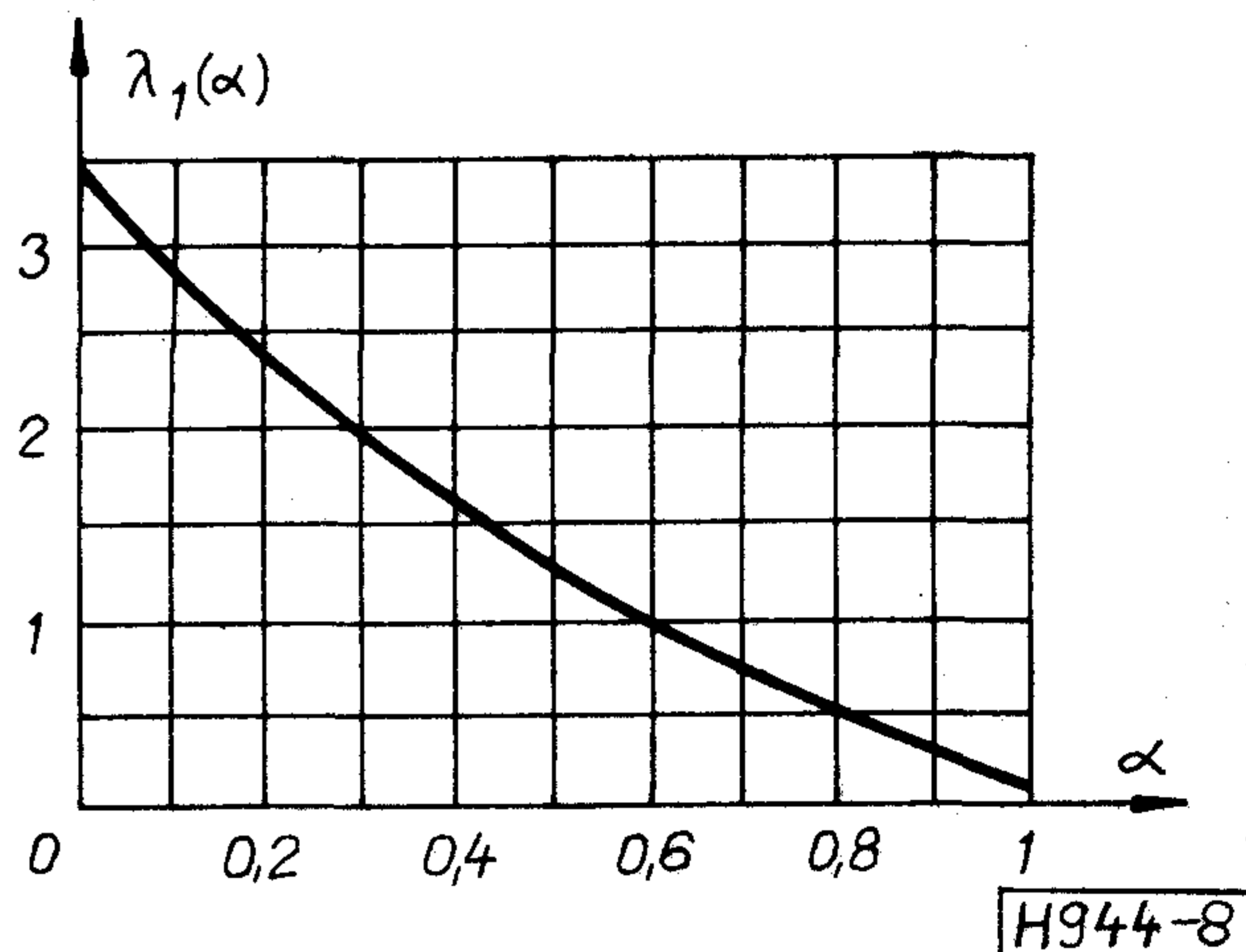
$$K_k(j\omega) = H_k(j\omega)e^{j\Phi} = Z_k(\omega)e^{j\psi_k(\omega)}. \quad (60)$$

A $\psi_k(\omega)$ fáziskarakterisztikákban fázistolás és késleltetés-bizonytalanság van, mert az egyes csatornák adóoldali bit-szinkronjelei, valamint a modulátor és keverő áramkörök vivői nincsenek összeszinkronizálva. A számítások során a legrosszabb esetet kapjuk, ha a csatornaáthallások fázisait a vizsgált csatorna fázistolásával és késleltetésével vesszük figyelembe:

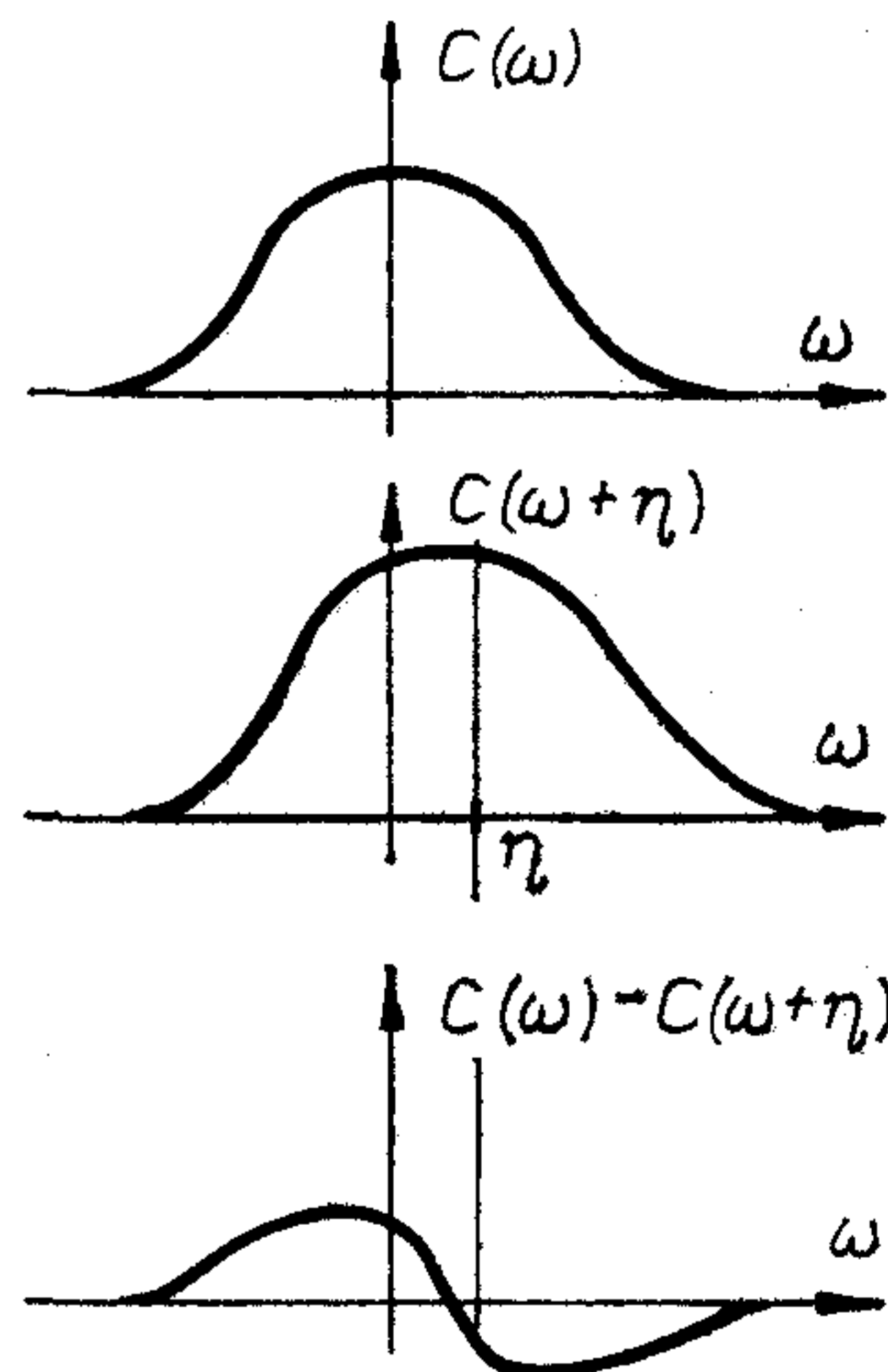
$$\psi_k(\omega) = \Phi_{10} + \omega t_{10}, \quad k \geq 1. \quad (61)$$

Az (56) kifejezésben definiált ε_{i0}^2 most a következő módon fejezhető ki:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{i0}^2(t_i, \Phi) &= \left\| \mathcal{M}_1 \left[\frac{Z_0(\omega)}{\beta_0} - C(\omega) \right] \right\|^2 + \\ &+ \left\| \mathcal{M}_1 [C(\omega)(\psi(\omega) + \Phi_{10} - \omega t_{10})] \right\|^2 + \\ &+ \sum_{k=1}^N \left\| \mathcal{M}_1 \left[\frac{Z_k(\omega)}{\beta_0} \right] \right\|^2. \end{aligned} \quad (62)$$



8. ábra. A késleltetésérzékenységi tényezője a lekerekítési tényező függvényében



9. ábra. A PSK jel vivőfrekvenciájának hibájából adódó nem szimmetrikus amplitúdóhiba

5. Szűrőtervezési szempontok

A $C(\omega)$ ideális karakterisztikát a sáv szélességigény, a λ_1 szinkronérzékenységi tényező és a vivőfrekvencia eltolódásának érzékenysége szerint választjuk meg, majd a kiválasztott karakterisztikát a szűrőtervezés során úgy közelítjük, hogy az $\varepsilon_{i0}^2 + \left(\frac{t_{20} - t_{10}}{T}\right)^2 \lambda_1$ négyzetes átlaghiba előírt érték alatt legyen. A szűrőtervezés hibája az illesztési feltételt is csak kis mér-

tékben sértheti meg, ezért először pl. a $T(j\omega)$ -t approximáljuk úgy, hogy ideális $R(j\omega)$ -val adjon elegendően kis négyzetes átlagtorzítást, majd az $R(j\omega)$ -t a már megtervezett $T(j\omega)$ -val együtt optimalizáljuk. A számítások elvégzésére a TKI-ban a NEKV program szolgál.

Vizsgáljuk meg először a $C(\omega)$ választásának szempontjait. A (27) cosinus lekerekítésű karakterisztikák esetében a B sáv szélesség igény és az (56) kifejezéssel definiált λ_1 szinkron érzékenységi tényező a következő módon fejezhető ki:

$$B = \frac{\pi}{T} (1 + \alpha), \quad (63)$$

$$\lambda_1 = \frac{\pi^2}{3} - \frac{\pi^2}{2} \alpha + (\pi^2 - 8) \alpha^2, \quad 0 \leq \alpha \leq 1, \quad (64)$$

ahol a $\lambda_1(\alpha)$ függvényt a 8. ábrán rajzoltuk fel. A vivőfrekvencia eltolódását a modulátor és a keverő áramkörök frekvenciahibája okozhatja. Ennek hatására a PSK-jel spektrumának közepe nem esik össze a sávszűrők közepével, és az ekvivalens alapsávi spektrum ideális szűrők esetén is elveszti konjugált szimmetriáját (9. ábra). Az így előálló négyzetes átlaghibát felülről becsüljük, ha feltételezzük, hogy az eredő alapsávi ekvivalens spektrum tolódik el kis η hibafrekvenciával:

$$Z(\omega) = C(\omega + \eta) \approx C(\omega) + \eta C'(\omega), \quad (65)$$

ahol a vessző deriválást jelöl. Az ε_{10}^2 értékét az (53) egyenlet alapján írjuk fel:

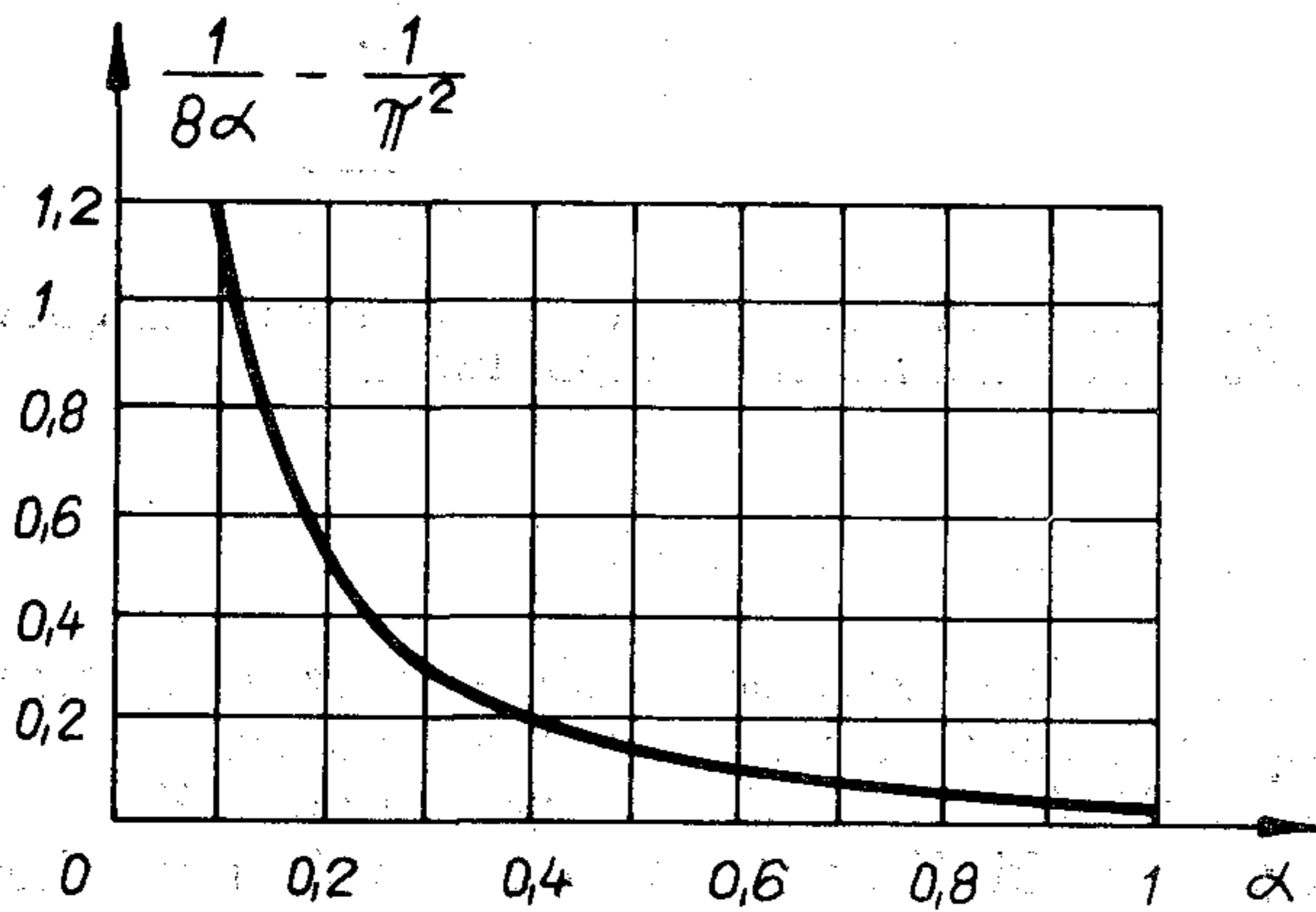
$$\varepsilon_{10}^2 = \eta^2 (||\mathcal{M}_1[C'(\omega)]||^2 - \langle \mathcal{M}_1[C'(\omega)] \rangle^2). \quad (66)$$

A cosinusos lekerekítésű karakterisztikák esetére a kijelölt műveletek elvégezhetők:

$$\varepsilon_{10}^2 = \eta^2 T^2 \left(\frac{1}{8\alpha} - \frac{1}{\pi^2} \right), \quad 0 \leq \alpha \leq 1, \quad (67)$$

amelynek menétét az α függvényében a 10. ábrán tüntettük fel.

Megállapíthatjuk tehát, hogy az α növelésével nő a sáv szélességigény, de csökken a szinkronhiba és a vivőfrekvenciahiba érzékenysége.

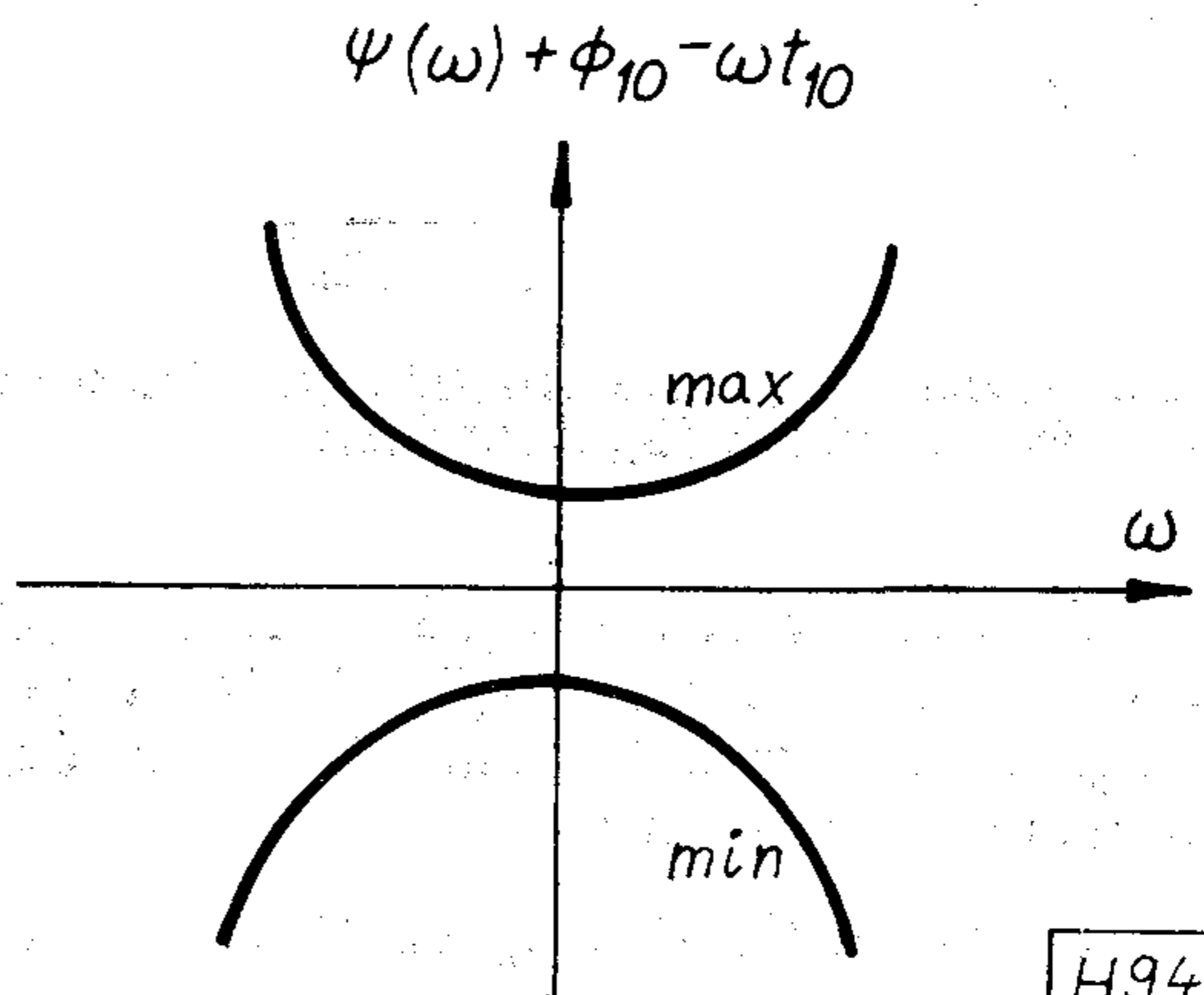
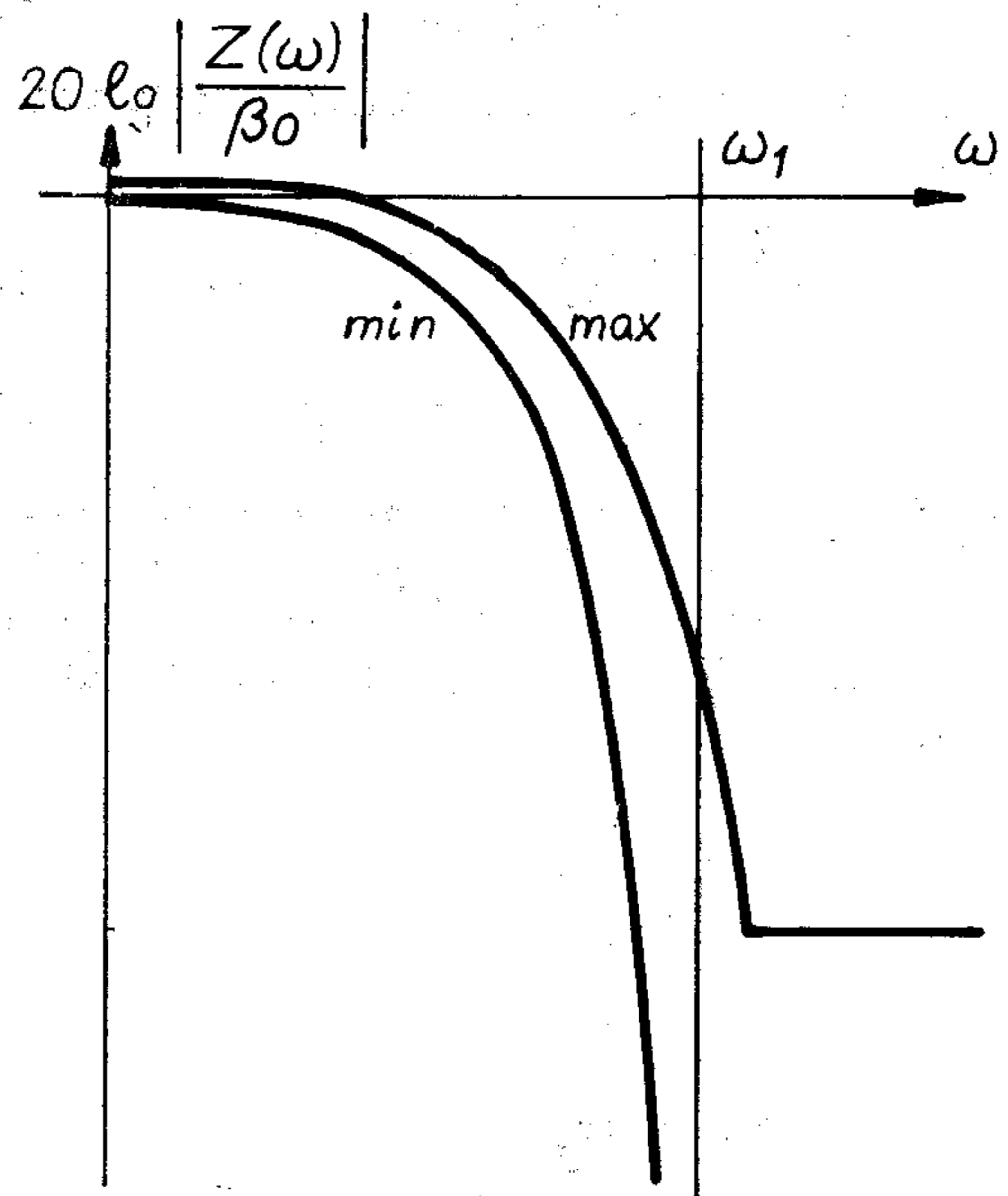


H944-10

10. ábra. A frekvenciahiba érzékenységi tényezője a lekerekítési tényező függvényében

Vizsgáljuk meg másodszer a szűrőtervezés kérdéseit. Az előírt négyzetes átlagtorzítás elérése a fenti analízisformulákra alapozott optimalizálást igényel. Az optimalizáláshoz szükséges kiindulási szűrőparaméterek megválasztását toleranciafüggvények előállításával és más kvalitatív megfontolásokkal segítjük. A toleranciafüggvények előállításához a következő feltevésekkel élünk:

- ε_{10}^2 -t egyenlően osztjuk fel amplitúdó- és fázishibából eredő torzításra,
- az (56) egyenlet értékelése során az euklideszi normák integráljaiban a hibák egyenletes eloszlásúak a frekvencia szerint,
- három Nyquist-intervallumot veszünk figyelembe,
- $C(\omega)$ pozitív és monoton.



H944-11

11. ábra. Az eredő amplitúdó- és fáziskarakterisztikák toleranciasémájának jellege

A fenti feltevésekkel a következő toleranciasémák származtathatók:

$$20 \lg \left(C(\omega) - \frac{\varepsilon_0}{3\sqrt{2}} \right) \leq 20 \lg \frac{Z(\omega)}{\beta_{10}} \leq$$

$$\leq 20 \lg \left(C(\omega) + \frac{\varepsilon_0}{3\sqrt{2}} \right), \quad \text{ha } |\omega| < \omega_1, \quad (68)$$

$$20 \lg \left| \frac{Z(\omega)}{\beta_{10}} \right| \leq 20 \lg \left(C(\omega) + \frac{\varepsilon_0}{3\sqrt{2}} \right),$$

$$\text{ha } \omega_1 < |\omega| < \frac{2\pi}{T},$$

ahol ω_1 -t a következő módon definiáljuk:

$$C(\omega_1) = \frac{\varepsilon_0}{3\sqrt{2}}, \quad (69)$$

továbbá az áteresztő tartományban:

$$|\psi(\omega) + \Phi_{10} - \omega t_{10}| \leq \frac{1}{C(\omega)} \frac{\varepsilon_0}{3\sqrt{2}}. \quad (70)$$

A (68) és (70) toleranciasémák jellegét a 11. ábrán rajzoltuk meg. Ezzel a hibafüggvényeket a $C(\omega)$ -hoz illesztettük, míg a fordítottja történt a [4] publikációban.

A $t_{10} = t_{20}$ feltétel közelítéséhez a (70) toleranciafüggvény megtartása általában nem elegendő, e feltételt numerikusan kell vizsgálni az (58) alapján. Általában annyit mondhatunk csak, hogy a fázis-karakterisztikát a π/T Nyquist-frekvencián túl is korrigálni kell. Megjegyezzük még, hogy a

$$t_{10} = t_{20} = \frac{\psi(\pi/T)}{\pi/T} \quad (71)$$

feltételt is meg kell tartani, ha a szinkronvisszaállító áramkör felszinkronizálását 1010... előkód sorozat segíti.

6. Összefoglalás

A jelen cikkben PSK adatátviteli rendszer tervezéséhez szükséges ismereteket foglaltunk össze. A PSK rendszermodellt mind a (7) nemlineáris transzformációval, mind a (8) $M/2$ változós lineáris transzformációval megadtuk. Az utóbbi modell alapján gazdaságosabban realizálható többfázisú szorzó-demodulátort javasoltunk, és ezen a modellen alapulnak a négyzetes átlaghiba-számítások is. Az ideális adatátvitel feltételének tömör megfogalmazását az $\mathcal{N}_1[]$, $\mathcal{N}_2[]$, majd később az $\mathcal{M}_1[]$, $\mathcal{M}_2[]$ Nyquist-operátorok bevezetése tette lehetővé.

Az adatátviteli számításokat a négyzetes átlaghiba alapján végeztük el. Zárt formában megadtuk kis perturbációk által okozott négyzetes átlaghibát. Így vettük figyelembe a szűrő-karakterisztikák hibáit, a visszaállított vivő fázisának és a visszaállított szinkronjel késleltetésének hibáit, valamint a vivő-frekvenciák eltolódását és végül a szomszéd csatornák

áthallását. A számítások során a mintavételes detekciót tekintettük elsődlegesnek, a visszaállított szinkronjel késleltetésének figyelembevétele azonban megkövetelte a számítások kiterjesztését a küszöb-detekcióra is. Általános és zárt formájú kifejezéseket adtunk az optimális visszaállított vivőfázisra és szinkronkésleltetésre, ezek érzékenységre és a minimális négyzetes átlaghibára. Az eredmények nemcsak PSK, de QAM adatátvitelre is érvényesek.

A fenti eredmények alapján szűrőtervezési eljárást adtunk: a névleges karakterisztikát úgy választottuk meg, hogy kompromisszumot kötöttünk a sávszélesség és az érzékenységi tényezők között, majd a hibafüggvényeket a névleges karakterisztikához illesztettük.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom dr. Baranyi Andrásnak (TKI), Hinsenkamp Lászlónak (TKI), és Szabeni Jánosnak (FOKGYEM) az ötleteket adó megbeszélésekért és Benedek Andornak (TKI) egy inspiráló beszélgetésért.

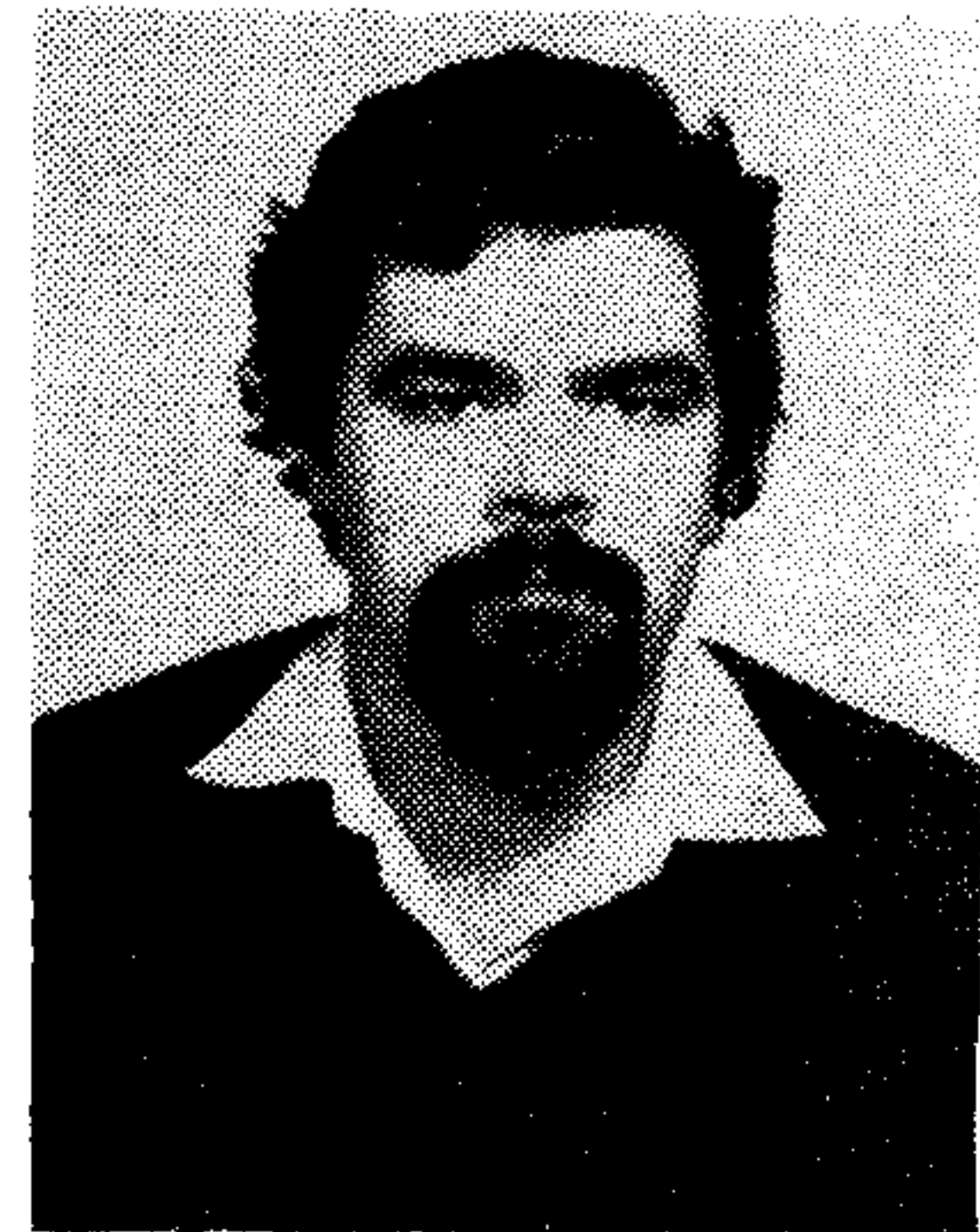
I R O D A L O M

- [1] Gordos G. — Varga A.: Adatátvitel és adatfeldolgozás. BME kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [2] Lucky, R. W. — Salz, J. — Weldon, E. J.: Adatátvitel. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- [3] L. E., Franks: Further Results on Nyquist's problem in Pulse Transmission, *IEEE Trans. Commun. Technol.*, vol. COM-16, no. 4, pp. 337–340, April 1968.
- [4] F. S. Hill, Jr.: A Unified Approach to Pulse Design in Data Transmission, *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-25, no. 3, pp. 346–354, March 1977.
- [5] L. F. Lind and S. E. Nader: On Designing PAM Pulses Optimally Tolerant to Timing Jitter, *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-26, no. 1, pp. 127–131, Januar 1978.
- [6] D. D. Falconer and D. I. Foschini: Theory of Minimum Mean-Square-Error QAM Systems Employing Decision Feedback Equalization, *B.S.T.J.* vol. 52, no. 10, pp. 1821–1849, December 1973.
- [7] Kósa Zsuzsa — Szabeni János: Gradiens adaptív kiegyenlítő modellezése, *Híradástechnika*, XXXI. évf. 8. szám, 281–288. old., 1980. augusztus.
- [8] Henk Tamás: PSK adatátviteli modemek szűrőtervezés orientált torzításvizsgálata. Egyetemi doktori értekezés, Budapesti Műszaki Egyetem, 1977. szeptember.
- [9] Henk Tamás: PSK adatátvitel modellezése, *TKI Közleményei*, XXII. évf., 3. szám, 31–56. old. 1977.
- [10] Henk Tamás: PSK adatátvitel torzításvizsgálata, *TKI Közleményei*, XXIV. évf., 1. szám, 31–53. old. 1979.
- [11] T. Henk: Modelling Considerations and Mean Square Error Analysis for PSK Data Transmission, *Circuit Theory and Applications*, vol. 8, no. 4, pp. 343–353, October 1980.

Az integrált áramköri fotomaszkok automatikus vizuális ellenőrzése

FAZEKAS ZOLTÁN

MTA Központi Fizikai Kutató Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

E cikk röviden tárgyalja az automatikus vizuális ellenőrzés ipari alkalmazásának általános kérdéseit. Ismerteti az integrált áramkörök gyártásánál használt fotomaszkok automatikus vizuális ellenőrzésének gazdasági, műszaki hátterét, s az ellenőrzés különböző módszereit. Bemutat egy jellemző rendszert. (▲)

1. Bevezető gondolatok

Az ipari termékek különféle ellenőrzési fázisai a gyártási folyamatoknak igen lényeges, mind gazdaságilag, mind technológiailag kritikus állomásai. Az ellenőrzés a munkafolyamatot végigkíséri, a különböző készütségi fokokon költsége más és más. Annak érdekében, hogy a termékek hibáit minél kisebb ráfordítással feltárhassuk, esetleg kijavíthassuk, az ellenőrzés menetét, módszereit, akár csak a gyártás egyéb fázisait gondosan meg kell tervezni.

Az ellenőrzés egyik leggyakoribb és nyugodtan állíthatjuk, legősibb módjának automatizálásáról lesz a továbbiakban szó.

2. Vizuális ellenőrzés géppel

A vizuális ellenőrzésen egészen napjainkig azt a műveletet értettük, hogy a szakember előzetes ismeretei, tapasztalatai és a termék „szemmel látható” tulajdonságainak összevetésével dönt a termék osztályba sorolásáról (pl. jó, javítható, selejt).

Az utóbbi években a fejlett elektronikai technológiával rendelkező országokban számos vizuális ellenőrző rendszer készült. Nem egy közülük jól bevált a termelésben.

A gépi „meósok” akkor váltak emberi „kollégáik” tényleges konkurrensivé, amikor az alábbi feltételek egyszerre teljesültek:

* Ismeretes, hogy a látás igen bonyolult folyamat. (Fizikai és képfeldolgozással kapcsolatos vonatkozásairól lásd [1] könyvet.) A látás korántsem korlátozódik a szemre, sőt jelentős fázisait nem a szem, hanem az agy végzi. Az agy feladata a „látottak” értelmezése, felismerése. A szem részben optikai, részben előfeldolgozó „eszköznek” tekinthető. A „szemmel látható” szókapcsolattal a feladat eddigi emberi jellegét kívántam kiemelni.

Beérkezett: 1983. XI. 23.

FAZEKAS ZOLTÁN

A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának Műszer- és Irányítástechnikai Szakán szerzett kitüntetéses oklevelet. Jelenleg az MTA—KFKI Mérés- és Számítástechnikai Kutató Intézetének tudomá-

nyos segédmunkatársaként a BME Műszer- és Méréstechnikai Tanszéken folytat szakmérnöki tanulmányokat. Fő érdeklődési köre: a képfeldolgozás. Ezen belül a matematikai vonatkozások, illetve az alkalmazási területek.

- a gépi ellenőrzés gyorsasága meghaladta az emberi kiértékelés sebességét
- a gépi ellenőrzés átlagos megbízhatósága felülmúlta az emberi ellenőrzését
- a gépi ellenőrző rendszer telepítési, üzemeltetési és karbantartási költsége a rendszer várható erkölcsi avulásáig az emberi ellenőröknek fizetendő bértétel alá csökkent.

Az emberi ellenőrzés persze számos alkalmazási területen jelen pillanatban még pótolhatatlan. Az ember ellenőrző munkájának sajátságait (pl. a fáradékonyságból, idegességből adódó hibák bekövetkezésének valószínűségét) a [2] cikk tárgyalja.

Azt az időpontot meghatározni, amelytől kezdve érdemes a gyártónak gépi ellenőröket használni az emberi ellenőrök foglalkoztatása helyett, igen nehéz. A gazdasági vonatkozásban túlmenően figyelembe kell venni a kérdéses nem kevésbé lényeges szociális oldalát is.

3. A vizuális ellenőrző rendszerek főbb funkcionális egységei

A vizuális ellenőrző rendszerek a következő fő funkcionális részeket tartalmazzák:

- megvilágító rendszer
- analóg kimenetű fényérzékelő készülék (általában kamera);
- gyors működésű analóg/digitális jel-konverter (A/D);
- képmemóriák (viszonylag nagy memóriaterület);

- a kép kiértékelését végző és a vezérlési funkciókat ellátó központi egység;
- input/output perifériák

A kamera analóg kimenő jelét az A/D konverter digitális jellé alakítja, és a digitális értékek (véges számú a mintavételezés miatt) a képmemóriában tárolódnak. Az input perifériáról bevitt parancsnak megfelelően a számítógép bizonyos jellemzőket határoz meg a képből és valamilyen, előre adott referencia szerinti osztályba sorolja a képet és ezzel együtt annak eredetijét, az ellenőrizendő terméket. Ezután a számítógép dokumentálja döntéseit és a terméket döntésének megfelelően mozgatja.

4. A vizuális ellenőrző rendszerek jellemző alkalmazási területei

A vizuális ellenőrző rendszerek az ipar számos területén bizonyították már létjogosultságukat. Sejteni lehet azonban, hogy a működő rendszerek nagy részét nem publikálták; vagy azért, mert az adott területen problémák merültek fel hatékonyságukkal kapcsolatban vagy azért, mert igen jól beváltak, és így jelentős nyereséghez (marxista gazdaságtani terminológiával: extraprofit) juttatták a rendszer gyártóját, felhasználóját.

A szakirodalomban fellelhető rendszerek az itt ismertetendő néhány gócpont köré csoportosíthatók:

- nyomtatott áramköri lapok (NYÁK-lapok) ellenőrzése [3];
- az integrált áramkör (IC) gyártás egyes technológiai lépéseinek ellenőrzése;
- IC-fotomaszkok ellenőrzése;
- IC-morzsa (chipek) tokozása, huzalozása;
- további elektronikus, elektromos szerkezetek ellenőrzése (pl. speciális kapcsolók, relék, érintkezők minősítése) [4];
- metallurgiai alkalmazások (pl. csiszolat ellenőrzés, anyagminősítés);
- nem elektromos iparági (pl. textil-, gép- és autóiipari) alkalmazások.

E témakörök közül főleg az integrált áramköri fotomaszkok ellenőrzéséről lesz szó és csak érintőlegesen — a hasonló módszerek kapcsán — a NYÁK-lapok ellenőrzéséről.

5. A fotomaszkok szerepe az IC-gyártásban Technológiai háttér

A magas színvonalú integrált áramköri technológia elképzelhetetlen fejlett számítástechnikai bázis nélkül. Az integrált áramkörök tervezésének első lépését, az áramköri tervezést szimulációs programok segítik.

A megtervezett áramkörökhöz, melyekben ma már több százezer tranzistor is lehet, alakzat-tervező program alakítja ki a különböző rétegekben létre-

hozandó alakzatok tervét. Az alakzatok keresztmetszete téglalapokból összeállítható. A téglalapok helyzetét, nagyságát valamilyen adathordozón tárolják.

Az alakzatokat a félvezető felületéről anyagtranszport (pl. diffúzióval, ionimplantációval) segítségével hozzák létre. A felületen kialakított oxidmaszk meghatározza a félvezetőben kialakuló alakzatokat. Az egyes rétegekhez külön maszkokra van szükség. Az oxidmaszk létrehozásához sablonokat használnak. Ezek a sablonok a fotomaszkok. A fotomaszkokat fényképezési eljárással alakítjuk ki az üveghordozón levő krómbevonatra felvitt fényérzékeny emulzióval.

Az alakzattervből ábragenerátor segítségével hozzák létre a maszkhoz szükséges téglalapokat, majd vegyi maratással állítják elő a végleges fotomaszkot. Ez a krómos részeken átlátszatlan, a lemarat részeken átlátszó. Az így létrejött fotomaszkra a szaknyelv az első felvétel elnevezést használja. Ez a maszk a félvezető felületén kialakítandó maszknak 10-szeresen nagyított változata.

Az első felvételt igen pontos léptető kamera segítségével kicsinyítik és mátrix formában helyezik el az előbbihez hasonló üveghordozón. Az előhívás után létrejövő maszk a mestermaszk. Az erről készült másolatokat köztimaszkoknak nevezik. Az ezekről készült másolatok a munkamaszkok. Ez utóbbiakat használják a felületi oxidmaszkok kialakításához.

A műveletsorból látható, hogy a legnagyobb jelentősége az elsőfelvétel ellenőrzésének van, hiszen ennek összes hibája rákerül a további típusokra.

A maszkok jellegzetes és különböző forrásból származó hibákat tartalmazhatnak. Ezek a következők:

- túlyukak;
- átlátszatlan foltok;
- anyaghiány a vezetősáv szélén (lemaródás);
- anyag többlet a vezetősáv szélén (kitüremkedés);
- geometriai mérethibák.

Ezek a hibatípusok részben a környezeti szennyeződések miatt (megjegyzendő, hogy a maszkkészítést, éppen a hibákat elkerülendő, igen tiszta, szűrt levegőjű helyiségben kell végezni), részben a maszkkészítés technológiai normáinak be nem tartása miatt jönnek létre. Ez az utóbbi körülmény teszi lehetővé a technológiai folyamat ellenőrzését a kész maszk hibáinak ismeretében.

Előfordulhat azonban az is, hogy az ábragenerátor vagy a léptető kamera működése során alakulnak ki maszkhibák. Ezeket a hibákat két csoportba osztjuk:

- lépés vagy geometriai (méret, helyzet) tévesztése;
- geometriai torzulás.

Ilyen jellegű hibákat kell tehát feltárni az emberi vagy gépi „meósnak”. (A technológiai részletekre vonatkozóan lásd [5, 6] könyveket.)

6. A fotomaszkok kihozatalának hatása az eredő kihozatalra

A fotomaszkok hibáinak feltárása igen fontos az IC-kihozatal szempontjából. A kihozatalt (K) a következő formulával szokták becsülni:

$$K = \prod_{l=1}^L K_{\text{maszk}l} \cdot K_{\text{techn. foly.}}'$$

Vagyis a maszkok hatása a kihozatalra a következő:

$$K^* = \prod_{l=1}^L K_{\text{maszk}l}$$

ahol a K_{maszk} a Bose—Einstein statisztikának megfelelően számolható:

$$K_{\text{maszk}} = \frac{1}{1 + q_l D_l A}$$

L a maszkkal kialakított rétegek száma, D_l az átlagos hibasűrűség az l -edik réteghez tartozó maszkokon, $q = P$ (a hiba fatális feltéve, hogy hiba van) érték az l -edik rétegre vonatkozóan.

Ahhoz, hogy pl. 40%-os kihozatalt biztosítani lehessen az 1 cm²-es 10 rétegű chipekből, 100%-os egyéb technológiai kihozatal esetén, az egyes maszkokon átlagosan nem lehet több, mint 0,5 hiba. (Beleértve a hibákba, mind a fatális, mind a nem fatális hibákat.) Ezen hibasűrűség eléréséhez igen alapos ellenőrzésre van szükség.

Az eredő chipkihozatal és a hozzá szükséges maszkkihozatal (mindegyik rétegre ugyanakkorának feltételezve) közti függést (100%-os egyéb kihozatal mellett) 5-12 rétegű technológia eseteire az 1. ábra szemlélteti.

7. Fotomaszkok ellenőrzésének gépi módszerei

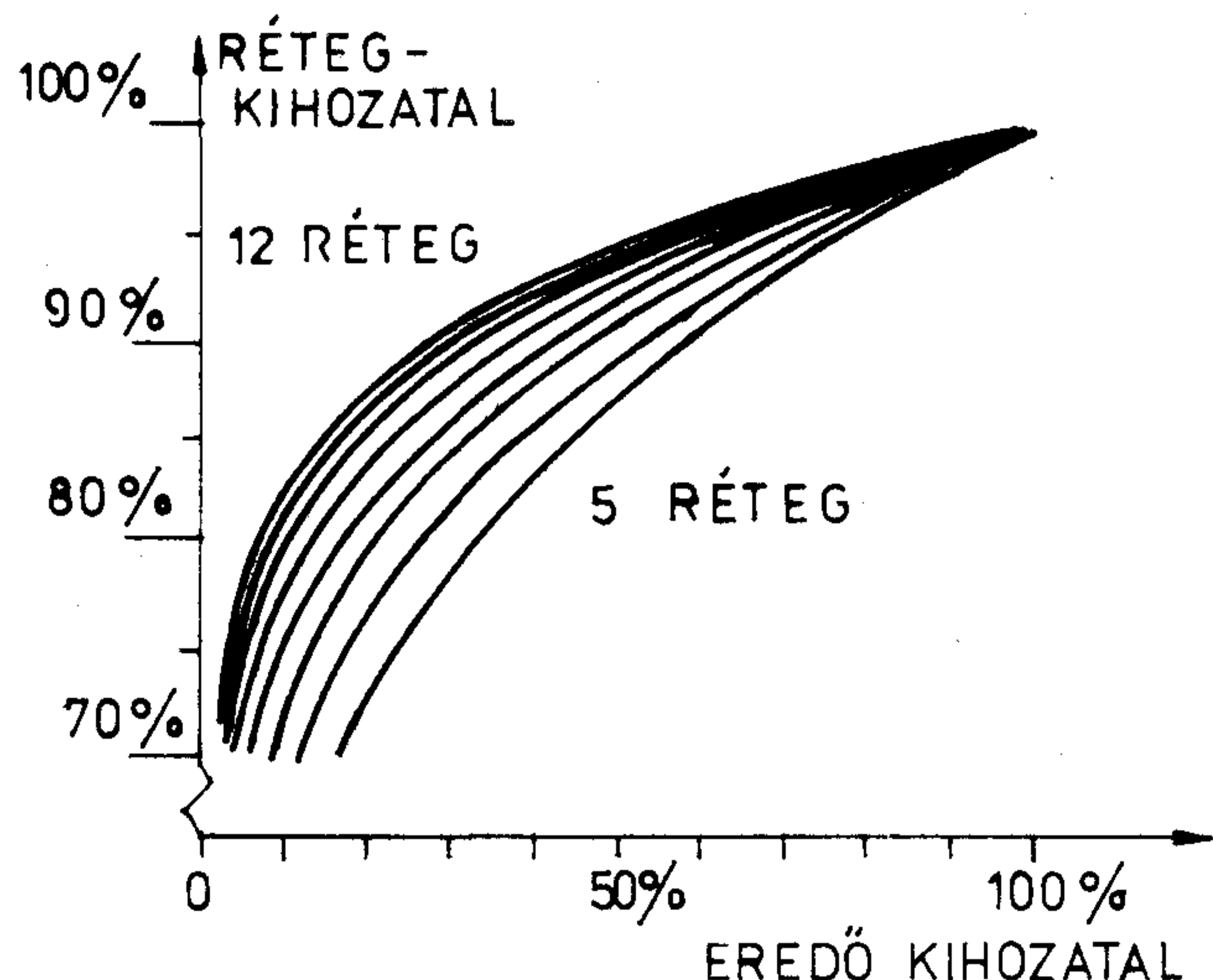
A fotomaszkok ellenőrzésével kapcsolatban szólni kell az alakzattervezésnél használt tervezési elvekről. Az alakzatterv egyik megkötése a minimálhossz. Ez az a minimális vonalvastagság, amely két egymástól egy vonal vastagságnyra haladó párhuzamos szakaszok elválasztásához szükséges. Ez a hosszjellemző a fotoemulzióban alkalmazott szemcsemérettől és a szélein létrejövő fényszóródás mértékétől függ. A minimálhossz az integráltság egyik fő jellemzője, s mint ilyen az alkalmazott technológia színvonalának minősítője.

Az alakzattervek, további megszorításként, gyakran csak két, egymásra merőleges (x, y) irány használatát engedik meg. Ily módon az alakzatterv téglalapjainak megfelelő oldalai párhuzamosak egymással.

A fenti megkötések és minden további megkötés az ellenőrzést könnyítik, és rájuk alapozva különböző ellenőrzési módszerek generálhatók.

A fotomaszkok ellenőrzéséhez szükséges képek csupán két szürkeségi szintet használnak. Az ilyen képeket bináris (kétértékű) képnek nevezik. (Több szürkeségi szintet használó képet szürke képnek hívják.) A maszk átlátszatlan részeihez pl. 0-t ren-

*Az alakzatterv ellenőrzése külön feladat.



H925-1

1. ábra. Az eredő chipkihozatal és a hozzá szükséges maszkkihozatal (mindegyik rétegre ugyanakkorának feltételezve) közti összefüggés 5–12 rétegű technológia esetén

delve, az átlátszó részekhez pedig 1-et rendelve alakul ki a bináris kép. Megjegyzendő, hogy az átlátszó és átlátszatlan részek gépi elkülönítése nem jelent problémát, sőt ez esetben a megvilágítás minőségével sem kell különösebben foglalkozni. (Nem így a NYÁK-lapok esetén, ahol kellemetlen tükröződés nehezíti a vezető és szigetelő sávok elkülönítését.)

Elégé természetesen, hogy a bináris képek feldolgozása könnyebb feladat, mint a több szürkeségi szintre kvantált képeké. Ennek megfelelően számos egyszerű és szellemes algoritmust ad a szakirodalom e témakörben. Ezek egy része — mint látni fogjuk — különösebb gond nélkül adaptálható a maszkellenőrzési problémákra.

Maszkok ellenőrzése során igazán megbízható eredményt csak akkor várhatunk, ha referenciás összehasonlítást végzünk. Ekkor egy biztosan jó maszkkal vagy közvetlenül az alakzattervvel* hasonlítjuk össze az ellenőrizendő fotomaszkot. Ez esetben tehát, vagy egy tökéletes (pl. szakember által már ellenőrzött) maszkra van szükség, vagy egy olyan programra, amely az alakzatterv adott részletét megkeresi és a képmemóriába „fényképezi”, vagyis a képmemóriára vonatkozóan ábragenerátorként működik.

Másik lehetőség, két nem feltétlenül jó (az egyszerűség kedvéért a mestermaszkon egymás mellett elhelyezkedő) maszk összehasonlítása. E módszer előnye és hátránya egyaránt abban rejlik, hogy nem igényel tökéletes maszkot. Ha két maszk között eltérést találunk, akkor legalább az egyik maszk biztosan hibás. (Hogy melyik, az a következő szomszéd vizsgálatával valószínűsíthető. Valószínűleg a többségé a helyes alakzat.) Ha viszont nem találunk hibát, az még korántsem jelenti azt, hogy a maszk hibátlan. Jónak csak abban az esetben minősíthetjük a maszkokat, ha feltehető, hogy közös hibájuk nincsen, és a maszkok mindenütt egyeznek.

E módszerek közös tulajdonsága, hogy igen érzékenyek az elhelyezési pontatlanságokra, hiszen a nem

tökéletes illeszkedés (elmozdulás, elfordulás) miatt vékony (remélhetőleg vékony!) differenciácsíkok jelennek meg az élek mentén. Pesszimális esetben a differenciácsíkok területe az alakzat kerületével és az elmozdulás szorzatával arányos. Megjegyzendő, hogy az alakzatok tökéletes „fedésbe hozása” már a mintavételi hiba megléte miatt sem feltétlenül lehetséges.

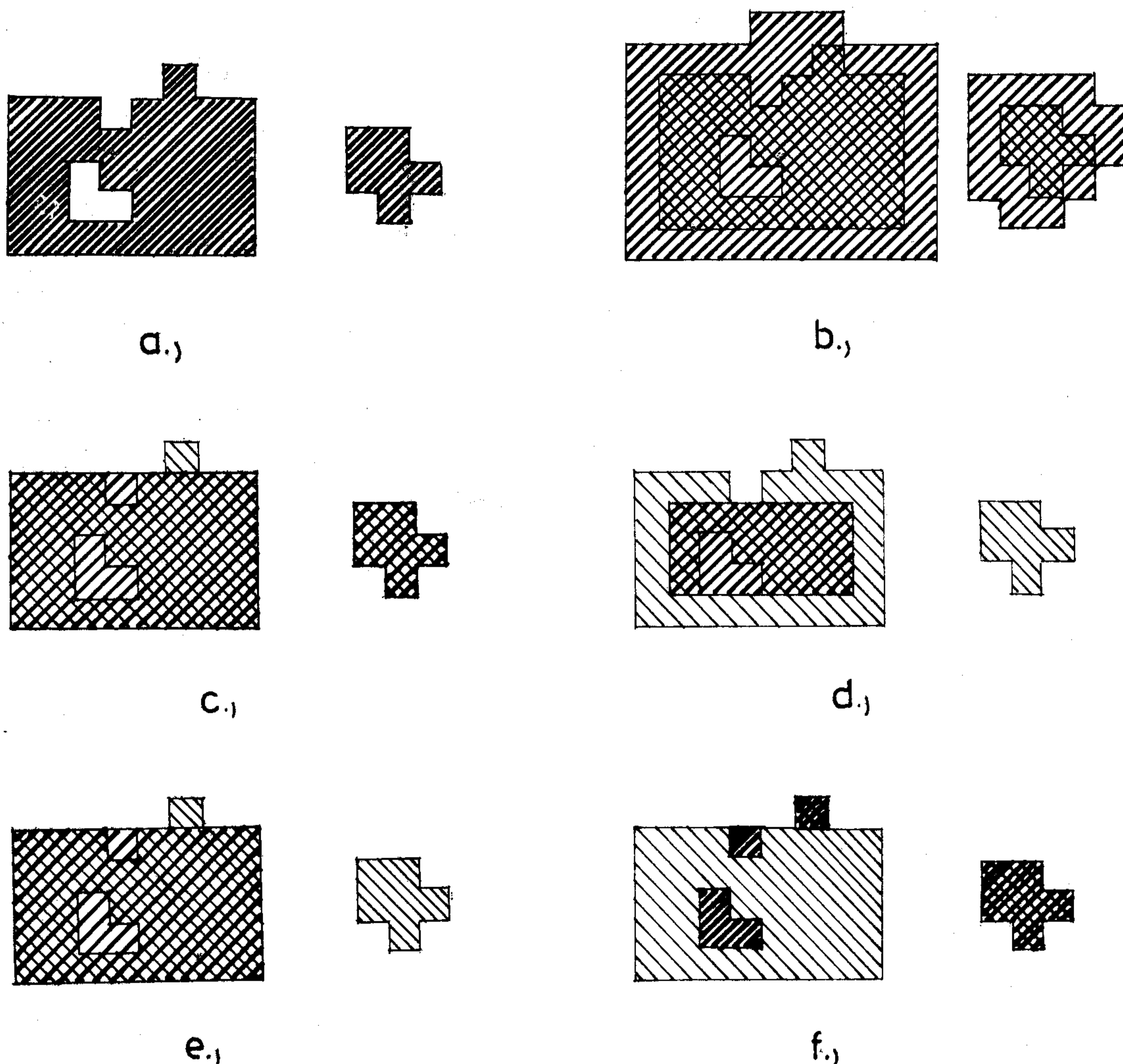
Az eddigiekből következik, hogy összehasonlítás esetén az alakzatok éleinél bizonyos túrést kell megengedni; vagyis nem szabad hibának tekinteni két maszk képe között észlelhető eltérést, ha az élek mentén levő előre meghatározott szélességű sávban jön létre.

A harmadik lehetséges eljárási csoportot joggal nevezhetjük szintaktikus ellenőrzési módszereknek, mivel valamelyik tervezési szabály megtartását ellenőrzik. E módszercsoporttal kapcsolatban felhívnam a figyelmet arra, hogy, miképpen a programok szintaktikus ellenőrzése nem jelenti azok szemantikus ellenőrzését, úgy a maszkok ily módon végrehajtott minősítése sem jelentheti a maszkok teljes ellenőrzését. E módszerek nem észlelhetik a hiányzó alakzatokat vagy a szabályos alakú fölösleges idomokat.

A technológiai adatokat figyelembe véve az egyes hibafajták bekövetkezésének valószínűsége — még viszonylag jól kézben tartott fotolitográfiai technológia esetén is — úgy alakul, hogy a hibák zöme az előhívás során keletkezik (vagyis nem géphibából származik).

Hibára utal minden, a minimálhossznál kisebb átmérőjű folt, túlyuk, a minimálhossz felénél kisebb (de nem nulla) görbületi sugarú kitüremkedés, berágódás. Az ilyen, hibákra utaló alakzatok felderítésére számos egymással többé-kevésbé rokon módszer ismert. Ezek közül a legismertebbet, a vastagítás—vékonyítás módszerét mutatom be.

Egy alakzat képe a 2a ábrán látható. Növeljük meg az alakzatot a határon levő képpontoknál „kifelé” egy képponttal. Ekkor a 2b ábrán látható képet nyerjük. Zsugorítsuk az így nyert alakzatot, vagyis a határképpontjait hagyjuk el. (8 képpontos szomszédsági viszonyt használunk.) Ekkor jutunk a 2c ábrához. Zsugorítsuk tovább ezt az alakzatot, ekkor kapjuk a 2d ábrát. Ezt ismét „kifelé” növelve a 2e ábrán látható alakzat jön létre. Az első képtől eltérő értékű képpontokat a 2f ábra mutatja.



H925-2

2. ábra. Kis méretű foltok, kitüremkedések, anyagihiányok kimutatása a képen a vastagítás-vékonyítás módszerével. (Az egyes fázisoknál az eredeti alakzat vékonyan jelölve van)

Az eljárás vastagító, ill. vékonyító lépéseinek a számát növelve tetszőleges hibaméretre alkalmassá tehető a módszer.

A minimálhossznak feleljen meg a (mintavételezett) képen f képpont; entier ($f/2$) számú vastagító, majd kétszer ennyi vékonyító, majd ismét entier ($f/2$) vastagító operációt végezve, kiadódnak a minimálhossznál kisebb, korábban már részletezett hibák.

Egy másik szintaktikus ellenőrző módszer azon alapszik, hogy a véletlen hibák „nincsenek tekintetel” az előírt irányokra, s határvonaluk mentén felfedezhető az adott irányoktól eltérő irányú határpontszakasz. Ez esetben viszonylag egyszerű képpontmátrixot kell keresni; pl. ilyet:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

vagy ennek $k \cdot 90^\circ$ -kal elforgatott változatait. (2×2 -es mátrix nem alkalmas, hiszen

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

alakzat pusztán mintavételezési hiba miatt is előadódhat.)

További ellenőrzési módszereket is említ az irodalom. Ezek közös tulajdonsága, hogy a képből valamilyen, célszerűen tömörített jellemzővektort határoznak meg és ezt hasonlítják össze a referenciakép ugyanilyen jellemzővektorával. A jellemzővektorok generálásához itt közlök néhány módszert: adott y értéknél maszkon végighaladva hány élet találunk vagy adott x értéknél hasonlóan adódó szám. Ehhez hasonló módszer a következő: adott egyenes mentén végighaladva a maszkon az élek koordinátáját összeadjuk. Ekkor, ha hiányzik egy téglalap, akkor ennek magasságában végighaladva a maszkon, a kontrollszumma értéke kisebb lesz a referenciakép kontrollszummájánál. Amennyiben ezen a vonalon csak egy téglalap hiányzik, akkor ennek helyzete a kontrollszummák különbségéből meghatározható.

Természetesen további módszerek is fellelhetők a szakirodalomban.

8. A maszkellenőrző rendszerek tervezése során jelentkező kérdésekről

Egyik legelső eldöntendő kérdés, hogy mekkora legyen a legkisebb, a képen még biztosan megjelenő alakzat. Erre vonatkozóan a technológus kollégáktól megbízható információt kaphatunk. Pl. $4 \mu\text{m}$ -es minimálhossz esetén $0,2 \mu\text{m}$.

Eldöntendő kérdés, hogy milyen fotomaszktípust kívánunk rendszerünkkel ellenőrizni vagyis első felvételt, vagy mestermaszkot. Szorítkozzunk most csupán az első felvétel ellenőrzésére. Ekkor — az előbbiek szerint — ennek $2 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ -es feltjait már biztosan érzékelnünk kell. A $2 \mu\text{m}$ -es hosszhoz — a biztos érzékelés érdekében — (legalább) 2 képpont szükséges. 1 képpont az első felvételen $1 \mu\text{m}$ -nek, az erről a maszkról kicsinyített további maszkokon $0,1 \mu\text{m}$ -nek fog megfelelni.

512×512 bites képmemória esetén az első felvétel $0,5 \text{ mm} \times 0,5 \text{ mm}$ -es mezejét látja a képfeldolgozó rendszer egyszerre. Az első felvétel felülete, több tízezer képmezőnyi. Így nem csodálható, hogy az első felvétel gépi ellenőrzése közel egy órát vesz igénybe a meglevő rendszereknél.

A rendszerhez jó minőségű, kamerával felszerelhető mikroszkóp szükséges. A mikroszkóp beállítandó nagyítása a kamera érzékelőjének méretétől függ.

Mint minden optikai rendszer a mikroszkóp, kamera együttes is torzít (megjegyzendő, hogy általában a kamera torzítása jelentős) és így a már részletezett összehasonlító módszerek közvetlenül nem alkalmazhatóak. Meg kell határozni az optika torzítását valamilyen szabályos mintázat segítségével és az alakzatterv megfelelő részét az optikai torzító leképezés ismeretében a képmemóriában már előtorzítva kell elhelyezni. Így az összehasonlítás már lehetséges.

További problémát jelent a maszk pontos pozicionálása és egyenletes mozgatása.

Az ellenőrzésnél igen fontos a gyorsaság. Ehhez hatékony, párhuzamos műveletvégzésre alkalmas képfeldolgozó rendszer szükséges.

9. Záró gondolatok, tervek

A KFKI-ban kifejlesztettek egy gyors képfeldolgozó rendszert [8]. Erre alapozva a hazai integrált áramkört gyártás paramétereinek megfelelő, fotomaszkellenőrző rendszert kívánunk létrehozni.

A már ismertett ellenőrzési módszerek külön-külön vagy egymással kombinálva is alkalmazhatók. Célszerű, ha a rendszernek megadható, hogy milyen ellenőrzési módszereket használjon. Fontos feladat az ellenőrzési döntések, hibahelyek célszerű dokumentálása.

Kereskedelmi forgalomban levő maszkellenőrző rendszereket pl. az amerikai KLA cég gyárt. Gyártmányismertetőikből kiderül, milyen műszaki paraméterekkel kell rendelkezniük a korszerű jelzőre igényt tartó, gépi fotomaszk „meósoknak”...

I R O D A L O M

- [1] W. K. Pratt: Digital image processing, a Wiley-Interscience publication, 1978.
- [2] S. C. Wang: Human reability in visual inspection, Quality, sept. 1974.
- [3] J. F. Jarvis: A method for automating the visual inspection of printed wiring boards, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI 2. pp. 77–82., Jan. 1980.
- [4] C. A. Klein—K. J. Breeding: Automatic optical identification of faults in bubble memory overlay pattern, Proc. IEEE Comp. Soc. Conf. Pattern Recognition and Image Processing, Aug. 1979. pp. 87–92.
- [5] Honty L. (KFKI): Integrált áramkörti fotomaszkok és félvezető szeletek kézi és automatikus ellenőrzése (tanulmány).
- [6] Ripka G. (szerk.): Elektronikai technológia (egyetemi jegyzet). Tankönyvkiadó, Bp. 1980.
- [7] R. T. Chien—C. A. Harlow: Automated visual inspection: A survey IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. vol. PAMI—4 No. 6. Nov. 1982.
- [8] Rényi I.: Multiprocessoros képfeldolgozó rendszerek (kandidátusi értekezés).

Az optikai hírközlés jelene és jövője

PROF. DIODATO GAGLIARDI

Instituto Superiore Poste e Telecomunicazioni

ITALY

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk rövid történeti áttekintés után részletezi a fényvezető szálak és kábelek jellemzőit, majd ismerteti a fényvezető összeköttetések alkalmazási területeit. Befejezésül áttekinti a fényvezető összeköttetésekre vonatkozó CCITT-ajánlásokat. A cikk prof. Diodato Gagliardié, az Instituto Superiore Poste e Telecomunicazioni igazgatójának, a CCITT XV. Tanulmányi Bizottsága elnökének a Posta Kísérleti Intézet Tudományos Napjain (1983. okt. 11–12) elhangzott előadása alapján készült. (□)

1. Bevezetés

Bár a fény távközlési célokra történő használatának gondolata meglehetősen régi, mégis csak századunk közepétől, a lézer feltalálásával nyílt lehetőség arra, hogy a fénysugarakat ténylegesen felhasználják információ közvetítésére. Az első kísérleteket koherens fény légköri átvitelével végezték, de a meteorológiai viszonyok (eső, köd, légörvénylelés) okozta nagy veszteségek miatt az eredmények nem voltak kielégítőek.

1966-ban bebizonyították, hogy a szennyeződések eltávolításával a fényvezetők csillapítása csökkenthető. Az ebben az irányban folytatott kutatások első jelentős eredménye az volt, hogy 1970-ben előállították az első kisvesztésű fényvezető szálakat (20 dB/km). Ezért 1970 tekinthető a távközlésre alkalmas fényvezető szálak születési évének. Ma már elmondható, hogy a fényvezető szálak messze túlléptek a kísérleti időszakon, és elősegítették olyan rendszerek létrehozását, amelyek képesek — még ipari vonatkozásban is — felvenni a versenyt a rivális távközlési eszközökkel.

2. Fényvezető összeköttetés elemei

2.1. Szálak és kábelek

A fény hullámvezetőben való terjedését a veszteség és a diszperzió jellemzi. Veszteségeket okozhat az abszorpció, az anyag tökéletlenségei következtében fellépő többszörös reflexió stb. A veszteség függ az alkalmazott fény hullámhosszától. Optikai átvitelre három tartomány használatos 0,085 μm , 1,3 μm és 1,5 μm környezetében; ezeket I., II., illetve III. ablaknak nevezzük. A jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható legjobb fényvezető szálak vesztesége az I. ablakban kisebb, mint 3 dB/km. A veszteség a II. és III. ablakban kisebb; lehetségesnek tűnik a folytonos törésmutató-eloszlású (FTE, GRADED

INDEX) szálaknál a II. ablakban 1 dB/km-nél, a III. ablakban pedig 0,5 dB/km-nél kisebb értékek elérése. Az egymódusú szálak vesztesége mindhárom ablakban ennél kisebb: max. 2 dB/km, 0,5 dB/km, illetve 0,25 dB/km az egyes ablakokban.

A fényvezető szál sáv szélessége, amelyet a módusdiszperzió, anyagi diszperzió és hullámvezetési diszperzió korlátoz, függ az összeköttetés hosszától. Speciális, laboratóriumban előállított FTE szálakon 3 GHz·km sáv szélességig jutottak el az I. ablakban, és 6,5 GHz·km értékig a II. ablakban. A jelenleg gyártott FTE szálak sáv szélessége az első ablakban 500 és 1000 MHz·km között mozog. Az egymódusú szálaknál a II. és III. ablakban néhány száz 10 GHz·km nagyságrendű sáv szélességeket is elérhetőnek tartanak.

A *perform* gyártás technikája sokat fejlődött, ennek köszönhetően az anyagok tisztasága megjavult. Szinte teljes mértékben sikerült kiküszöbölni a molekuláris mozgásoktól származó csillapítás-csúcsokat; ez elsősorban az OH hidroxil-ionra vonatkozik, mert ennek harmonikus frekvenciája befolyásolja a távközlésben fontos spektrumzónákat. A gyártási eljárások során az alkalmazott oxidokat (SiO_2 , GeO_2 , T_2O_2 stb.) a legtöbb esetben folyadékokból és tiszta gázokból állítják elő; így a környezet által okozott szennyeződés meggátolható.

A *kábelgyártás* során a következő két kritériumot kell szem előtt tartani:

- a szál hajlításra és mikrogörbületekre való érzékenysége, ami a veszteség növekedését okozza;
- a gyártás és kábelfektetés során a szálakra gyakorolt mechanikai igénybevétel, ami leronthatja az átviteli paramétereket.

Az alkalmazott kábelszerkezetek két kategóriába sorolhatók:

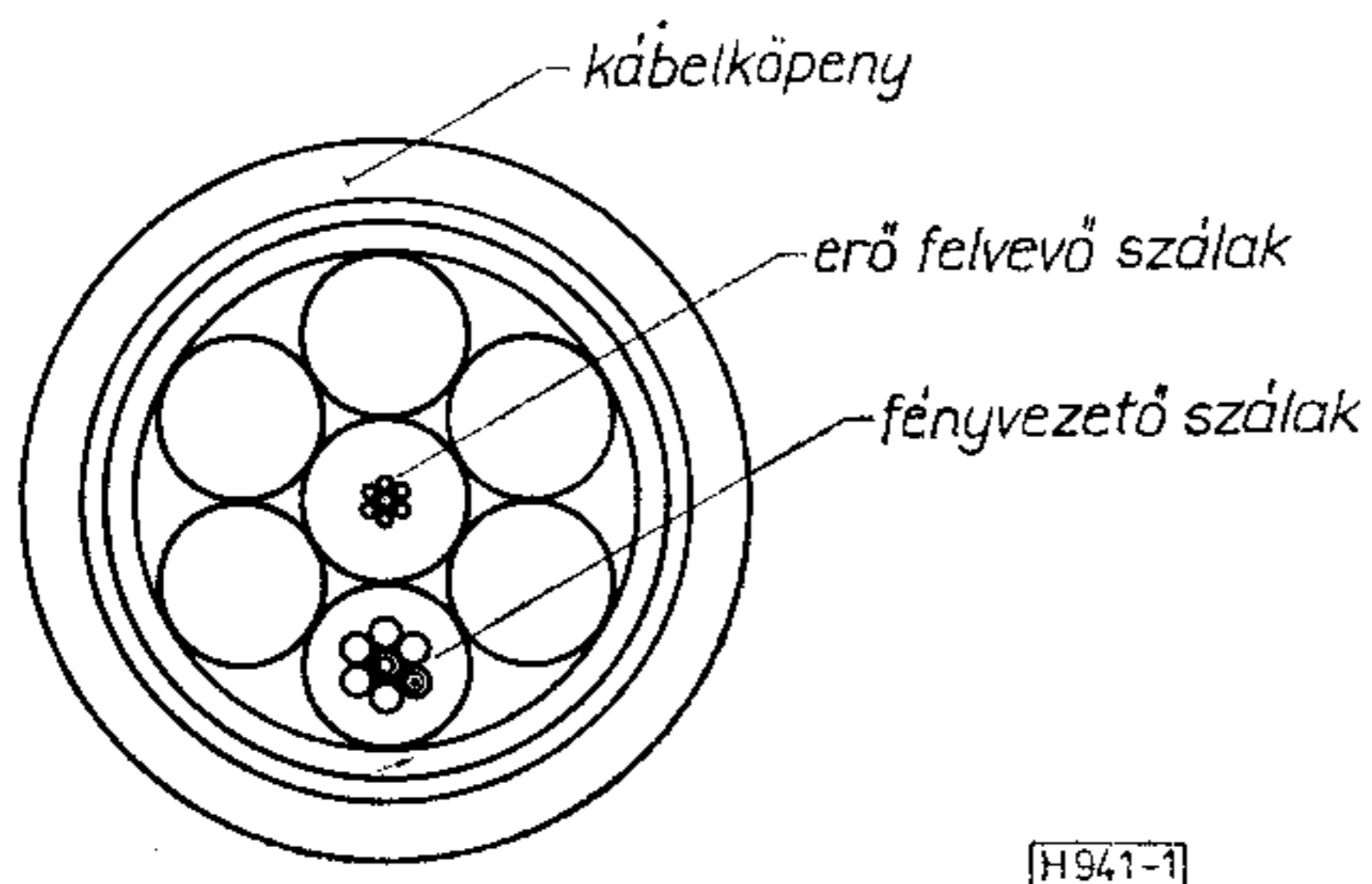
- centrikus sodratú szerkezetek,
- sávós (szalagszerű) szerkezetek.

A centrikus sodratú szerkezetekben a szálakat burkolattal látják el, csoportokban vagy rétegekben elrendezve. Az egyes szálaknak lehet külön burkolata, de több szál (általában 4 vagy 6) is lehet egy burkolatban. A sávós szerkezetekben a szálak egymással párhuzamos műanyag szalagokban helyezkednek el. Ezeket a szalagokat beágyazó anyagba helyezik, amelyet körbefonnak, hogy így a kábel ellenálljon a hajlításnak. A beágyazó anyagot tovább erősíti a megfelelő külső műanyag borítás.

Az 1. és 2. ábra a centrikus sodratú és a sávós szer-

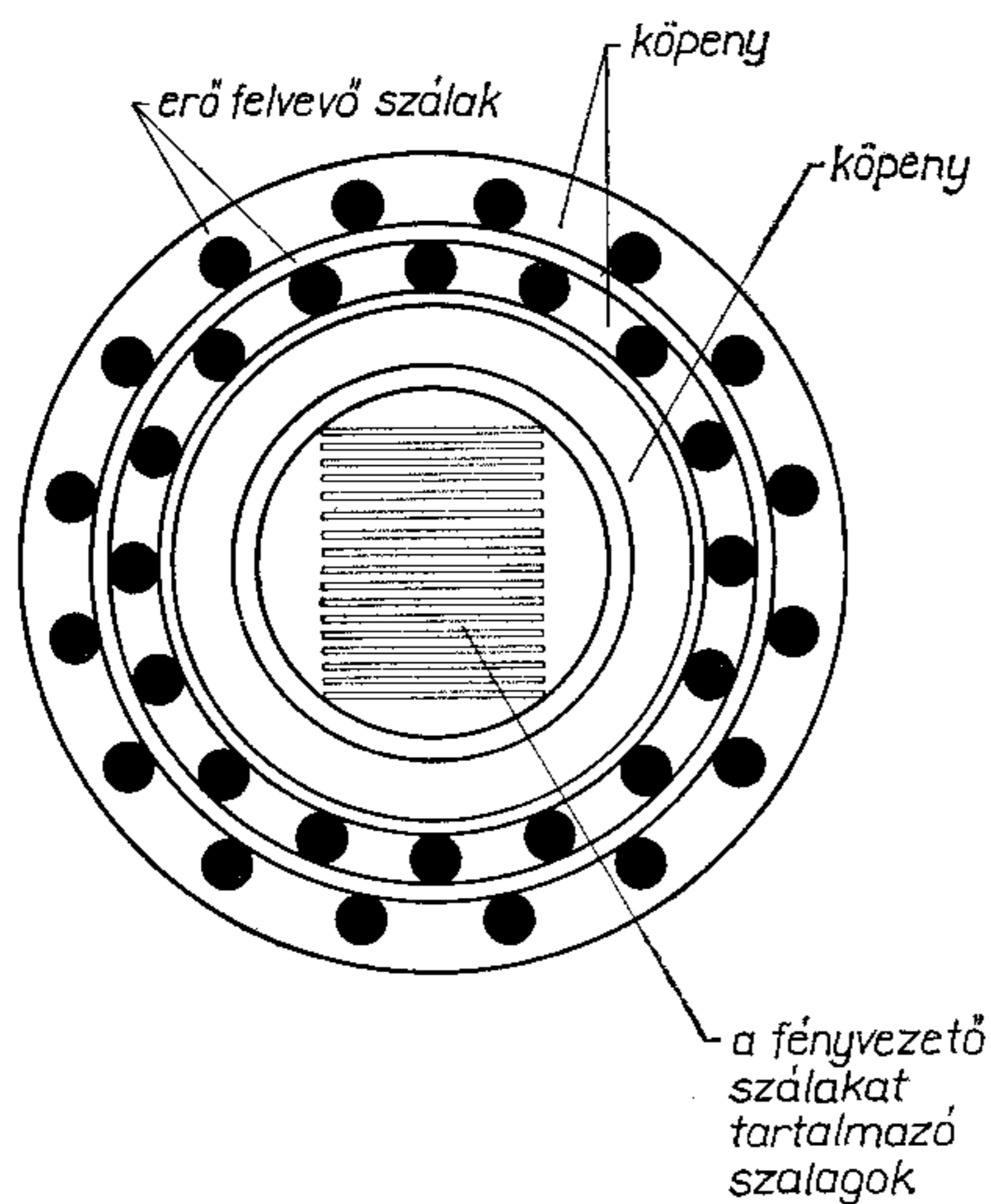
* A cikket közzéadásra előkészítette: Vámos Péter és Verebélyi Tibor

Beérkezett: 1984. I. 10.



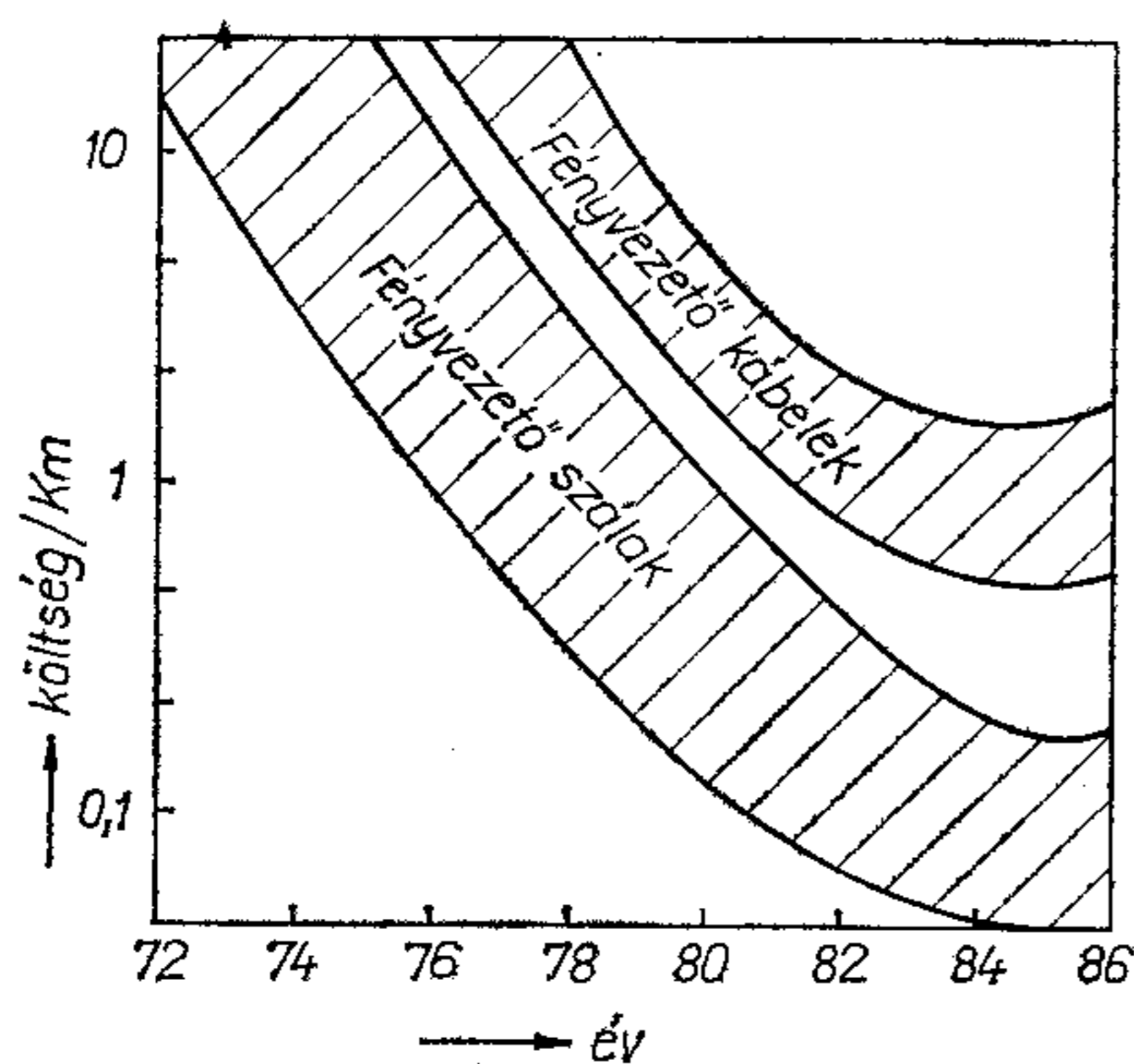
H941-1

1. ábra. Centrikus sodratú fényvezető kábel metszete



H941-2

2. ábra. Sávos szerkezetű fényvezető kábel metszete



H941-3

3. ábra. Költség/km változása az évek során

kezetű kábel szerkezetét mutatja. A két ábra további védőelemet tüntet fel, amely a kábelt a fektetéskor fellépő húzásokkal szemben ellenállóvá teszi: a fémből vagy műanyagból egyaránt előállítható elem az 1. ábrán a kábel középpontjában, a 2. ábrán pedig a burkolaton kívül helyezkedik el. A 3. ábra a szál- és kábelköltségek változását mutatja az idő függvényében. Ennek alapján két következtetést vonhatunk le:

- majdnem a végére értünk annak az időszaknak, amikor a költségek évente azonos ütemben csökkennek,
- a fényvezető kábel ára lényegesen nagyobb, mint a benne levő összes fényvezető szál ára.

2.2. Fényforrások, detektorok

Az optikai hírközlés gyors fejlődése nem következett volna be, ha a fényforrások és az optikai detektorok nem fejlődtek volna a szálgyártáshoz hasonló ütemben. Az optikai hírközlés fejlődésének kezdeti szakaszában csak a LED szolgált fényforrásként; később a több tízezer óra élettartamú lézertűdőt is kifejlesztették. A detektorok területén szintén jelentős haladást értek el a legkisebb detektálható intenzitások tekintetében, ami a lavina-fotodiódáknál a sötétáram csökkentését jelentette.

Az 1. táblázat megadja a ma hozzáférhető LED-ek és lézerek átlagos jellemzőit. A lézer jelentősen több fényenergiát sugároz ki, mint a LED, ezenkívül nagyobb sávzélességgel és keskenyebb sugárzási spektrummal rendelkezik. Ilyen megfontolásokból a lézer alkalmazását részesítik előnyben, különösen a nagy-távolságú és nagy sávzélességű átvitelnél. A 2. táblázat a PIN és APD detektorok átlagos jellemzőit tartalmazza.

1. táblázat

Fényforrások jellemző adatai

Fényforrás típusa	Hullámhossz	Sugárzási teljesítmény	Modulációs sávzélesség	Optikai sávzélesség
LED	I. ablak	50 μ W	50 MHz	40 nm
	II. ablak	50 μ W	100 MHz	100 nm
LÉZER	I. ablak	2 mW	500 MHz	4 nm
	II. ablak	2 mW	500 MHz	4 nm

2. táblázat

Detektorok jellemző adatai

Detektor típusa	Hullámhossz	Sokszorozás	Sávzélesség
PIN	II. ablak	1	500 MHz
APD	I. ablak	100	500 MHz
	II. ablak	10	500 MHz

3. A fényvezető kábelek alkalmazása

Bár a fényvezetőszál egyaránt alkalmas analóg és digitális jel átvitelére, a vizsgálatok lényegében a digitális átvitelre koncentráltak két alapvető okból: egyrészt a fényforrások nem lineárisak, ami az analóg átvitel szempontjából kedvezőtlen, másrészt a távközlésben jelenleg uralkodó tendencia egyértelműen a digitális rendszerek felé halad. Csak az utóbbi néhány évben kezdődtek újra az analóg átvitelre irányuló kísérletek, tekintettel a helyi széles sávú hálózatokban való alkalmazási lehetőségekre, ahol bizonyos esetekben az analóg átvitel lehet kedvezőbb.

A fényvezető kábelek a nyilvános távközlési hálózatok minden területén felhasználhatók, nevezetesen:

- a helyközi hálózatokban,
- a többközpontos rendszerben átkérő hálózatként,
- helyi hálózatokban.

A választás az optikai átviteli rendszerek és a hagyományos átviteli eszközök között természetesen a költségek és a műszaki jellemzők közötti kompromisszum eredménye. Azonos bitsebesség, így azonos távbeszélő csatorna-kapacitás mellett a fényvezető rendszerek sokkal hosszabb erősítő szakaszokkal üzemeltethetők, mint a hagyományos kábelek. Ez nemcsak gazdasági szempontból, de főképp a megbízhatóság tekintetében rendkívül fontos.

3.1. Helyközi hálózatok

Gazdasági szempontból 30 Mbit/s sebesség fölött a fényvezető rendszerek már versenyképesek a hagyományos kábeles rendszerekkel. Jelenleg már üzemben vannak FTE-szálak rendszerek 140 Mbit/s bitsebességgel az első és második ablakban. A nagyobb bitsebességű rendszerek fejlesztése (565 Mbit/s fölött) folyamatban van. Helyközi hálózatokban ma már gazdaságosan alkalmazhatók az 1300 μ m-es hullámhosszra optimalizált FTE-szálak. Az ilyen szálakkal a 15 km-es ismétlőtávolság is megvalósítható, az egymódusú szálak ipari méretű alkalmazása pedig még nagyobb előnyökkel kecsegtet.

Napjainkban Olaszországban is megvalósítási szakaszába érkezett egy kísérleti egymódusú berendezés az Instituto Superiore Poste e Telecomunicazioni közreműködésével. Két szakasról van szó: az egyik kb. 6 km, a másik kb. 24 km hosszúságú. A kábelek 6, ill. 4 egymódusú szálak tartalmazzák. Ezzel az összeköttetéssel különböző gyártmányú kábelekkel fogjuk tanulmányozni a kábelfektetés problémáit, és meg fogjuk határozni az egymódusú szálak átviteli jellemzőit, különös tekintettel a szálban fellépő diszperzió jellemzésére. Azt is megvizsgáljuk majd, hogyan viselkednek ezek a szálak mint a heterodin detektorokat tartalmazó optikai rendszerek átviteli közegei.

Köztudomású, hogy folynak az Atlanti-óceánt átszelő, Észak-Amerikát Európával összekötő tenger alatti kábel tervezési munkálatai. Olaszország részt vesz ebben a nemzetközi munkában, továbbá a Földközi-tenger alatti összeköttetések megvalósításában is. Az első kb. 100 km-es összeköttetés üzembe helyezése a jövő évben várható.

A nagy ismétlő-távolságok, valamint a fémentes kábelek alkalmazása új megoldásokat kívánt a regenerátorok áramellátásában, a távfelügyeleti rendszerben és a szolgálati összeköttetésben. Az olasz irányvonal ebben a tekintetben az ismétlőállomás helyi táplálása, továbbá a felügyelet és a szolgálati összeköttetés jelzéseinek a fő jelfolyammal azonos csatornán történő átvitele.

3.2. Városok átkérő hálózata

A fényvezető kábelek alkalmazása ezen a területen különösen előnyös a közbenső erősítők elmaradása folytán, ami kisebb költséget és nagyobb megbízhatóságot eredményez. A szakaszok hossz-eloszlásának vizsgálata a különböző országokban azt eredményezte, hogy a szakaszoknak legalább 60%-a közben-

ső erősítő nélkül üzemeltethető. Gazdaságossági szempontból a harmadrendű, vagy ennél magasabb rendű PCM-rendszerek esetében (vagyis 34 Mbit/s fölött) egyértelműen a fényvezető kábel előnyösebb; kisebb bitsebességek esetén a szimmetrikus rézkábelek gazdaságossági szempontból egyelőre kedvezőbbek. Azonban még itt is számos érv szólhat a fényvezető kábelek mellett:

- kisebb méret és súly, ami lehetővé teszi a jelenlegi infrastruktúra jobb kihasználását,
- nagy gyártási hosszak (1–2 km), ami jelentősen gyorsítja a kiépítést,
- a közbenső erősítők elmaradása.

E területen szintén a második ablakra optimalizált fényvezetők alkalmasak, ami a közbenső regenerátorok teljes elmaradásához vezethet. Sok országban már üzemben vannak fényvezető kábelek a városokon belüli átkérő hálózatokban.

3.3. Előfizetői hálózatok

Az előfizetői hálózatot eddig kevésbé érintette a távközlésben végbement technikai fejlődés. Ez teljesen érthető a helyi hálózatok nagyobb beruházási értéke folytán, mégis célszerű a változtatást sürgető érveket megfontolni. Eddig radikális változtatások iránt nem mutatkozott igény, mivel a kis átmérőjű szimmetrikus érpárú kábelek kielégítették a szolgáltatási követelményeket. A helyzet azonban változik, mivel az ISDN megvalósításához elő kell készíteni az előfizetői vonalak digitalizálását. A jelenlegi vizsgálatok szerint az előfizetői vonalakhoz szükséges bitsebesség 80 kbit/s, 144 kbit/s, vagy ennél is nagyobb. A jelenleg alkalmazott szimmetrikus réz érpárok 80, esetleg 144 kbit/s átvitelére képesek, de többre nem.

Megjegyzendő, hogy sok országban már kísérleti üzemben vannak fényvezetőt alkalmazó széles sávú helyi hálózatok. A célkitűzés az, hogy a felhasználót különböző szolgáltatásokhoz juttassák. Az Instituto Superiore P. T. által végzett trend-vizsgálat megállapította az olasz igényeket kielégítő szolgáltatásokat (3. táblázat). A táblázat nem tünteti fel az egyes szolgáltatásokhoz szükséges csatornák számát. Az „alapvető konfiguráció” előre láthatóan

- 2 tv-csatorna (az egyik javított képfelbontóképességgel),
- 2 jó minőségű sztereó hangfrekvenciás csatorna,
- 144 kbit/s-os csatorna az ISDN-hez,
- 2048 kbit/s-os csatorna képátvitelhez.

Kezdetben a tv-csatornákat analóg formában vinnék át, az összes többi szolgáltatás pedig digitális formában valósulna meg. Nyilvánvaló, hogy e célkitűzések megvalósításához új átviteli közegek alkalmazása szükséges, és a végső döntés várhatóan a fényvezető mellett szól majd.

További speciális probléma a különböző forrásból származó jelek multiplexelése. Lehetséges a különböző jelek elektromos multiplex üzem, vagy a hullámhossz-multiplex üzem, melyben minden jelhez meghatározott hullámhossz tartozik. Az utóbbi, a WDM-nek nevezett rendszer (wavelength division

Olaszországban igényelt szolgáltatások adatai

Szolgáltatás típusa	Sávszélesség-igény (analog átvitel)	Bitsebesség-igény (digitális átvitel)
Normál tv	5 MHz (kép) + 15 KHz (hang)	100 Mbit/s*
Javított kép- felbontású tv	9 MHz (kép) + 3 Mbit/s (hang)	216 Mbit/s*
Sztereo hangátvitel	—	2 × 480 Kbit/s
Telefon	—	64 Kbit/s
Nagysebességű adatesatorna	—	64 Kbit/s
Videotext, fakszimile	—	2048 Kbit/s

* További redundancia-csökkentő eljárás nélkül

multiplex) egy sor, még nem teljesen meghatározott alkatrészt igényel. E rendszer a jövőben érdekes megoldást jelenthet szemben azokkal, amelyek a felhasználó otthonába több (kettő vagy négy) szál bevezetését teszik szükségessé. A kérdés jelenleg nyitott, és további vizsgálatokat igényel.

4. Perspektivikus kilátások

A fényvezető szál és komponensei területén nagyarányú fejlődés ment végbe. A fényvezető szálak csillapításának további csökkentése érdekében — elsősorban az 1,3 μm -nél nagyobb hullámhosszak esetében — a kutatás homlokterébe új anyagok és technológiák vizsgálata került. Folyznak kutatások a kb. 10 μm hullámhosszúságú átvitel megvalósítására (monokristályos és polikristályos szálakkal). A távközlési alkalmazás következő állomását előre láthatólag a 4–5 μm hullámhosszúságú átvitel jelenti. Sokat ígérő anyagcsoportokat találtak közép-infravörös tartományban való alkalmazásra. A fluorid üvegfajták kristályos és üveg anyagainak jellemzői alapján a csillapítás nem fogja meghaladni 0,01 dB/km értéket. A fényelektromos alkatrészek területén a kutatások a nagyobb hullámhosszhoz megfelelő források és detektorok létrehozására irányulnak. Jól ismert eljárás As Ga Al előállítására a folyadék-fázisból történő epitaxiális növesztés, de a nagyobb hullámhosszak esetén a legjobb eredmények molekuláris nyaláb-epitaxiával születnek. Ma már létezik 1,3 μm hullámhosszúságú lézer, amely majdnem egymódusú, és jó stabilitást mutat.

5. A CCITT szerepe

A fényvezető kábelek tanulmányozása a CCITT 1973–1976 időszakában kezdődött, amikor a figyelem elsősorban a különböző országokban folyó kutatások általános áttekintésére, valamint a problémák számba vételére irányult. A következő tanulmányi periódusban (1977–1980) két kérdést készítettek elő: az első (38/XV), amelyet a XV. tanulmányi csoport feladatául tűztek ki, a fényvezető kábelek jellemzőit érintette, a második (13/XVIII), amelyet a XVIII. tanulmányi csoportnak osztottak ki, a fényvezető kábeles digitális vonalszakaszok jellemzőire vonatkozik.

E tanulmányi időszak legfőbb eredménye a G. 651 ajánlás volt (FTE szálak jellemzői), ezt a rákövetkező VII. plenáris ülés jóváhagyta (lásd a Sárga könyv III. kötetét). Ezen időszak kutatásai egy paraméterlistát eredményeztek, ezek meghatározására a vonatkozó ajánlásokban kerül sor. Megszületett egy olyan elv, mely szerint a fénytávközlő rendszereknek összhangban kell lenniük az azonos PCM hierarchiaszinten működő digitális átviteli rendszerek jellemzőivel (G. 911 és G. 918 ajánlások).

A VII. Plenáris ülés által hozott döntés a teljes fényvezető-kutatást (átviteli eszközök és távközlő rendszerek) kizárólag a XV. tanulmányi csoport feladatkörébe utalta. A vizsgálatok köre 5 kérdéssel bővült:

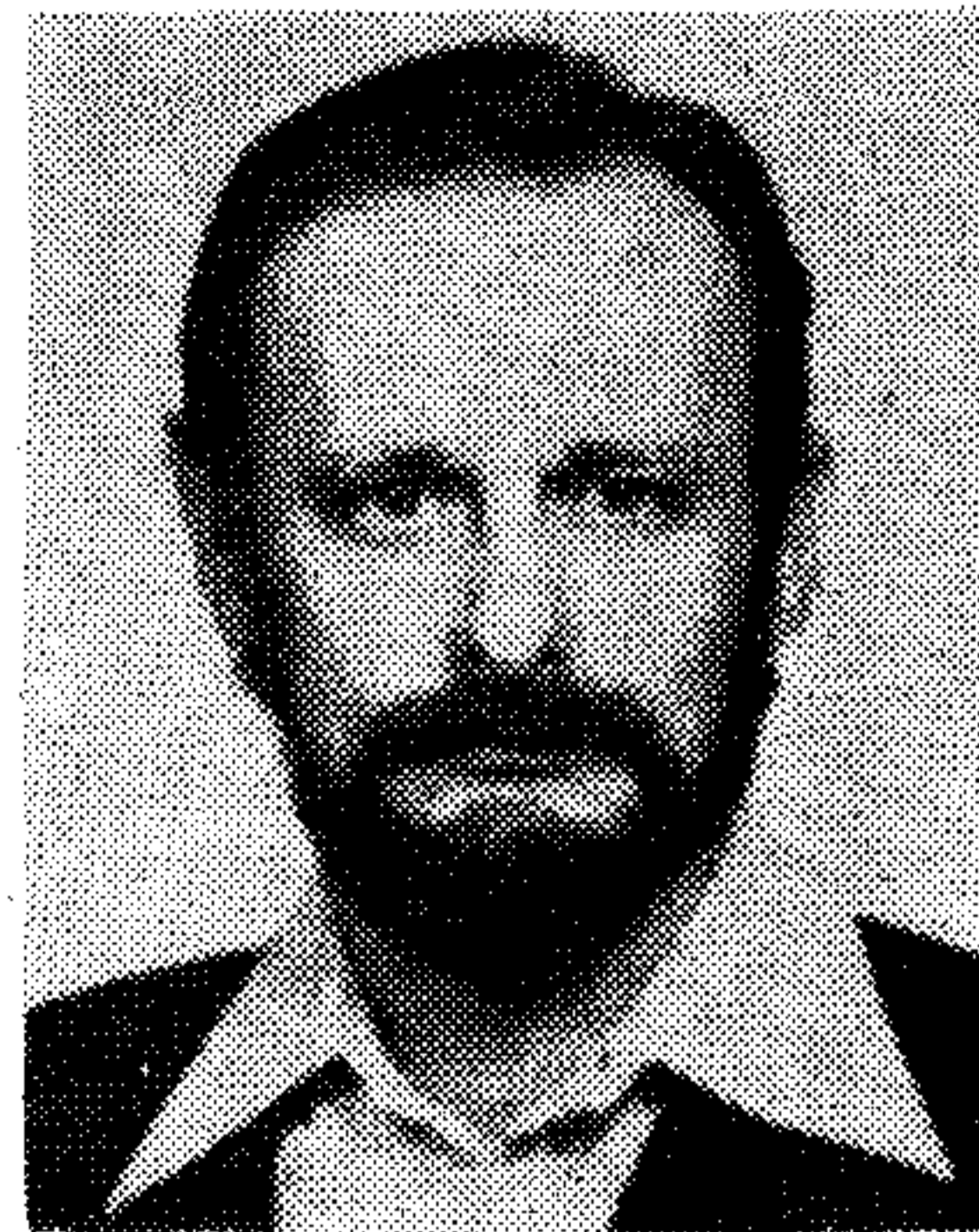
- 13/XV — A fényvezető kábelek jellemzői
- 14/XV — A fényvezető kábelek jellemzőinek mérési módszerei
- 15/XV — Az optikai távközlés információinak összegyűjtése és korszerűsítése
- 17/XV — A fényvezető digitális átviteli rendszerek jellemzői
- 31/XV — Tenger alatti kábelek (ennek *b* pontja: fényvezető kábelek).

A VII. plenáris ülés ugyanakkor a VI. tanulmányi csoport számára tűzte ki a fényvezető kábelek bizonyos jellemzőinek vizsgálatát, különös tekintettel a kötések és védőborítások mechanikai tulajdonságaira. Ezzel koordinációs problémák léptek fel, elsősorban a XV. és XVIII. tanulmányi csoport között, valamint a két tanulmányi csoport és az ugyancsak a fényvezető szál specifikálásával foglalkozó IEC között.

A következő időszakban a CCITT tanulmányi munka a G.651 ajánlás bővítésére irányul, kiterjesztve az ajánlást az egymódusú szálakra is. Az 1984 őszen sorra kerülő VIII. plenáris ülésen olyan megállapodás várható, amelynek döntő kihatása lesz a fényvezetők nagy távolságokon való alkalmazására.

Nagy teljesítményű kapcsolóüzemű tápegység

BIHARI GYÖRGY—DEÁK JÁNOS
BHG



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a tranzisztorszított végfokozattal rendelkező URH adóberendezések tápfeszültség ellátására tervezett tápegységcsaláddal kapcsolatosan bemutat egy új fejlesztésű nagy teljesítményű tápegységet, ismertetve annak felépítését a lényegesebb áramkörü részeknél alkalmazott megoldások és ezek mérési eredményeit. (#)

Az 1970-es években a világpiacon megjelentek a nagy teljesítményű rádiófrekvenciás tranzisztorok, így lehetővé vált elektroncsövek alkalmazása nélküli TV, illetve URH adóberendezések, TV átjátszóberendezések kifejlesztése. A kezdetben URH sávban 20 W—50 W rádiófrekvenciás teljesítményt adó tranzisztorokat a legnevesebb félvezetőgyárak továbbfejlesztették és napjainkban URH sávban 300 W-os TV I—III. sávban 30 W; TV IV., V. sávban 7,5 W rádiófrekvenciás teljesítményt biztosító típusok széles körben alkalmazhatók. Több tranzisztor párhuzamos üzemeltetésével URH sávban 1—3 kW, TV I—V. sávban 100 W teljesítményű erősítők alakíthatók ki. Az RF tranzisztorok működtetéséhez szükséges tápfeszültség (kivéve a mobil üzemre alkalmas típusokat) 25—28 V.

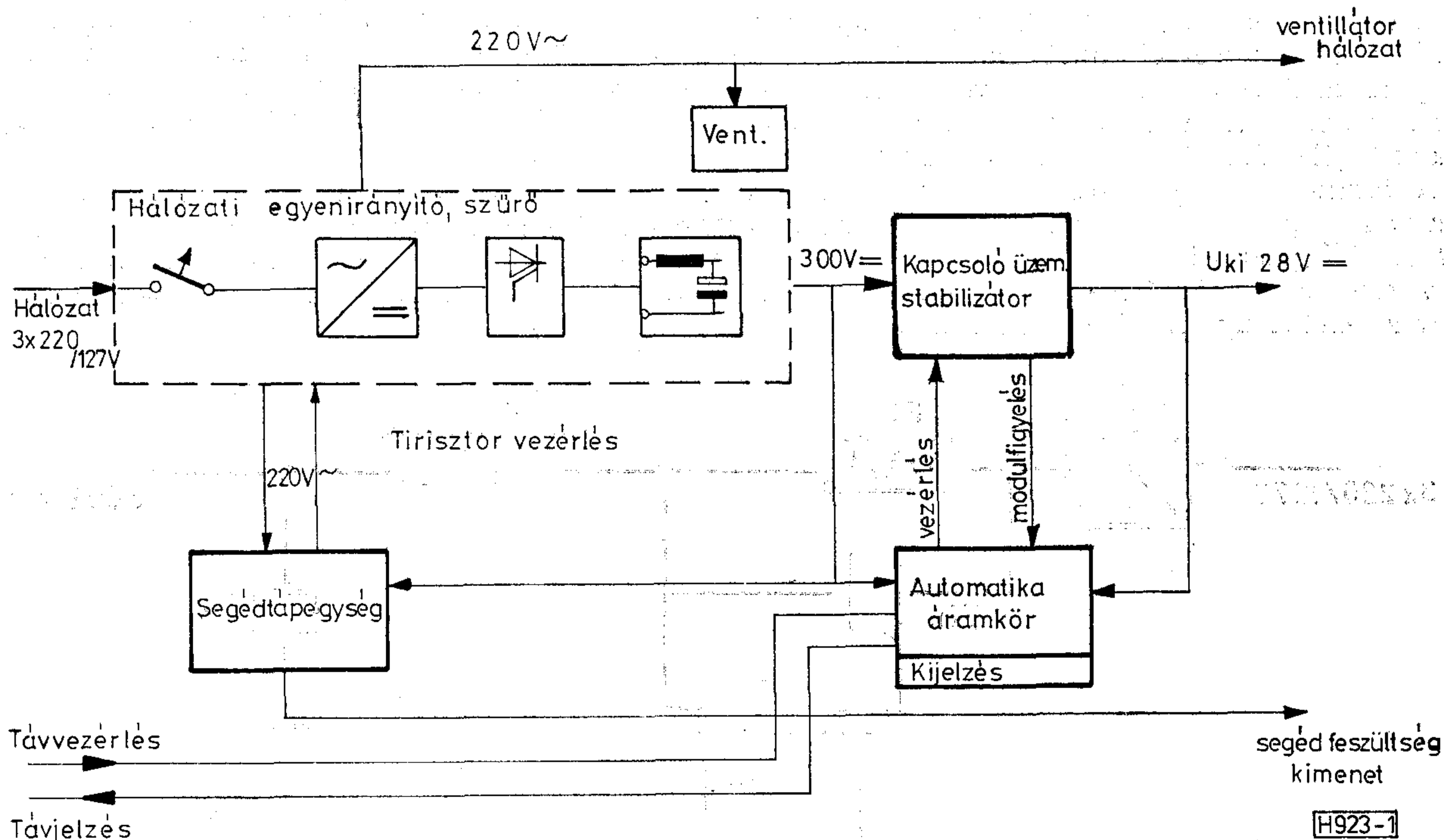
BIHARI GYÖRGY

1967-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem erősáramú szakán. 1967 óta az Elektromechanikai Vállalatnál, majd vállalati összevonás után a BHG-FI adóberendezés

fejlesztési osztályán fejlesztési csoportvezetőként dolgozik. Tevékenységi területe: urh-adóberendezés rendszertervezése, tv- és urh-adóberendezések tápegységének fejlesztése.

Fenti erősítők táplálására a berendezés jó hatásfokának, kis térfogat és súly, valamint a nagy megbízhatóság figyelembevételével új típusú tápegységek kialakítása vált szükségessé.

Az eddig kifejlesztett adástechnikai berendezések kapcsolóüzemű tápegységeinek alkalmazása során szerzett tapasztalatok lehetővé, s egyben szükségessé tették, hogy a meglévő tápegységet felülvizsgálva, a tapasztalatokat összegezve kialakítsuk egy olyan tápegységcsalád rendszertervét, amelynek tagjai alkalmasak a jelenlegi és az elkövetkező évek várható igényeinek korszerű kielégítésére. A tervezéshez ki-



Beérkezett: 1984. I. 2.

1. ábra. Kapcsolóüzemű tápegység blokkvázlata

indulási alapként kiválasztottunk két, már meglévő tápegységet, amelyek elektromos, mechanikus felépítés, megbízhatóság és a nyújtott szolgáltatásaik szempontjából a legkedvezőbb adottságokkal rendelkeznek ahhoz, hogy belőlük kialakítsuk a teljes családot. Mindkét berendezés hálózati feszültségről működő kapcsolóüzemű, 20–30 V kimenőfeszültségű stabilizátor, 250 W, ill. 6,7 kW kimenőteljesítménnyel. Ha figyelembe vesszük a két berendezésben eddig ki nem használt lehetőséget a kimenőteljesítmény növelésére, a kívánt teljesítménytartományt 700 W kimenőteljesítményig a 250 W-os tápegységből kialakított:

- a) 150 W,
- b) 240 W,
- c) 700 W,

típusjeljesítményű tagok, 12 kW kimenőteljesítményig a 6,7 kW-os tápegységből kialakított:

- d) 2,5 kW,
- e) 9 kW,
- f) 12 kW,

típusjeljesítményű tagok fedik le.

A szünetmentes és autonóm áramforrások várható elterjedésére való tekintettel főleg az első kategóriában, bővítettük az alkalmazható tápellátások formáit.

A tervezett változatok:

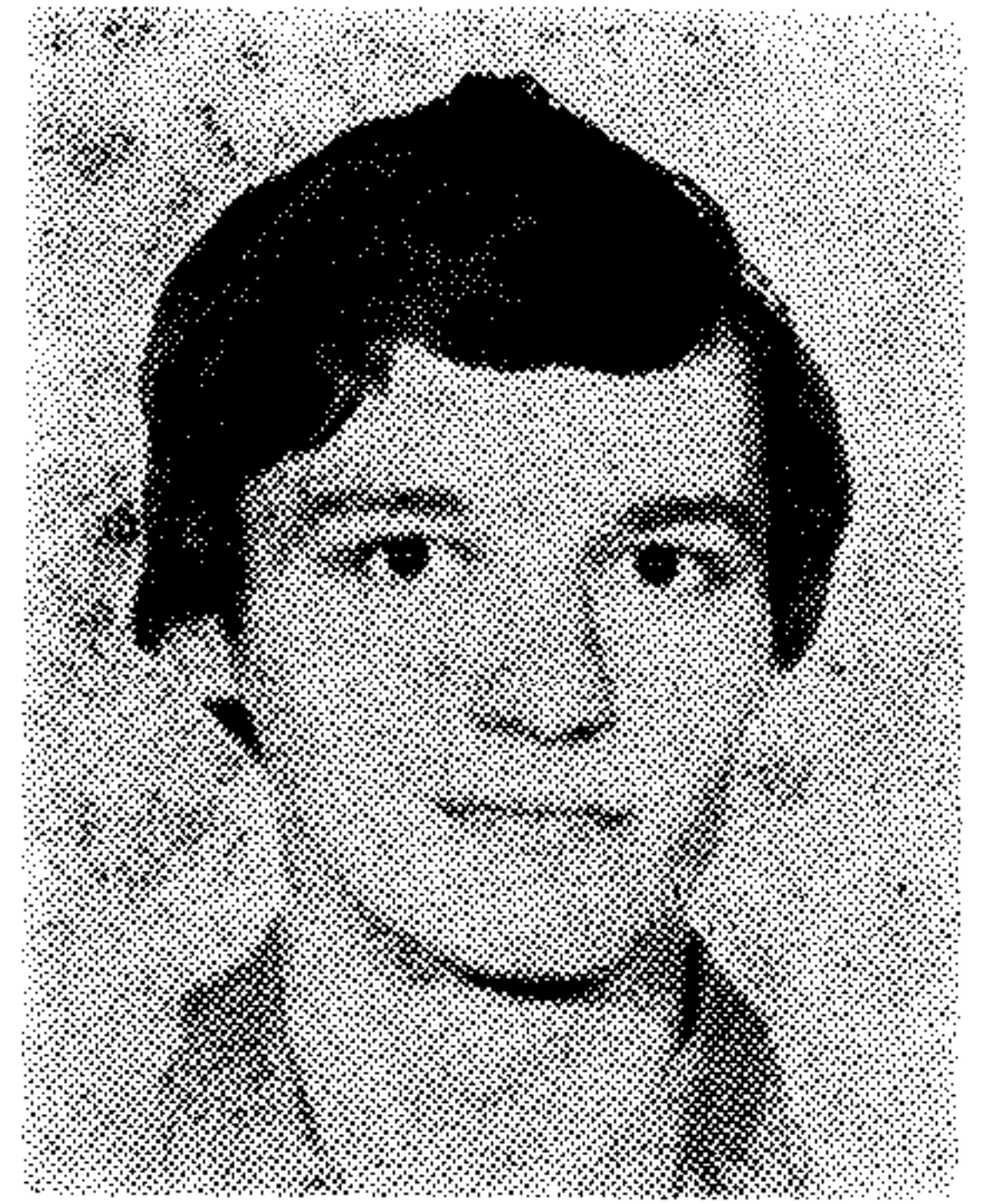
- a) $3 \times 380/220$ V vagy $(3 \times 220/127$ V) $\pm_{15\%}^{+10\%}$ 50 Hz,
- b) 220 V $\pm_{15\%}^{+10\%}$ 50 Hz,
- c) 48 V DC (24 V DC) $\pm_{10\%}^{+15\%}$,
- d) 220 V $\pm_{15\%}^{+10\%}$ 50 Hz/ 24 V DC $\pm_{10\%}^{+15\%}$ (kettős betáplálás).

A tápegységcsalád terveinek további részletezését elhagyva, ismerkedjünk meg a jelenlegi 6,7 kW-os típusú berendezéssel, koncentrálna a leglényesebb áramköri részek kialakítására. A fejlesztés során a specifikáció által támasztott követelményeken túl törekedtünk a korszerű, megbízható, mechanikailag stabil és jól gyártható berendezés kialakítására.

A berendezést olyan részegységekre bontottuk, amelyek önmagukban meghatározott funkciókat látnak el. Így lehetővé vált azok beépítés előtti teljes hemérése. Ezt a későbbiekben a tápegységcsalád tervezésénél előnyösen ki lehet használni.

DEÁK JÁNOS

1979-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem híradástechnika szakán, majd a BHG-FI adóberendezés fejlesztési osztályán helyezkedett el, mint fejlesztőmérnök. Jelenleg tv- és urh-adóberendezések tápegységeinek fejlesztésével foglalkozik.



Működés

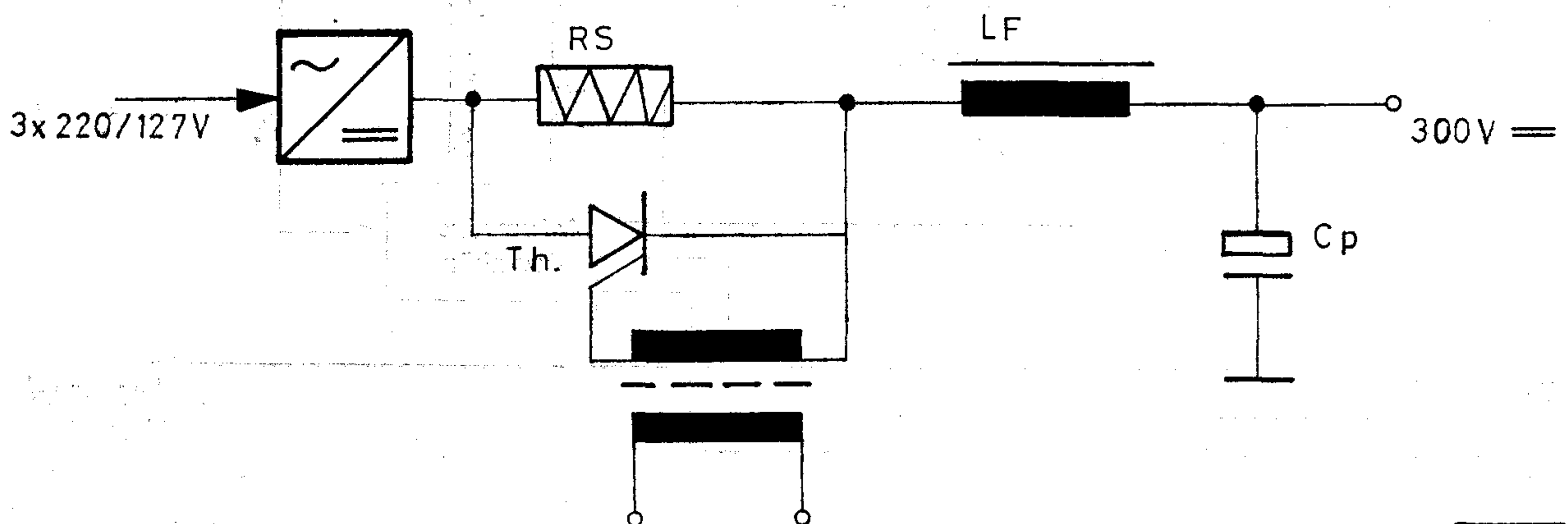
Összefoglalva a tápegység műszaki paramétereit:
 hálózati feszültség: $3 \times 220/127$ V $\pm_{15\%}^{+10\%}$ 50 Hz,
 stabilizált kimenő feszültség: 28 V DC $\pm 2\%$
 (5 V $\pm 15\%$; 12 V $\pm 5\%$; 38 V $\pm 8\%$ DC segédfeszültségek),
 maximális kimenőáram: 240 A,
 kimenőfeszültség hullámossága: 100 mV,
 hatásfok: 80% .

A berendezés az 1. ábrán látható módon négy fő egységből épül fel.

A hálózati egyenirányító által előállított feszültség a segéd tápegységet és a kapcsolóüzem stabilizátort táplálja. Ez utóbbi, négy párhuzamosan működő modul tartalmaz. Vezérlésükről és a segéd feszültségük biztosításáról az automatika áramkör gondoskodik.

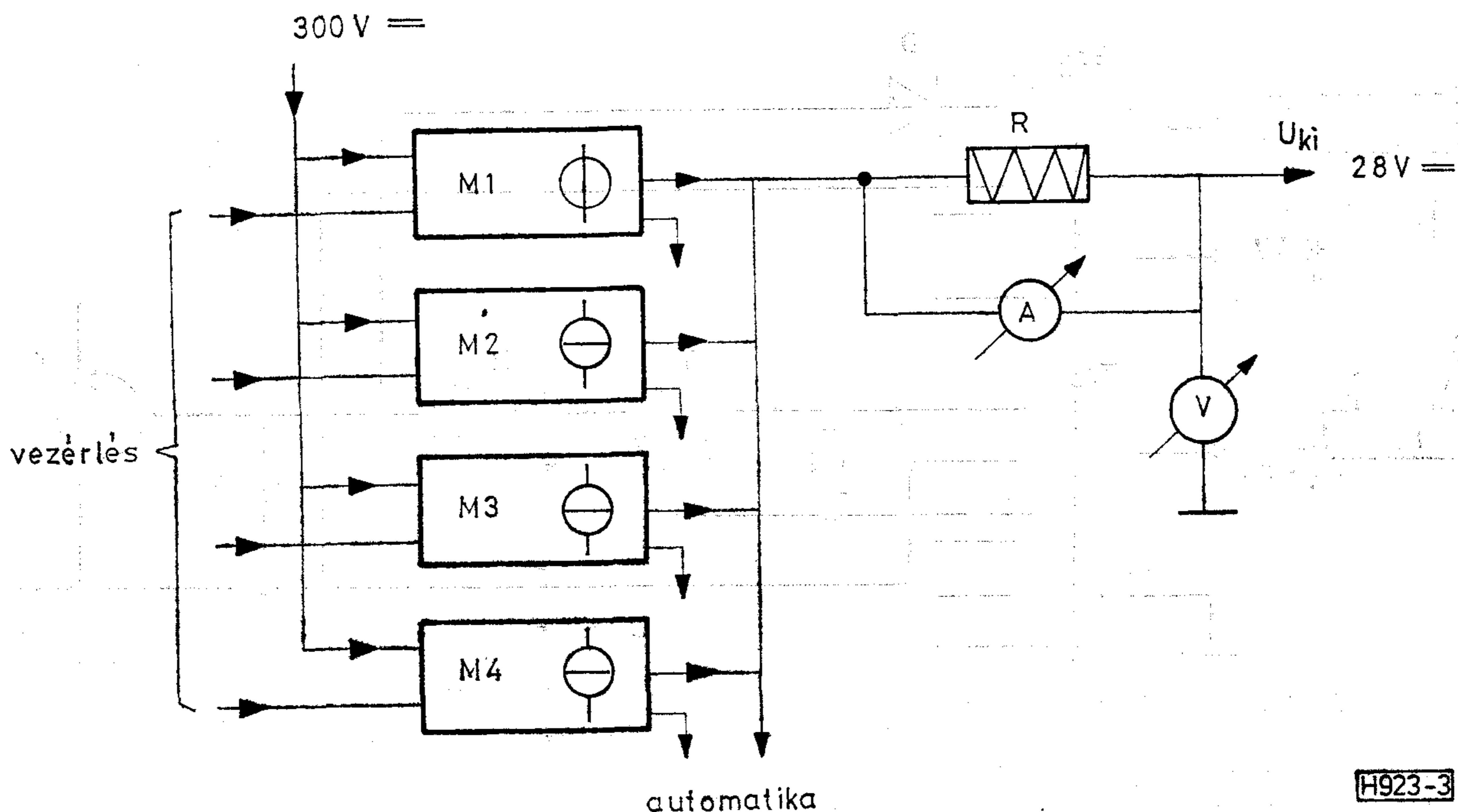
A hálózati egyenirányító és szűrőegység a hátoldali csatlakozón és főkapcsolón át kap tápfeszültséget. Az általánosan alkalmazott háromfázisú teljes hídgyenirányító és LC szűrőtag közé beiktatott tirisztoros áramkör (2. ábra) feladata a bekapcsolás pillanatában fellépő, hálózatot terhelő tranziens csökkentése.

A tirisztor a segéd tápegységből abban az esetben kap nyitóimpulzust, ha a C_p kondenzátor feszültsége meghaladja a 230 V értéket, ezáltal az RS ellenállást kisöntölve a tirisztoron keresztül szabaddá válik az áram útja.



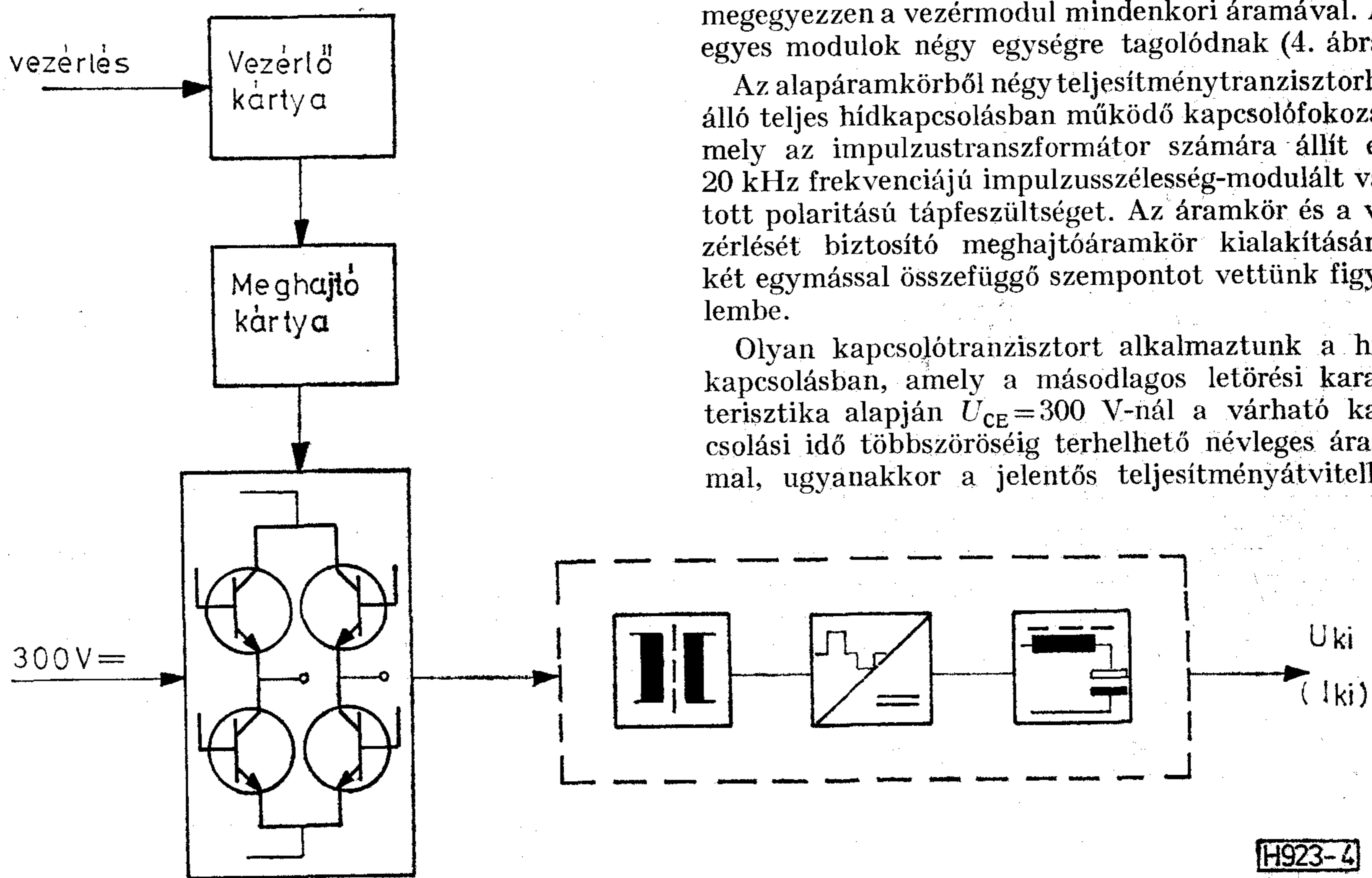
2. ábra. Tranziens csökkentő áramkör

H923-2



3. ábra. Kapszolóüzemű stabilizátor blokkvázlata

H923-3



4. ábra. Tápegység — modul blokkvázlat

H923-4

A kapszolóüzemű stabilizátor négy közel azonos felépítésű modult tartalmaz (3. ábra).

Az összehangolt működés és a kedvező szabályozási tulajdonságok biztosítása érdekében a négy modul közül az egyik (M1 modul) mint vezérmodul, feszültséggenerátoros üzemben dolgozik.

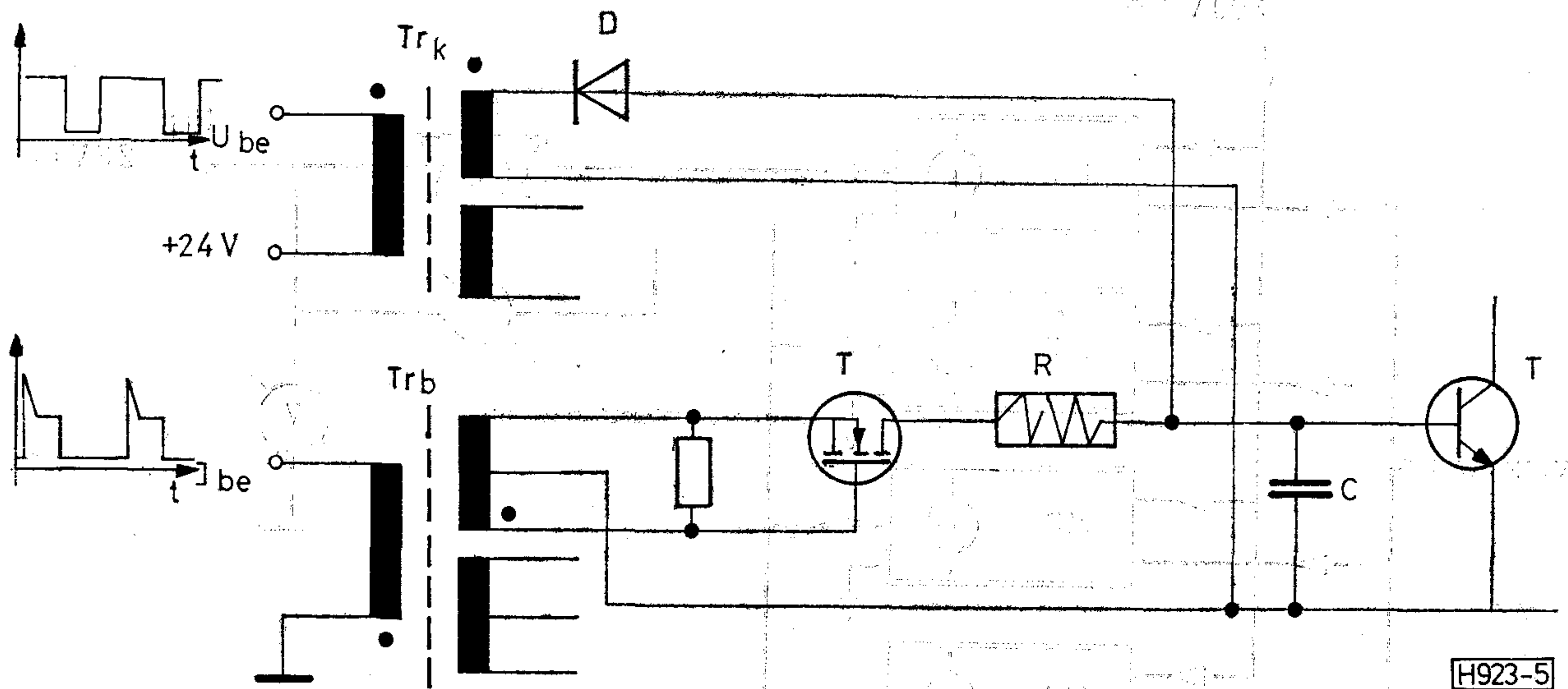
Az M2, M3, M4 modulok vezérelt áramgenerátoroként vesznek részt a kimenőáram előállításában. A kimeneti áramukat úgy szabályozzák, hogy az

megegyezzen a vezérmodul mindenkorai áramával. Az egyes modulok négy egységre tagolódnak (4. ábra).

Az alapáramkörből négy teljesítménytranszisztorból álló teljes hídkapcsolásban működő kapcsolófokozat, mely az impulzustranzformátor számára állít elő 20 kHz frekvenciájú impulzusszélesség-modulált váltott polaritású tápfeszültséget. Az áramkör és a vezérlését biztosító meghajtóáramkör kialakításánál két egymással összefüggő szempontot vettünk figyelembe.

Olyan kapcsolótranszisztort alkalmaztunk a hídkapcsolásban, amely a másodlagos letörési karakterisztika alapján $U_{CE}=300\text{ V}$ -nál a várható kapcsolási idő többszöröséig terhelhető névleges árammal, ugyanakkor a jelentős teljesítménycsökkentés miatt

adódó nagy disszipációs teljesítmények csökkentése érdekében olyan vezérlést alakítottunk ki, amely a lehető leggyorsabb működésre készíti a kapcsolótranszisztorokat. Ennek megfelelően a bekapcsolás pillanatában túlvezérléssel gyorsítja a folyamatot. A bekapcsolás időtartama alatt a tranzisztorokon átfolyó árammal arányos bázismeghajtást biztosít annak érdekében, hogy a tranzisztor ne kerüljön túlterhelésbe, ami a töltés-tárolási idő indokolatlan növe-



5. ábra. Bázis-áramkör elvi rajz

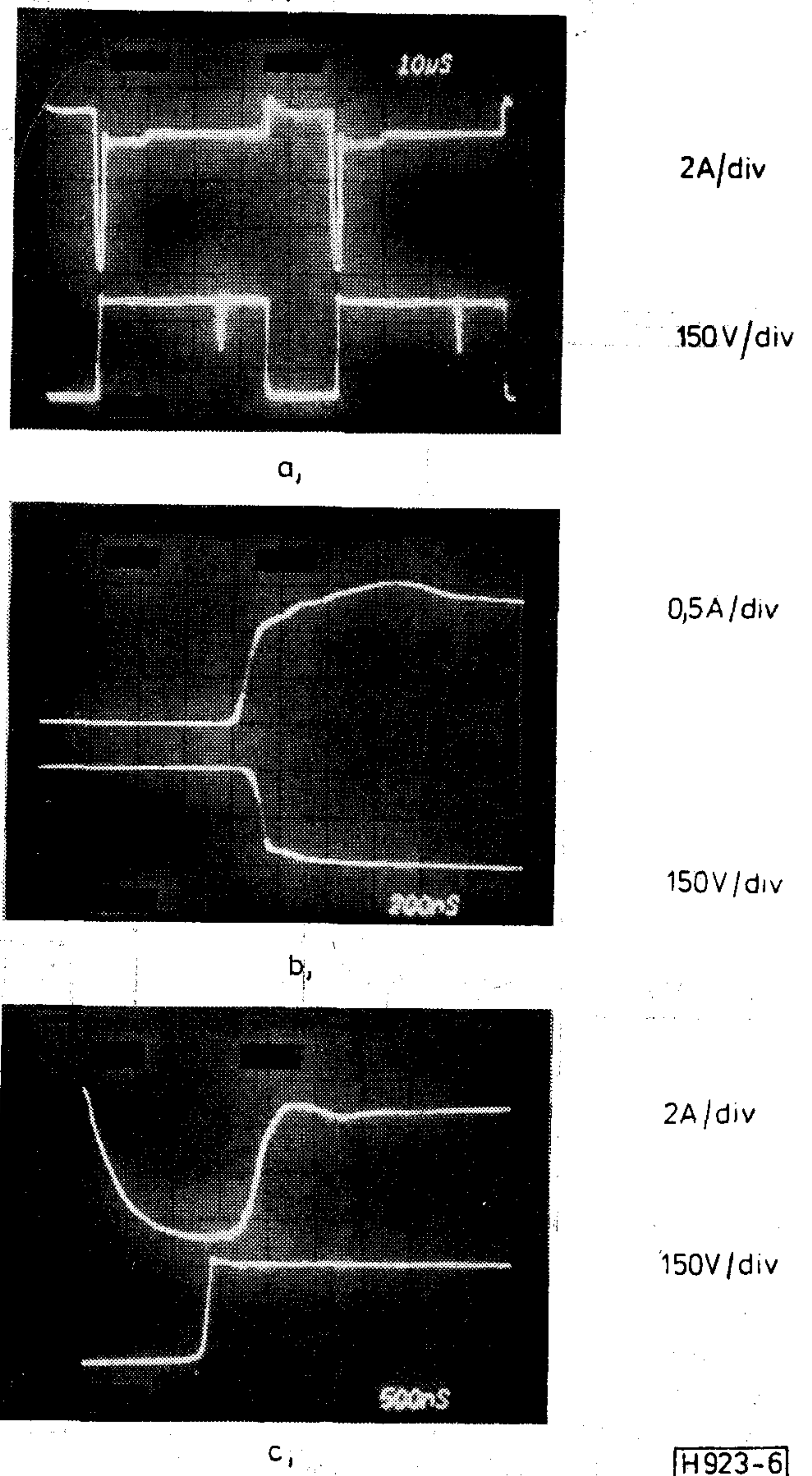
kedését eredményezné. A kikapcsolást intenzív kihúzóimpulzus gyorsítja. A bázisáramkör (5. ábra) a meghajtóimpulzust a vezérlőkártya által szolgáltatott bekapcsoló és kihúzóimpulzusból összegezésel állítja elő.

Bekapcsolási periódusban a kapcsoló jel transzformátoron keresztül áramcsúccsal nyitja a kapcsolótranszisztort, majd egy kollektorárammal arányos áramértékre áll be. A kikapcsolás pillanatában az áram megszűnik és a TR_k transzformátoron keresztül a bázisra jutó 6 V-os feszültség gyorsítja a kikapcsolást. Az így kialakított bázisáram alakja a 6/a ábra felső részén, alatta a tranzisztor kollektorfeszültsége látható. Az elért bekapcsolási késleltetés és töltéstárolás idejét a 6/b és 6/c ábrán látható oszcillogram kinagyítva ábrázolja. Jól megfigyelhető, hogy a bekapcsoló él megjelenésétől mintegy 100 ns-on belül megindul a tranzisztor nyitása, a kikapcsolás megindítását a kapcsolótranszisztor zárása az intenzív kihúzóimpulzus hatására mintegy 1,3 μ s múlva követi. A kapcsolási veszteségek szempontjából lényeges kollektorfeszültség—kollektoráram idődiagramja látható a 7/a és 7/b ábrán. A bekapcsolási tranziens ideje 200 ns. Ez alatt a tranzisztort gyakorlatilag nem terheli többletdisszipáció. (Az ábra felső részén látható U_c feszültséggörbe az időeltolódás jobb érzékelhetősége céljából invertált.)

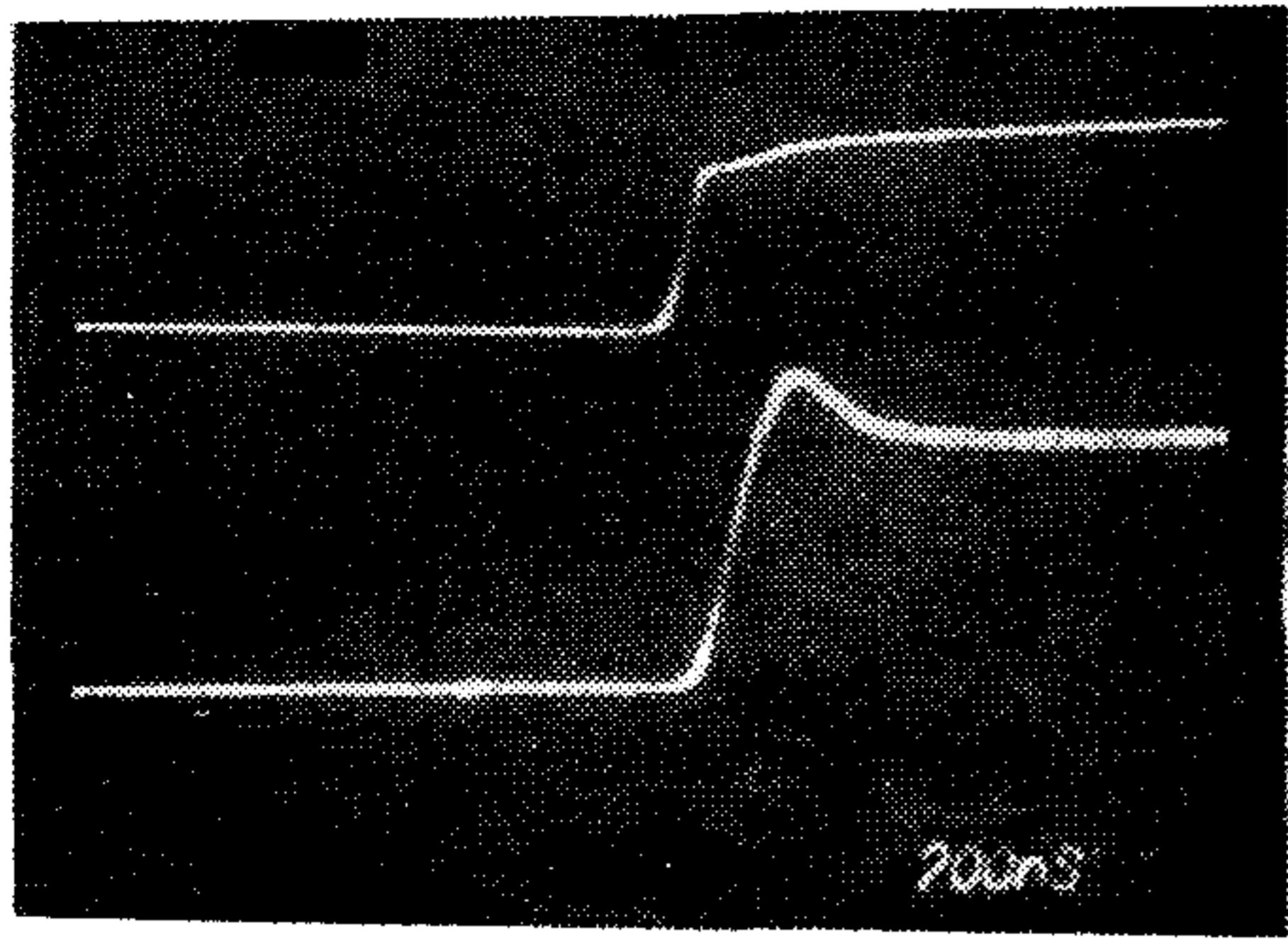
A 7/b ábra a kikapcsolási folyamatot mutatja. Ennek az időtartama 600 ns. Ez alatt jelentős veszteségi energia $862 \cdot 10^{-6}$ Ws terheli a kapcsolótranszisztort, ami 1,4 kW teljesítményt jelent a tranziens idejére.

A meghajtókártyán két áramváltó figyeli a tranzisztorok áramát és szabályozójelet generál a vezérlőkártya árammal arányos meghajtást előállító áramköréhez, illetve a dinamikus túláramvédelem működtetéséhez.

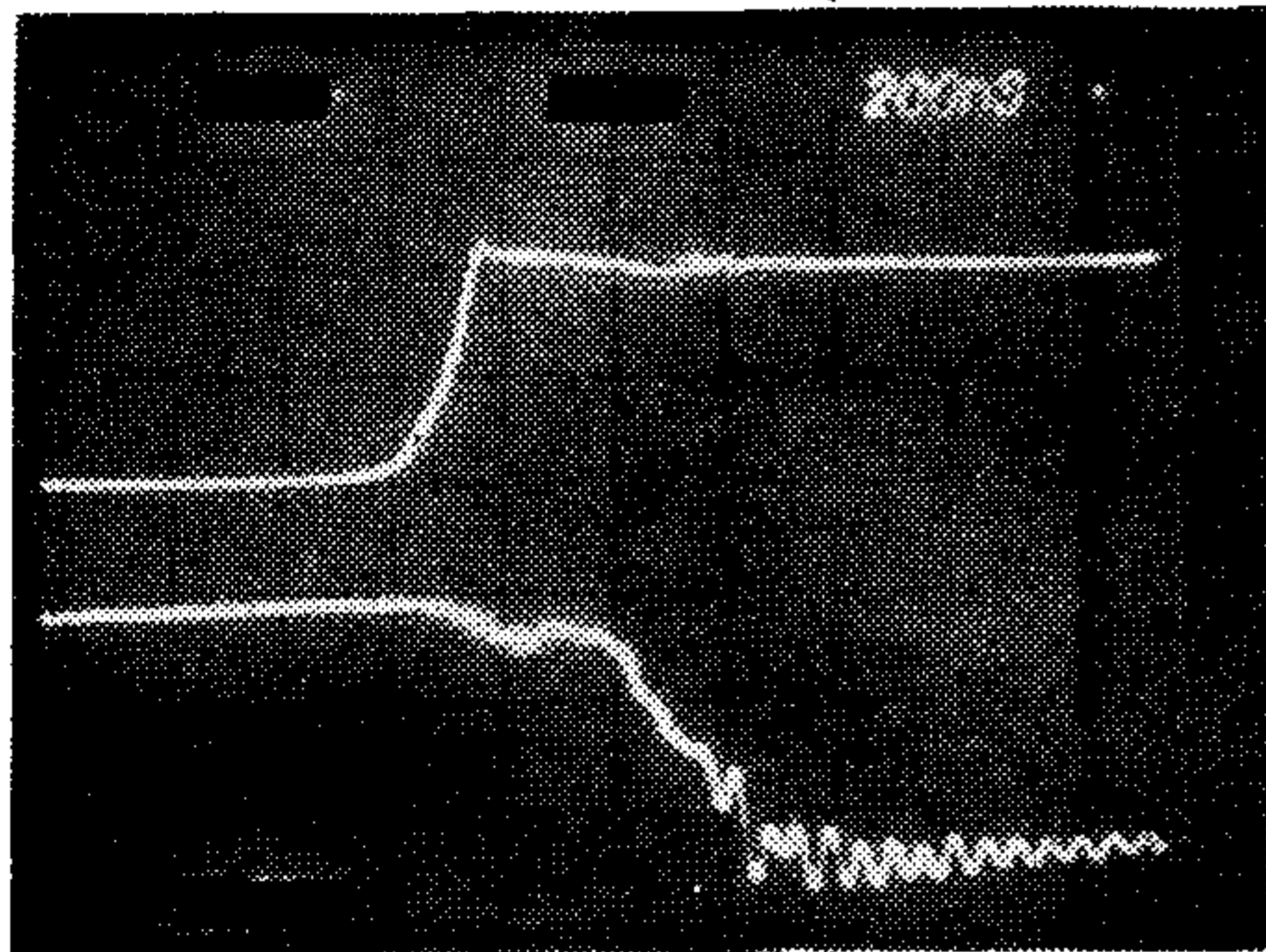
A vezérlőkártya áramköre egy TDA 4700 típusú kapcsolóüzemű tápegység IC-re épül. Impulzusszélesség modulátorát az M1 modul esetében a belső referenciafeszültségből és a visszacsatolt kimenőfeszültségből, M2, M3, M4 moduloknál M1 áramjeléből, mint referenciából és a modulok saját kime-



6. ábra. a. Kapcsolótranszisztor bázisáram és kollektorfeszültség;
b. Kapcsolótranszisztor bázisáram és kollektorfeszültség a bekapcsolás pillanatában;
c. Kapcsolótranszisztor bázisáram és kollektorfeszültség a kikapcsolás pillanatában



a,



b,

150V/div

2A/div

150V/div

5A/div

H923-7

7. ábra. a. Kapcsolótranszisztor kollektorfeszültség és kollektoráram a bekapcsolás pillanatában;
b. Kapcsolótranszisztor kollektorfeszültség és kollektoráram a kikapcsolás pillanatában

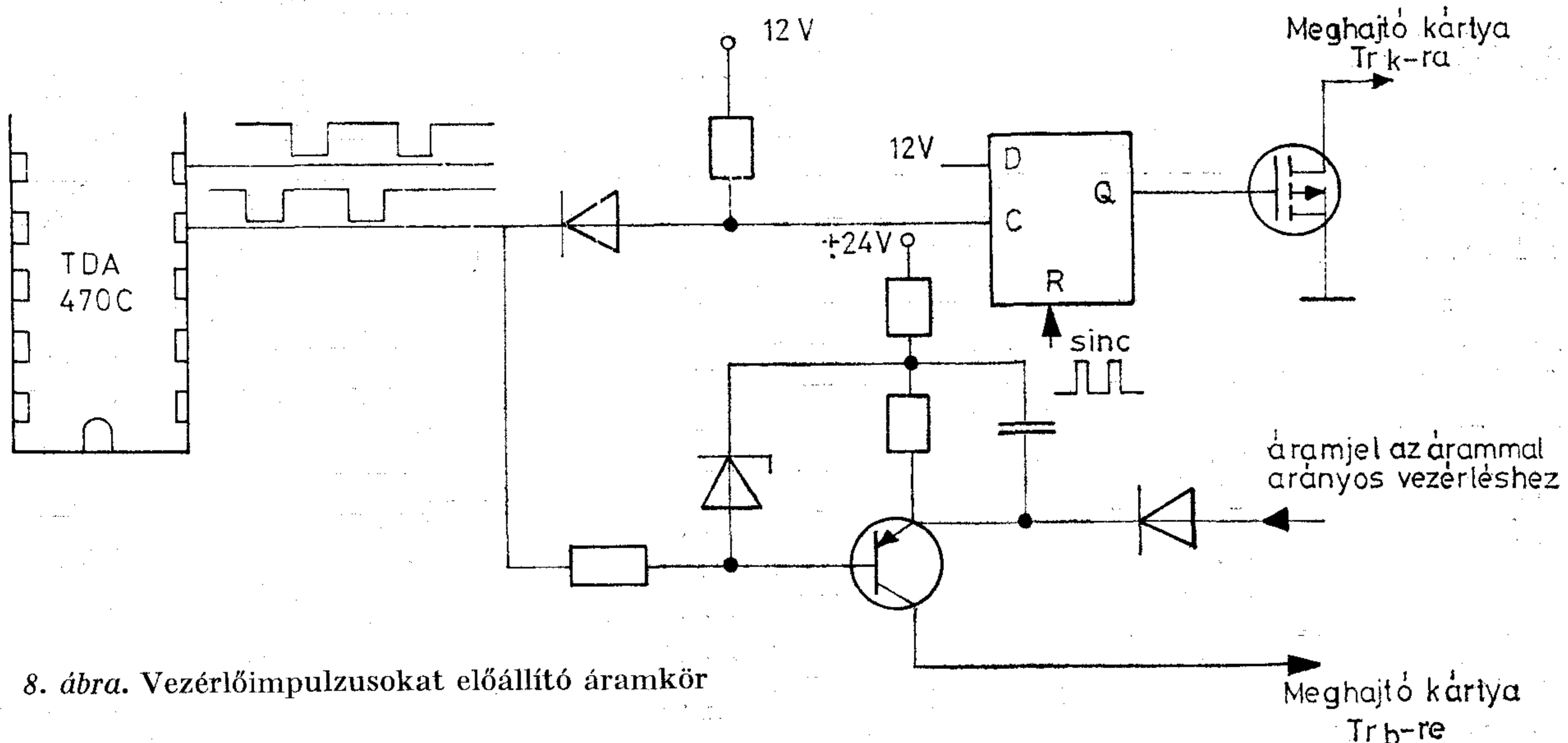
További védelmi funkciót lát el az impulzusszélességváltozás dinamikáját korlátozó kapcsolás. A vezérlőkártya kimenő impulzusait a 8. ábrán látható kapcsolás állítja elő az IC jeléből. A T1 tranzisztorból kialakított áramgenerátor az előzőekben ismertetett formájú bekapcsolóáramot állít elő. A bekapcsolás megszűnésére a D tároló, clock bemenetén vezérelve, nyitja a T₂ FET-et, ezáltal kihúzóimpulzust állít elő, melyet a másik oldal bekapcsolását megelőző szinkronimpulzus töröl.

Az automatika áramkör feladata a berendezés működéséhez szükséges feltételek meglétének ellenőrzése, visszajelzése, indítóparancs fogadása, s ezekből vezérlőjelek előállítása a modulok számára. A vizsgált működési feltételekbe a túlmelegedés, megengedett hálózati feszültségtartomány kimeneti alul- és túlfeszültség jelzések tartoznak.

A segéd tápegység kis teljesítményű kapcsolóüzemű stabilizátor, a főáramkörök számára segéd feszültséget, valamint a specifikációban foglalt egyéb feszültségeket állítja elő.

A tápegység mechanikus felépítése

A tápegység mechanikus kialakításánál alapvető szempontot jelentett a keletkezett hő biztonságos elvezetése. A berendezésnél elért 85–90%-os hatásfok, 700–1000 W disszipált teljesítményt jelent. Ennek nagy része a kapcsolótranszisztoron és a kimeneti nagy áramú egyenirányítón keletkezik. Elsősorban ezek hűtését biztosítja a tápegységfiók közepén elhelyezett hűtőtömb.

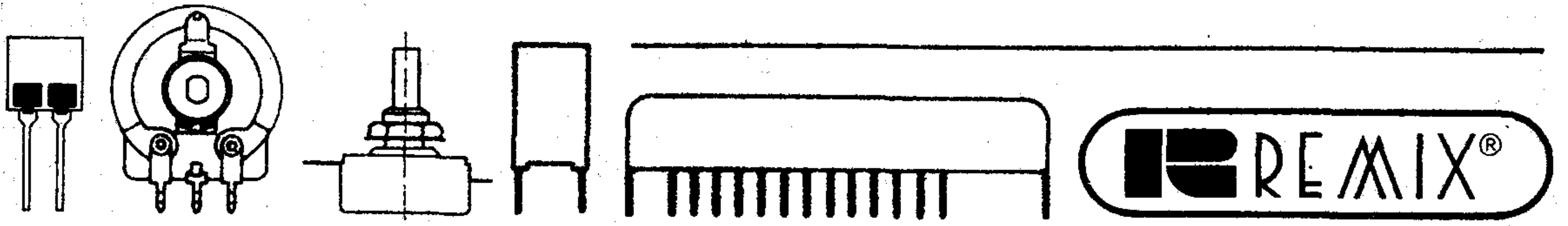


8. ábra. Vezérlőimpulzusokat előállító áramkör

nőjeléből képzett különbségi jel vezéri. Az IC védelmi funkciókat ellátó áramköröket tartalmaz. A kimeneti túlfeszültségvédelem blokkolja az IC-t túlfeszültség esetén, a dinamikus áramkorlát megszakítja a bekapcsolóimpulzust, ha a kapcsolótranszisztorok árama meghalad egy beállított értéket. A két impulzuskimenetet tiltó bemenőpontra olyan áramkör kapcsolódik, mely megakadályozza, hogy az IC két impulzuskimenete közül bármelyik egynél több impulzust adjon ki egymás után, ezáltal megakadályozza az impulzustranzformátor elmágneseződését.

A hűtőtömb két oldalán helyezkednek el a modulok egyenként hőelosztó lemezre szerelve.

A segéd tápegység és az automatika áramkör szintén, mint külön egységek az oldallapon található. A fiók másik oldallapján a hálózati egyenirányító és a szűrő áramkör képez egy egységet. A légáram szolgáltatásáról három, hátlapon elhelyezett ventilátor gondoskodik.



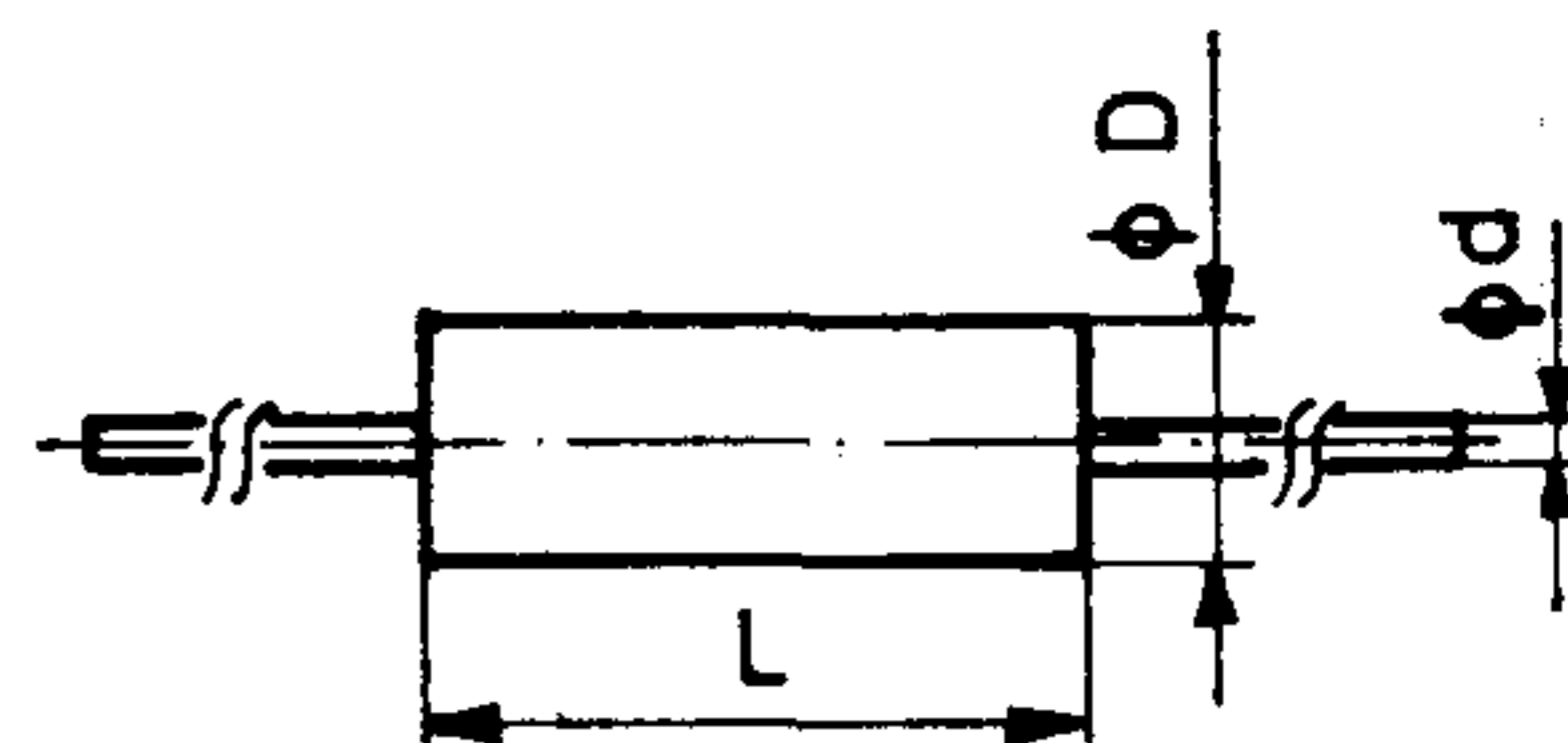
MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

Típus	Terhelhetőség [W]		Méret D/L/d [mm]	Rezisztencia [Ω]	Sor	Tűrés [%]	Határfeszültség [V]
	40°C	70°C					
R534 Fémréteg ellenállás SIEMENS licenc	1,1	0,9	2,4/6,8/0,6	10 ... 1,5 M	E24	± 2	350=
				10 ... 1,0 M	E96	± 1	
				10 ... 511 k	E192	$\pm 0,5$	
				499 ... 240 k	E192	$\pm 0,1$	
R538 Fémréteg ellenállás	0,125	0,25	2,0/6,0/0,6	0,27 ... 1,8	E12	$\pm 0,1 \Omega$	
			3,0/7,0/0,6	2 ... 10	E24	± 5	
	0,5	4,2/10,8/0,6	5,11 ... 10	E48	± 2		
			0,33 ... 1,8	E12	$\pm 0,1 \Omega$		
			2,0 ... 100	E24	± 5		
			511 ... 100	E48	± 2		
R510 Fémréteg ellenállás 10 Ω ... 2,2 k Ω -ig indukciószegény kivitelben is.	0,125	0,25	2,0/6,0/0,6	10 ... 470 k	E6, E12	$\pm 20, \pm 10$	200=
			3,0/7,0/0,6	10 ... 510 k	E24	± 5	250=
	0,5	4,2/10,8/0,6	10 ... 1,0 M	E6, E12, E24	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	250=	
			10 ... 4,7 M	E6, E12	$\pm 20, \pm 10$	350=	
	1,0	2,0	6,6/13,0/0,8	10 ... 10 M	E6, E12, E24	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	500=
			8,6/18,5/0,8	10 ... 10 M	E6, E12, E24	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	750=
R535 Szénréteg ellenállás	0,35		3,0/7,0/0,6	47 ... 200 k	E6, E12, E24	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	150=
	0,5	0,71	4,2/10,8/0,8	100 ... 470 k	E6, E12	$\pm 20, \pm 10$	250=
				100 ... 510 k	E24	± 5	
			5,4/13,5/0,8	200 ... 820 k	E6, E12, E24	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	350=
R527 Rétegenállás	0,125	0,33	3,0/7,0/0,6	47 ... 470 k	E6, E12	$\pm 20, \pm 10$	250=
				47 ... 510 k	E24	± 5	
	0,5	0,71	4,2/10,8/0,8	4,7 ... 1,0 M	E6	± 20	350=
				4,7 ... 1,2 M	E12, E24	$\pm 10, \pm 5$	
			5,4/13,5/0,8	4,7 ... 3,3 M	E6, E12, E24	$\pm 20, \pm 10, \pm 5$	500=
R525 Kristályos szén- réteg ellenállás 4,7 Ω ... 1 k Ω -ig indukciószegény kivitelben is.	0,0625	0,125	3,0/7,0/0,6	10 ... 200 k	E24	± 5	200=
				20 ... 140 k	E24, E48	$\pm 2, \text{min. } 0,1 \Omega$	
				51 ... 48,7 k	E24, E96	$\pm 1, \text{min. } 0,1 \Omega$	
	0,125	0,33	4,2/10,8/0,8	10 ... 430 k	E24	± 5	250=
				20 ... 330 k	E24, E48	$\pm 2, \text{min. } 0,1 \Omega$	
				51 ... 100 k	E24, E96	$\pm 1, \text{min. } 0,1 \Omega$	
	0,33	0,71	5,4/13,5/0,8	10 ... 820 k	E24	± 5	350=
				20 ... 681 k	E24, E48	$\pm 2, \text{min. } 0,1 \Omega$	
			51 ... 205 k	E24, E96	$\pm 1, \text{min. } 0,1 \Omega$		

Megkeresésükre küldünk katalógust. Kereskedelmi főosztályunk várja érdeklődésüket és készsággel áll rendelkezésükre
Plavec Istvánné.

RÉTEGELLENÁLLÁSOK

AJÁNLOTT TERMÉKVÁLASZTÉK '84



Megjegyzés:

A nem perspektivikus típusok katalógusjelét kisebb betűmérettel jelöltük. Pl.: R527

Típus	Hőmérsékleti tényező			Zajfeszültség		Klima kulcs	Szabvány
	R [Ω]	ΔT [$^{\circ}C$]	TK [$10^{-6}/K$]	R [$k\Omega$]	max. [$\mu V/V$]		
R534 Fémréteg ellenállás		-55...+125	± 100				
		-55...+125	± 50	10	0,2		Rx-74.381/1
		-55...+125	± 50	100	0,35		
		+25...+125	± 25	1M Ω	1,0		
R538 Fémréteg ellenállás	> 4,7		± 200			55/125/21	
R510 Fémréteg ellenállás	< 1M		± 700				
	$\geq 1M$	+20...+125	± 1000		1 „A”		
		-55...+20	± 1200	> 10	5 „B”	55/125/21	MSZ 05 61.1004
R535 Szénréteg ellenállás		-55...+125	- 600	≥ 10	3	55/125/10	Rx-74.261/25
R527 Rétegellenállás	$\leq 68k$		± 1000				
	> 68k		± 1900	> 10	3	55/125/10	MSZ 05 61.1009
	$\leq 220k$		± 1000				
	> 220k		± 1900				
R525 Kristályos szén- réteg ellenállás	$\leq 130k$		- 500				
	> 130k		- 650				
	$\leq 270k$		- 500				
	> 270k		- 650	> 10	1	55/125/21	MSZ 05 61.1008
	$\leq 430k$		- 500				
	> 430k		- 650				



RÁDIÓTECHNIKAI VÁLLALAT Bp. X., Pataky tér 20.
H-1475 Bp. 10. Pf. 64. Tel.: 573-033. Telex: 22-4565



1325 Budapest, Pf. 21
 IV., Fóti út 56.
 Telex: 22-7306
 Telefon: 691-100

FÉL-FOGYASZTÓI MOS LSI KAPUMÁTRIX GA800

BOÁK®

A GA800 áramkör belső mátrixa 35 db ikercellát tartalmaz 5×7 -es felépítésben. A külső összeköttetéseket szolgáló egységet 26 db input/output cella veszi körül. Az ikercellákból kialakított mátrix mező és a széleken elhelyezkedő interface elemek között összekötő hálózat helyezkedik el. A chip két oldalán 12-12 db függőleges alumínium összekötő vezeték részére van hely, míg a chip alján és tetején 3-3 db vízszintes összeköttetésre van lehetőség. Ez a kétrétegű hálózat az egyes vezetékek keresztezésére is lehetőséget ad. Az áramkör összesen 54 kivezetési lehetőséget tartalmaz. A chip teljes mérete $6 \times 5,8$ mm.

Az áramkör n-csatornás MOS technológiával készül. A munkaellenállás kiürítéses MOS tranzisztor. Az áramkör egy tápfeszültségről (+5 V) működik. A chip igény szerint 24, 28, 40 kivezetéses műanyag vagy kerámia tokba szerelhető. A felhasználói fémezési terv kialakítása a nyomtatott áramkörök tervezésénél is egyszerűbb, a mintapéldával szemléltetett tervezési segédlet alkalmazásával.

D-TÁR

Sztatikus jellemzők ($T_A = 25$ °C) $V_{CC} = +5$ V $\pm 5\%$

Jelölés	Paraméter	Min.	Tipikus	Max.	Egység	Feltételek
V_{IL}	Bemeneti logikai „0” szint			0,8	V	
V_{IH}	Bemeneti logikai „1” szint	2,0			V	
V_{OL}	Kimeneti logikai „0” szint		0,2	0,4	V	
V_{OH}	Kimeneti logikai „1” szint	2,4	5		V	
P_D	Teljesítménydisszipáció		0,4	0,5	mW	1 db. tároló

Dinamikus jellemzők ($T_A = 25$ °C) $V_{CC} = +5$ V $\pm 5\%$

Jelölés	Paraméter	Min.	Tipikus	Max.	Egység	Feltételek
t_{LH}	inverter felfutási idő		16		ns	
t_{HL}	inverter lefutási idő		6		ns	
t_{pd}	inverter terjedési idő		12	15	ns	

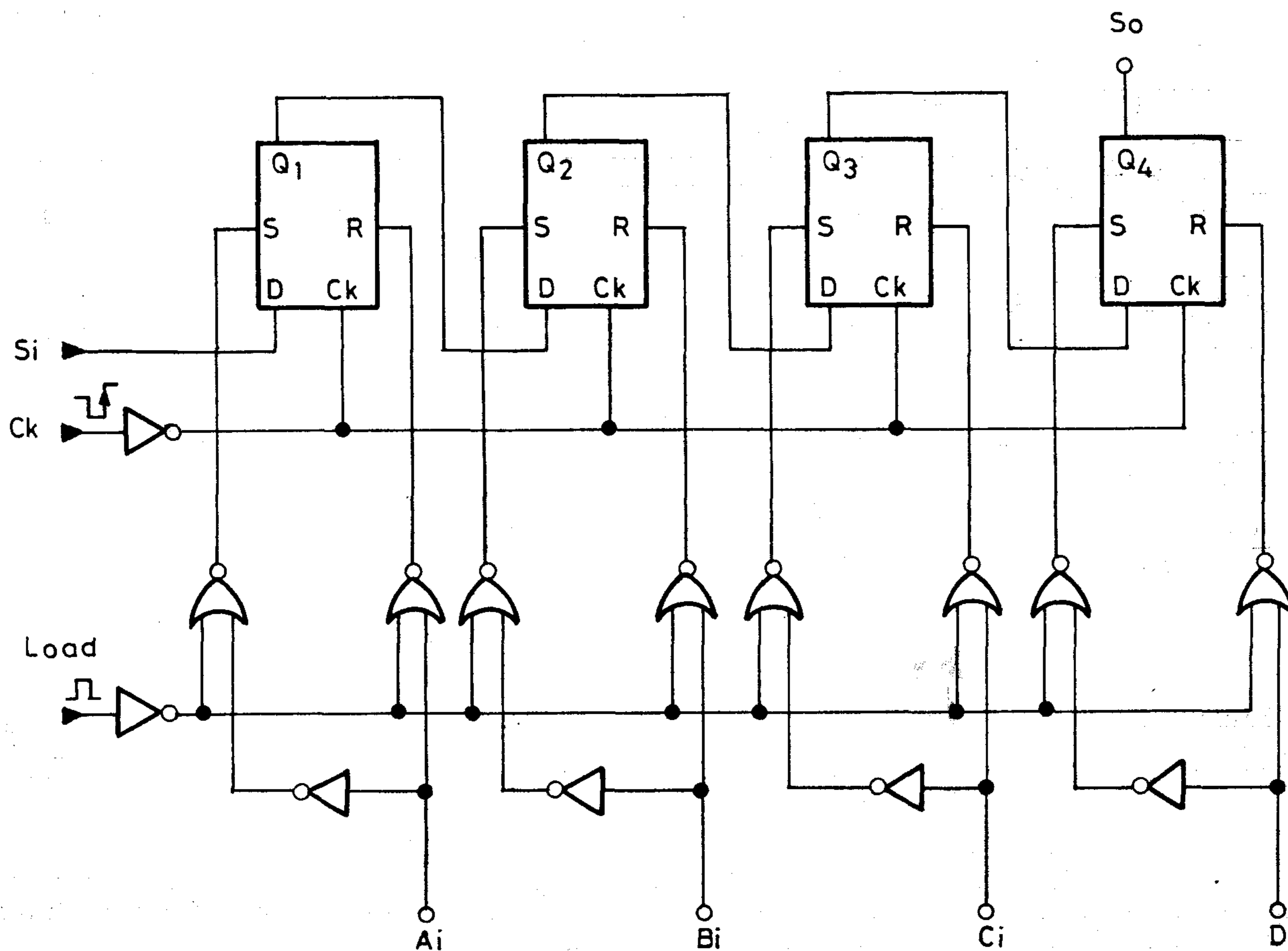
INPUT/OUTPUT CELLA

Sztatikus jellemzők ($T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$) $V_{CC} = +5\text{ V} \pm 5\%$

Jelölés	Paraméter	Min.	Tipikus	Max.	Egység	Feltételek
V_{IL}	Bemeneti logikai „0” szint			0,8	V	
V_{IH}	Bemeneti logikai „1” szint	2,0		7,0	V	
V_{OL}	Kimeneti logikai „0” szint		0,2	0,4	V	$I_{OL} = 2\text{ mA}$
V_{OH}	Kimeneti logikai „1” szint	2,4	3,5		V	$I_{OH} = -400\text{ }\mu\text{A}$
P_D	teljesítménydisszipáció		5	6	mW	

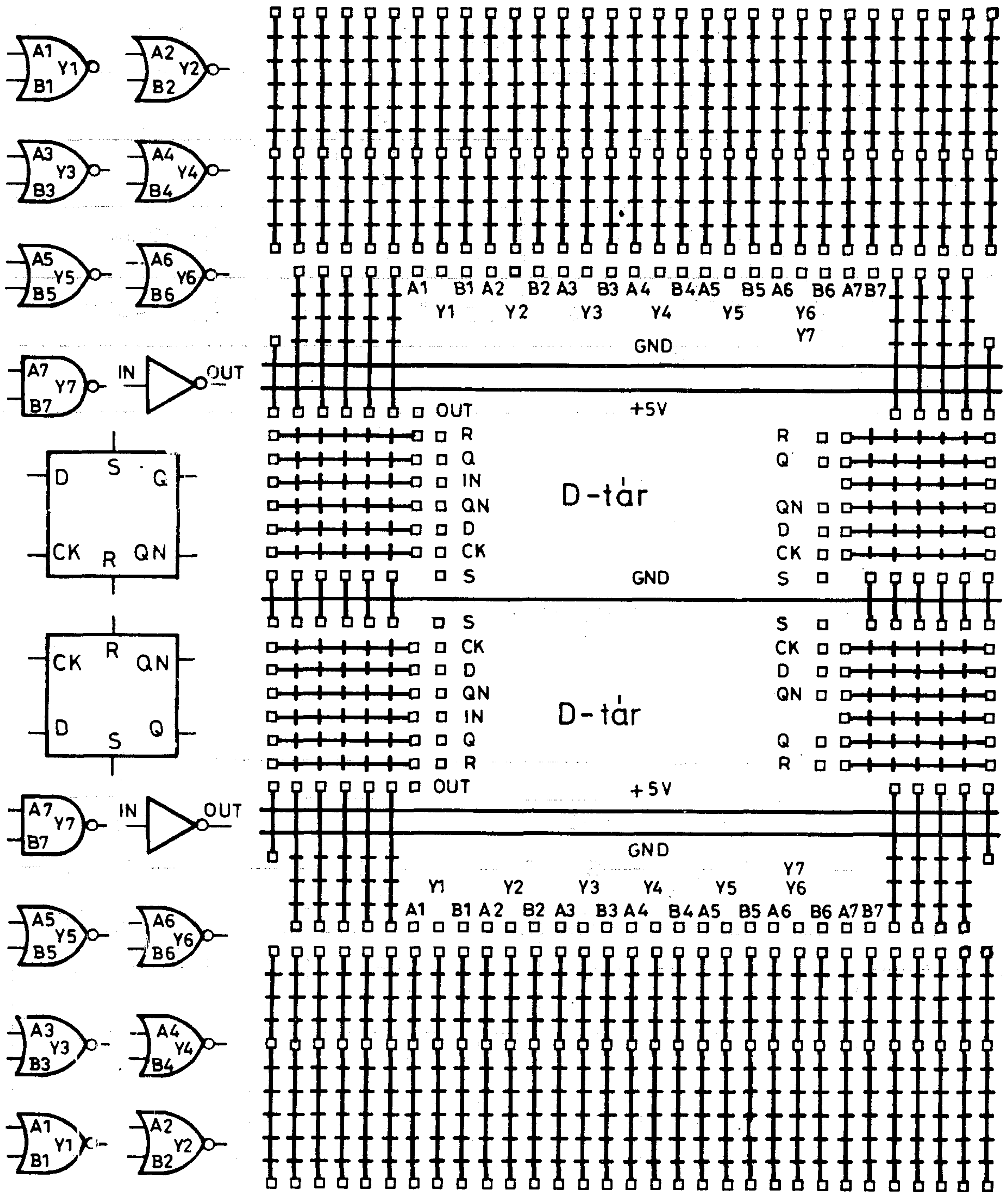
Logikai vázlat

Példa GA800 részfunkció felhasználói kialakítására:
4 bites léptető tároló aszinkron paralel beírással.



Tervezési segédlet:

IKERCELLA



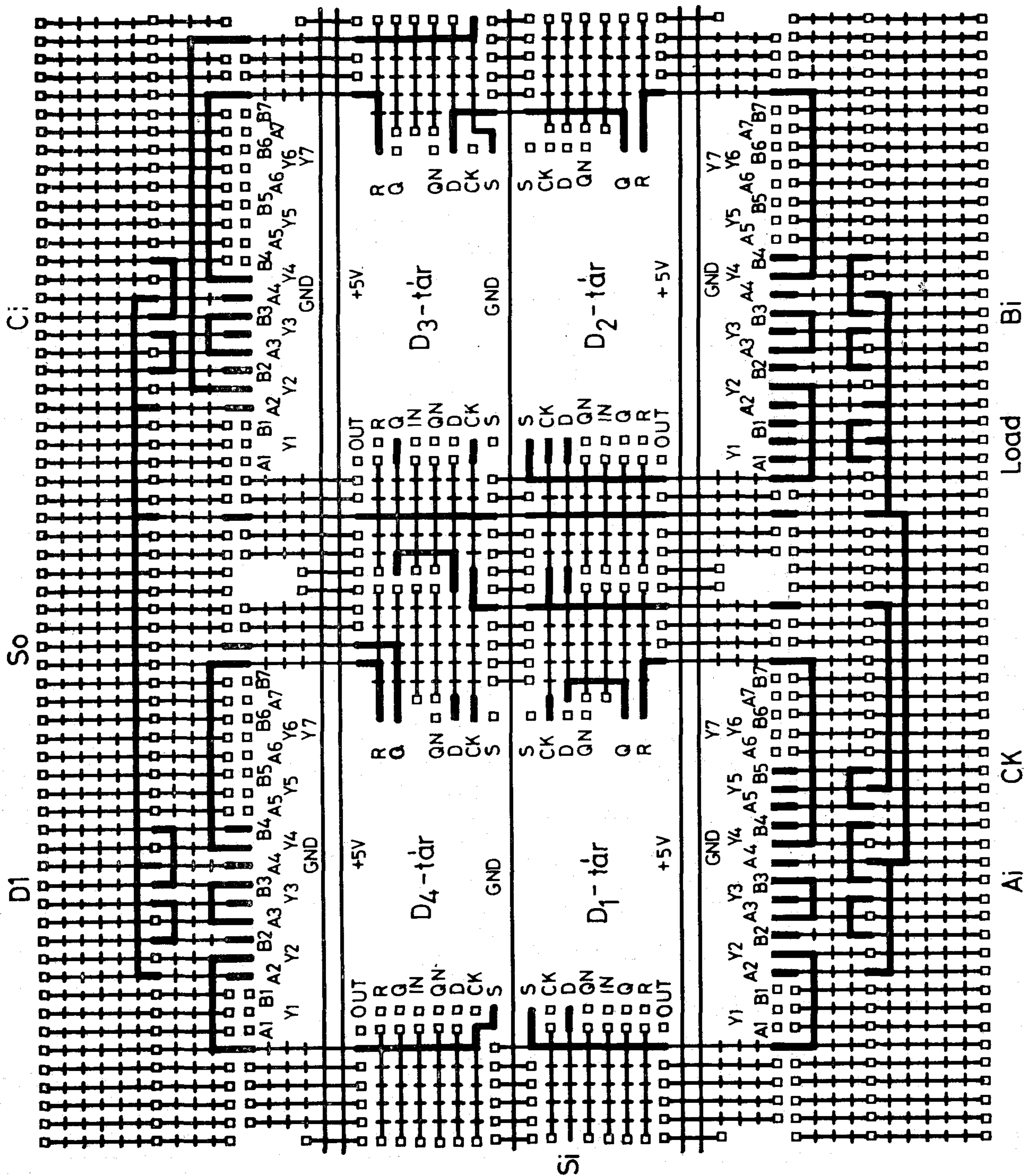
Az ábrán négyzetek jelölik azokat a helyeket, ahol az áramkör egyes részei elektromosan elérhetők. A folytonos vonalak a poliszilíciumból kialakított fix fémezési hálózatot, a szaggatott vonalak az alumínium összeköttetések lehetséges helyeit mutatják. Alumíniumvezeték kialakítható a szaggatott vonalakra merőlegesen is a poliszilícium vezetékek felett.

A tároló elemek D, Q, QN, S, R és CK jelvezetékei mindkét oldalon hozzáférhetők.

A kapuzat az ikercella felső és alsó részén található. Két kapubemenetenként tartalmaz egy kimenetet, mely fémesen nem csatlakozik a bemeneti tranzisztorokhoz, így lehetőség van arra, hogy fémezéssel invertert vagy kettőnél nagyobb bemenetszámú kaput alakítsunk ki.

Huzalozási terv

Példa GA800 részfunkció felhasználói kialakítására:
4 bites léptető tároló aszinkron paralel beírással.



Zsák József

Bármely alkalmazástechnikai kérdésben a MEV BOÁK® szolgálata készséggel áll felhasználóink rendelkezésére (Telefon: 691-100/258 mellék.)

MEV

MIKROELEKTRONIKAI VÁLLALAT

Az elektronika termelőberendezéseinek kétévenkénti szakkiállítását, a Productronicát 1983-ban ötödik alkalommal rendezték meg. Bár ezt a területet Európában és a tengerentúlon is több hasonló kiállítás is lefedi, a Productronica jelentősége nem csökken. Mutatja ezt az is, hogy a kiállítók száma az előző kiállításához képest 904-ről 1151-re (27%), a kiállítás területe pedig 56 000 m²-ről 70 000 m²-re nőtt (25%). A kiállítók 24 országot képviseltek, amelyek közül három: Franciaország, Nagy-Britannia és az USA hivatalos nemzeti anyaggal is szerepelt a kiállítók között. A szocialista országokat Csehszlovákia, az NDK és a Szovjetunió egy-egy külkereskedelmi cége mellett a magyar színesfém-félgyártmányokat kiállító Pannónia Külkereskedelmi Vállalat (Csepeli Vas- és Fémművek) képviselte.

Már a korábbi kiállításokon is szembevetint, hogy milyen sok (az NSZK-ban) külföldi céget képviselnek NSZK-közvetítők. Ez a tendencia idén tovább erősödött, közel 300 külföldi céget képviseltek közvetítők. Egy másik erősödő tendencia, amelynek lehetséges okaira még visszatérünk, hogy az élenjáró technológiák képviselői, a nagy tengerentúli (USA és Japán) cégek egyre kevésbé képviseltetik magukat a kiállításon. A kiállítók számának a növekedése egyre inkább a kis vállalatok megjelenésének köszönhető.

A rendezők öt nagy csoportba osztották a kiállítókat (zárójelben az adott terület kiállítóinak száma).

A) Szilárdtest-eszközök és hibridáramkörök alapanyagai és gyártóberendezései (252)

B) Nyomtatott áramköri lapok gyártóberendezései és segédanyagai (328)

C) Részegység és berendezésgyártás eszközei és anyagai

D) Elektronikus eszközök tokozása, üzemi berendezések, tekercseléstechnológia (C+D=416)

E) Mérő és ellenőrző berendezések (155)

Az eddigi gyakorlattal egyezően a fenti témakörből a kiállítással párhuzamosan szakszemináriumokat és kerekasztal-megbeszéléseket rendeztek. (Megjegyzésre kíváncsok, hogy ezeken a részvételi költség sokszorosa a kiállítás belépődíjának.) Csak kiragadva néhány szekció témáját: technikai-közgazdasági szempontok a szilárdtest-technológia anyagainak megválasztásában; NYÁK készítés gazdaságossága, önköltségcsökkentése; elektronikus alkatrészek tokozásának új technológiai megközelítése; száloptika a folyamatok automatizálásában.

A látottak részletes értékelésekor előre kell bocsátani, hogy a kiállítás *kereskedelmi jellegű*. A kiállító

cégek nem a fejlesztés alatt álló csúcsteljesítményeket kívánják bemutatni (ha mégis így tesznek, azt elsősorban reklámcélokból teszik), hanem azokat a termékeiket, amelyeket a piacon — az adott esetben Nyugat-Európa piacán — értékesíteni tudnak és kívánnak. Így tehát ez a vásár elsősorban a kereskedelmi trendekről tájékoztat és csak másodsorban, közvetve a fejlődés fő irányairól.

A legfontosabb tapasztalatokat az alábbiakban összegezzük.

Az *alapanyagok* kiállítóinak száma csökkent. A jelentős gyártók közül hiányzott az NSZK-beli Preussag és a brit Metals Research. A Si egykristály jelenlegi maximális átmérője 8" (203 mm), ezt a Wacker és a Monsanto egyaránt kínálja. A fejlődés várható iránya nem az átmérő további növelése, hanem a paraméterek javítása, szórásuk csökkentése.

A GaAs iránti kereslet hullámzó, jelenleg növekedőben van, de távlatilag sem haladja meg a Si iránti kereslet 8–10%-át. A gyártók jelenlegi legfőbb korlátja a Ga készlet szűkössége!

Újdonság a Heraeus alumíniumnitrid kerámiája. Hővezető-képessége megközelíti a berillium-oxidét, ugyanakkor — azzal ellentétben — nem mérgező. Szilárdsági adatai kevéssel rosszabbak az Al₂O₃-énál. Ára viszonylag magas, alkalmazása valószínűleg extrém teljesítménysűrűségű helyeken várható.

Hibrid vastagréteg paszták fejlődésére az egyre összetettebb pasztarendszerek kialakulása, a nem nemesfém alapú paszták fejlődése és a polimer kötőanyagú paszták megjelenése jellemző.

A *félvezető eszközök technológiájában* az USA és Japán messze megelőzik a többi országot. Ezen a területen azonban igen kevés kiállítójuk szerepelt, így a kiállítást nem lehet a félvezető technológia reprezentánsának tekinteni.

Mielőtt a látottak analizésére térnénk, érdemes foglalkozni a távolmaradás okával. Bár egyértelmű választ találni nehéz, a legáltalánosabb vélemények szerint a technológiai berendezések területén az élenkülő hazai piac leköti a kínálatot és nem fűződik érdek a távoli területeken történő értékesítéshez.

Visszatérve a berendezésekre: a litográfia területén még vezet az optikai sáv. Egyre szélesebb az ultravioleta sáv felhasználását lehetővé tevő berendezések választéka (pl. Karl Süß [NSZK] gyakorlatilag teljes UV litográfia sort kínál).

A kiállítás tükrözte a direkt elektronsugaras eljárás iránti érdeklődés csökkenését. A Perkin-Elmer (USA) csupán prospektusokkal ismertette a már több mint egy éve bevezetett MEBES II. rendszerét,

de nem ajánlotta ennek az irodalomból ismert III. típusjelű változatát. Várhatóan a röntgensugaras litográfia lesz a nagy felbontóképességű eljárás, de az igények jelenleg még nem követhetők, ilyen berendezést ki sem állítottak. Ugyanakkor többen is kínáltak ionsugaras megmunkálást 50 nm felbontóképességgel.

Viszonylag gazdag volt a száraz kémiai (plazmás) maró berendezések választéka (mintegy 20 cég). Valamivel kevesebb, de nem elhanyagolható mennyiségű plazmás leválasztó is látható volt. Ezeknek különösen gazdag volt az idén a fém-target választéka.

Említésre kívánkozik az a több helyen is hangsúlyozott tény, hogy a magas szintű új technológiák mellett változatlanul él és működik a fém-gates PMOS technológia, mivel viszonylag nagy feszültségeket tud kezelni és olcsó. Így a display meghajtó áramkörökben még belátható ideig szerepelnek ilyen technológiával készült áramkörök.

Feltűnően szűk volt a *tervezőrendszerek* kínálata. Mindössze féltucat cég kínált huzalozástervezést és csupán kettő gate-array, ill. cellás tervezést. Ennek fő oka a fent már elmondottakon kívül az lehet, hogy ugyanebben a vásárvárosban kevéssel a Productronica előtt rendezték meg a System 83 kiállítást, amelynek profiljába a tervező software-hardware konfigurációk is beletartoztak, és ahol — információink szerint — bővebben szerepeltek.

A *hibrid integrált áramkörök* felhasználásának növekvő üteme továbbra is fennáll. Ennek megfelelően technológiájuk is jelentős súllyal szerepelt a kiállításon. A látottak szerint a műveletek automatizálása van soron, számtalan olyan alkatrész kapható, amelyik automatikusan ültethető be. Ez egybeesik egy több helyen jelentkező fő tendenciával: minimálisra csökkenteni az élőmunka arányát, elsősorban a hibák csökkentése, a kihozatal növelése érdekében.

A *nyomtatott huzalozások* technológiája területén nincsen forradalmi újdonság. Itt is megfigyelhető a más területeken is érvényesülő kettős tendencia. Igen sok vállalat tudja ugyanazt a terméket előállítani a néhány évvel ezelőtti csúcshívonalon, és a műveletek automatizálása a csökkenő hibaszázalék mellett jelentősen megnöveli a termelékenységét.

A rézfóliák vastagságának csökkentésével egyre finomabb rajzolatokat tudnak előállítani. Erőteljesen fokozódik a több rétegű áramkörök fogyasztása és így fejlődik a technológiai kínálat is. Egyre növekvő méretű préseket készítenek, amelyekbe az eredeti alapanyagból 10—20 réteg helyezhető el. Egy gyártó a chip-carrierekhez illeszthető hajlékony nyomtatott huzalozású alaplemezt is bemutatott.

A NYÁK lapok megmunkáló berendezéseinek automatizáltsága is jelentős mértékben emelkedett a két évvel ezelőtti bemutatóhoz képest. Az egyes munkafázisokból és helyenként a közöttük történő szállításból is az emberi munka ki van zárva. A furat ellenőrzésére példa az optikai alakfelismerő programmal történő ellenőrzés (Advanced, Controls, USA, WEGU-Messtechnik, NSZK) 2—3 μm felbontóképességgel, több ezer furat/óra mérési sebességgel, automatikus statisztikus hibaanalízissel.

A *szereleselőkészítés és szerelés* területén a legszembetűnőbb az automatizálás ugrásszerű előretörése.

Az alkatrészeket előrendező és rendezetten tároló, szállító berendezésektől az alkatrészlábakat vágó, hajlító, huzalvágó, kötegelő, bandácsoló berendezéseken keresztül a hibrid és NYÁK beültető robotokig a legkülönbözőbb funkciójú és kapacitású berendezésekkel igen nagyszámú cég jelentkezett. A robottechnika az elektronikai szerelés területén minden valószínűség szerint frontáttörés előtt áll.

Több tucat cég jelentkezett különböző típusú, olykor modulárisan bővíthető szerelő robotjaival. Viszonylag szerény (néhányszor tíz alkatrészfajta és néhány ezer db/óra) nagyságrendtől — Philips—Volvo, Mimot (NSZK) — és az igen nagy teljesítményű kb. kétszáz alkatrészfajta, több tízezer db/óra — Panasonic, TDK (Japán) — valamennyi szint és valamennyi filozófia (szabadságfokok, mozgatósi és forgatósi lehetőségek stb.) megtalálhatók a piacon. Rohamos felhasználásukkal kölcsönhatásban nő a felületre fektethető lapos alkatrészek választéka. A diszkrét eszközök tekintélyes választéka elérhető SOT tokokban. A passzív alkatrészek között megjelent a chip formátumú induktivitás is 0,1... 1000 μH tartományban. Kisebb az IC-k lapos tokozású választéka, de feltehetően ez is növekedni fog.

Ugyanakkor nem csökken az egyedi kéziszerszámok kínálata, sőt az egyre nagyobb értéket képviselő szerelt lapok tesztelés utáni javítása növekvő mértékben igényli az egyedi kismunkahelyek felszerelését.

A *mérés, ellenőrzés* területére fokozottan érvényes, hogy az emberi tevékenységet a minimumra korlátozzák. Úgyszólván a terület egészére jellemző a mikroprocesszoros, de még inkább mikrogépes technikák mindent átfogó elterjedése. Ez software segítségével igen nagy flexibilitást tesz lehetővé, megnöveli a mérési sebességet és automatikus adatfeldolgozást, statisztikai kiértékelést, hibaanalízist biztosít.

Az IC-k gyártásközi ellenőrzésére viszonylag kevés példát mutatott a kiállítás. Meglepően gazdag volt viszont a kínálat a szeletek, illetve a kész tokozatlan és tokozott IC-k legkülönbözőbb fizikai elveken alapuló vizsgálóberendezéseiben. A kétségtelen sztár a Leitz (NSZK) akusztikus mikroszkópja, amely miniatűr ultrahangos akusztikai impulzusradar. Az eszköz a mélységi hibák felderítésére alkalmas. Kilépett a laboratóriumból az Auger és a mélyszintű tranziens spektroszkóp, a szórt elektronnyalábbal működő vizsgálat, a röntgenmikroszkóp és a termikus fényképezés.

Az IC és szerelt részegység mérő és ellenőrző automatákra a teljes mérési skálán (IC teszt, in-circuit és funkcionális teszt, burn-in) a sebesség növekedése (50, sőt 100 MHz) mérési frekvencia, 40 IC/sec és a mérőpontok számának megnövekedése (256 pin) a jellemző. A két éve csúcsteljesítménynek számító 20 MHz, 100 pin értékeket több cég is megbízhatóan szállítja. Ezen a területen az USA kínálata kevésbé visszafogott, bár a legújabb berendezéseit nem kínálja, és így a vezető USA- és európai cégek nyújtotta kínálat lényegében azonos.

Általános a mérő-ellenőrző berendezések IEC vagy IEEE busz-kompatibilitása, ami lehetővé teszi egyrészt a felhasználás igényeinek optimálisan megfelelő konfiguráció kialakítását, másrészt a központi mérés-

adatgyűjtést. Ugyanezt szolgálja a berendezések erőteljes modularitása.

Élesen ellentétben áll ezzel a software helyzete. Nyilvánvalóan egy szabványosított tesztprogram vagy transzportábilis software csomagok lennének kívánatosak — azonban ezek nem léteznek. Minden egyes mérőeszközcsaládra a gyártó kifejleszti (vagy fejleszteti) a saját programcsomagját, amelyek rendszerint Basic vagy Pascal alapúak, könnyen használhatók — de nem kompatibilisek.

Összefoglalva a látottakat, hadd emeljük ki ismét a fő tendenciákat:

— az elektronikai gyártás egészére jellemző az élők munká arányának a lehető legkisebb csökkentése és ezzel párhuzamosan a mikroszámítógépek és szerelő robotok felhasználásának rohamos növekedése;

— a technológia a legtöbb területen telítődési tendenciákat mutat, ezzel egyidejűleg növekszik a kínálat a lényegében azonos technológiai színvonalat megvalósító berendezésekből;

— valószínűleg a belső piac átrendeződése folytán a legnagyobb USA- és japán cégek egyre kevésbé érdekeltek technológiai berendezések európai eladásában.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton is köszönetet mondanak mindazoknak, akikkel a kiállításon és utána folytatott beszélgetéseik során egyes észrevételek kikristályosodtak, így elsősorban dr. Szabó Pálnénak, Göblös Jánosnak, Hajdú Lászlónak és Hartai Andrásnak.

Dr. Ambrózy András

BME Elektronikai Technológia Tanszék

Dr. Zombory László

BME Elméleti Villamosságtan Tanszék

Hírek üzemeinkből

GYÁRAINK KÉPVISELŐI A SZOVJET KULTÚRA ÉS TUDOMÁNY HÁZÁBAN

A BHG és a Telefongyár, dolgozói jelenlétében október utolsó napján magyar—szovjet barátsági estre került sor a Szovjet Kultúra és Tudomány Házában. Az elnökségben helyet foglalt Viktor Ivanovics Otyeretyin, a Szovjetunió magyarországi külkereskedelmi képviselőjének vezetője, Berecz Frigyes, az MSZMP KB tagja, a BHG vezérigazgatója, Gumbinger József, a TERTA pártbizottságának titkára és Benkő József, a Budavox vezérigazgató-helyettese.

A létesítmény igazgatójának üdvözlő szavai után Berecz Frigyes, a BHG vezérigazgatója méltatta a találkozó jelentőségét, a Szovjet Kultúra és Tudomány Házával két éve kötött szocialista szerződést, majd ajándékot nyújtott át a Ház vezetőjének.

V. I. Otyeretyin, a kereskedelmi kirendeltség vezetője beszéde során megemlítette, hogy a BHG jelentős mennyiségben szállít automata telefonközpontokat, melyek a Szovjetunió különböző vidékein biztosítják a telefonösszeköttetést. A Telefongyárral kötött együttműködési szerződés alapján a gyár hírközlőberendezést szállít az olaj- és gázvezetékek számára, valamint számítógépekhez szükséges egyéb berendezéseket.

Gumbinger József, a Telefongyár pártbizottságának titkára elmondta, hogy az utóbbi tíz év alatt több mint négyszeresére növekedett a Szovjetunióba szállított telefongyári termékek mennyisége.

*

IRÁNY: KUVAIT!

Két éve a kuvaiti Posta nemzetközi pályázatot írt ki egy 196 kilométeres szakasz kábelszállítási és szerelési munkáira. A múlt év elején tartott versenytárgyaláson a Telefongyár nem is az eredeti egy, hanem két kábelfektetési munkára kapott megbízatást, sőt azóta már egy harmadikra is lehetőség látszik.

A Telefongyár mint fővállalkozó vesz részt ezeken a munkálatokon. A több millió dolláros üzletben a

Telefongyár partnerei: a Budavox, a Magyar Posta és az alépitmény elkészítésében egy kuvaiti vállalat. A vonalszakaszhoz a kábelt a Magyar Kábel Művek biztosítja.

A feladat megoldásához új kötéstechológiát dolgoztak ki a Telefongyár szakemberei. Ez jelentős, mintegy 120 ezer dolláros import beszerzését helyettesíti hazai anyaggal. A szereléshez szükséges mintegy 200 műszer már a helyszínen van. Automatikus mérőrendszert alkalmaznak, amely nemcsak megbízhatóbb és pontosabb, hanem a mérési időt is negyedére csökkenti.

*

SZÁMÍTÓGÉPES RENDSZEREK KIÁLLÍTÁSA

„Software '84” címmel rendeztek kiállítást november második hetében a Duna Intercontinental Szálló első emeletén. A kiállítás, amelyen 28 vállalat, illetve intézmény képviseltette magát — köztük a magyar híradástechnikai ipar gyárai — eltért a szokványos számítástechnikai kiállításoktól. Itt ugyanis nem általában a számítógép alkalmazása a termelésben volt a téma, hanem többnyire áruként kifejlesztett szoftvert mutattak be a kiállítók.

A kiállítást az elsősorban szoftver-árutermelet folytató COMPORGRAN rendszerház rendezte, amely a Gastrobus, eredményérdekeltségű vendéglátó üzletek elszámoló, nyilvántartó és információs programcsomagjával szerepelt e nagyszabású bemutaton.

A Telefongyár a TAP—34 berendezést mutatta be. Demonstrációs programja a terminál felépítését a részegységek áraival együtt ismertette. Programtermékként ajánlotta Basic a interpretert, a 8080 Assembly nyelvű fejlesztői programcsomagot, s a szintén e nyelvű szubrutinokat.

De a TAP—34 intelligens terminál egyéb intézmények bemutatóin is szerepelt. Így a Struktúra Szervezési Vállalat műveleti időnorma és technológiai adattároló programokat mutatott be többek között TAP—34 intelligens terminálon, ugyanígy a DATORG Külkereskedelmi Adatfeldolgozó és Szervező Rt. információrendszer demonstrált a kiállításon a Telefongyár termékén.

Jövőben kétévenként szeretnének ilyen jellegű kiállítást megrendezni, hogy a gyártók és a felhasználók közt jobb tájékozódást és kapcsolatot építhessenek ki.

Vevőkészülékek gyártása és fejlesztése az Orionban

KOVÁCS LÁSZLÓ
Orion



ÖSSZEFOGLALÁS

Az 1913-ban alapított Magyar Wolfram Lámpagyár a jelenlegi Orion gyár jogelődje, korán felmérte a rádiózásban rejlő hatalmas lehetőségeket.

Így elsőként kezdte meg rádiókészülékek gyártását, majd rövid néhány év alatt Európa legnagyobb rádió exportőrévé vált.

A II. világháború után az ország ellátása vált fő feladatává. Több más típus mellett mintegy 300 ezer db néprádiót gyártott le.

A tv-készülékek tömeggyártását is az Orion indította el Magyarországon, és a magasabb műszaki igényességű mikrohullámú gyártás felvételével a rádiókészülékek gyártását beszüntette.

Ma ez a három profil képezi az Orion három arcát, aminek kialakulásához az Orion kiemelkedő tervező és vezető egyéniségei játszottak nagy szerepet. (*)

1. Rádiózás kezdete hazánkban

Az Orion készülékek Magyarországon és a világban

A rendszeres műsorszórást Magyarországon 1925-ben indította el a Magyar Posta, az első 2 kW-os csepeli adóállomásról.

1913-ban alapított Magyar Wolfram Lámpagyár vezetése 70 évvel ezelőtt rövid időn belül észrevette a rádiózásban rejlő hatalmas lehetőségeket és 1925-ben megkezdte a rádiókészülékek és alkatrészeik fejlesztését, majd 1926-ban a gyártását. Ettől kezdve a magyar híradástechnika fejlődése összeforrt a vállalat fejlődésével. Ekkor vette fel az üzem az Orion nevet. Az első Orion rádió detektoros fülhallgatós készülék volt.

Az elkövetkező 17 évben nagy fejlődésen ment át a gyár. A rádiókészülékeket nagy sorozatban, szalagon állította elő. 1939–40-re elérte a termelés az évi 50 000 darabot.

Európa egyik jelentős rádió exportőrévé vált. 1942-ben már az Orion gyártásának közel 40%-át exportálta. Nemcsak Európa, hanem gyakorlatilag a világ minden tájára eljutottak az Orion készülékek. Már akkor is a legfőbb törekvés a jó minőség elérése volt.

Jellemző például, hogy két évvel ezelőtt Argentínából keresett fel bennünket egy üzletember és színes tv-készülékeket kívánt vásárolni. Mikor kérdeztük tőle, hogy miért esett ránk a választása, azt felelte: „Ő 1935-ben vásárolt nagyobb mennyiségű rádiókészüléket az Oriontól és annak a minőségével annyira meg volt elégedve, hogy ezért jött most is hozzánk. Azóta több ezer db színes tv és több ezer kilométert behálózó mikrohullámú berendezés terjeszti jó hírünket Dél-Amerikában.

Az Orion rádiók legfőbb piacai voltak: Németország, Svédország, Norvégia, Finnország, Lengyelország, Svájc, Belgium, Törökország, Jugoszlávia, Csehszlovákia, Románia, Egyiptom, Dél-Amerika.

Beérkezett: 1983. XI. 24.

KOVÁCS LÁSZLÓ

Középiskolai tanulmányait a Kandó Kálmán Híradásipari Technikumban végezte. Ez az iskola meghatározó lett egész további pályája szempontjából. A középiskola után a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Karán folytatta tanulmányait, melyet 1958-ban sikeresen végzett el. Közel egy évig az Egyesült Izzó fejlesztési

főosztályán, majd 1959-től jelenlegi munkahelyén, az Orion Rádió- és Villamossági Vállalatnál dolgozik, ahol üzemmérnökként kezdte munkáját. Az Orionban töltött 24 éves munkaviszony alatt különböző beosztásokban dolgozott: meo-vezetőként, technológusként, a műszer osztály vezetőjeként, mef-vezetőként, végül 1978 óta a vállalat műszaki igazgatója.

A háború után vállalatunk az elsők között indította el a gyártást a szovjet hadsereg, ill. a Szovjetuniótól kapott megrendelések segítségével. A legfőbb cél volt, hogy az ország lakosságához olcsón és gyorsan juttassuk el a demokratikus rádió adásait.

Ismét megindítottuk a közkedvelt „néprádiók” gyártását és 1954-ig összesen több mint 300 000 db-ot gyártottunk le. Óriási jelentősége volt ennek abban az időben. Az ország villamosításával egyidőben így nyílt lehetőség, hogy több százezer magyar családnál először Orion rádió szolgált meg a Kossuth adó.

A vállalat fejlesztő gárdája közben az új típusok sorozatát hozta létre. 1963-ig összesen 223 típust fejlesztettünk ki és vettünk gyártásba. Utolsóként az AR 612 Pacsirtát.

Központi intézkedésre a 60-as években profilmódosításra került sor. Ennek során az Orion abbahagyta a rádiógyártást. Nehéz időszak következett be az Orion életében, mivel a fejlesztés személyi állományának jelentős részét is át kellett adni.

Nem voltunk akkor túl vidámak, de a megmaradt kollektíva, főleg fiatal műszakiak Orionos szívvel elhatározták, hogy nem hagyják ezt a nagy múltú vállalatot. De erről a tv-gyártás során bővebben.

2. Tv-készülékek tömeggyártásának megindítása

— Talán a régi vevők is emlékeznek még, a jelenlevő középkorú szakemberek biztosan, arra a kisfilmre, hogy „Ahol víz, ott élet”. Ez volt a magyar tv-adás egyik legnagyobb sikerfilmje, azt hiszem, azóta sem ért meg egy film sem ekkora sikert. Sokat néztük mi is a gyárban a készülékek fejlesztésére.

tése, beállítása, ellenőrzése során. Az Orion gyár a tv-készülékek fejlesztését már a kísérleti adások előtt megkezdte és 1955–56-ban már megindította az első magyar tv-készülék az AT 501-es sorozatgyártását. Gyakorlatilag import és beruházás nélkül. Az ország legjobb képességű fiataljai tolongtak a műszaki egyetemen felvételért. Sokszoros túljelentkezés volt. A vállalatok vizsgáztatták a végzősöket és abból is a legjobbak kerülhettek be a nagynevű cégekhez.

Sajnos, ma már az életszínvonal sokkal magasabb fokán, az erkölcsi és anyagi megbecsülés hiánya miatt a szakma szerelmesein kívül csak a meglehetősen közepes képességűek mennek a műszaki pályákra.

De térjünk vissza az ötvenes-hatvanas évekhez! Magunk állítottuk elő a konstrukciót, ugyanúgy, mint a gyártó szerszámokat, a gyártáshoz szükséges műszereket, a vállalat fiatal mérnökei fejlesztették ki ugyancsak a vállalat első műadóját, a nagyfrekvenciás és a nagyfeszültségű technika biztonságos technológia kezeléséhez szükséges műszereket, generátorokat és minőségvizsgáló berendezéseket.

Nagyon lelkes és tehetséges műszaki gárda gyűlt össze Egri Imre főmérnök keménykezű, hozzáértő vezetése mellett.

Megindult az Orion tv-készülékek nagytömegű előállítás. Rövidesen követik az elsőt a további típusok, az AT 501 L, ami már 12 csatornás dobváltós kivitel, az AT 401, és AT 402-es kivitel, amikből több mint 100 000 db-ot exportáltunk az NDK-ba és más országokba. Az AT 601, 602, 603-as és az AT 611-es típussal a tv-gyártásban is eljutunk a mindent tudó, mindenféle automatikákkal felszerelt csúcscsuperekhez.

Ekkor jön a nagy felismerés, nem nagyon komplikált készülék kell, hanem olyan, aminek a képehangja kiváló minőségű és minél egyszerűbb, hogy a megbízhatósága nagy legyen!

Ne felejtsük el, még a csöves korszakban vagyunk, minden újabb cső, újabb hibalehetőség. Családot kell fejleszteni nagy megbízhatóságúra és azt kell esztétikailag variálni.

Ekkor jön létre a nagyszerű AT 403-as **TISZA**, AT 505 **DUNA** és a család csúcsa az AT 550-es **DELTA** készülék. Ez a nagy sorozatok korszaka. Csak a **DELTA**-ból közel félmillió darabot gyártottunk.

Ennél a családnál 40%-kal csökkent a csövek száma a korábbiakhoz képest. Rájöttünk, hogy a „Tóth kalap” alakú KF görbe kell a jó képhez, nem szögletes. A jó futási idő korrekció fontosabb, mint az „A” görbe imádata.

Rájöttünk, hogy a sorkimenő nagyfeszültségű tekercsét soronként kell szigetelni és nem kereszttekercselni: megszűnik a televíziók „KUTYA”-baja a sortrafólegés.

Ezeknek az eredményeknek elérésében döntő szerepük van a vállalat nagy tervező és vezető egyéniségeinek.

Laszip Sándor vezeti a Tv Fejlesztést, Európa-hírű konstruktor az első magyar nyelvű tv szakönyvek szerzője.

Sebők János az új sorkimenő megalkotója, Ivánsz-

ki és Nemes kollégákkal a 601–602–603-as család konstruktöre. Több kiváló kollégával együtt 1963 óta a Videoton fejlesztői.

Simon József a DELTA család vezető konstruktöre. Köteles Zoltán, aki az egész gyár elektromos technológiáját irányítja ebben a történelmi időben.

Az 1963-as sokk után újjá kell a műszaki gárdát szervezni. Simon József veszi át a főkonstruktori posztot és egy teljes generációváltás következik be.

A Tv Fejlesztést Szász Gerő veszi át és olyan tehetségek nőnek ki a keze alatt, mint Pálfalvi Jenő, Pethes István, Kecskés Ferenc, akik a mai színes tévénézés és a Hi-Fi technika országosan elismert szakteknintélyei.

Természetesen a fejlődés a vállalat egész kollektívájának lelkes munkájaként jött létre.

Felismertük, egy út van csak a fennmaradáshoz, a lakossági igények kielégítése mellett a konvertibilis valutáért az export növelése.

Várkonyi Gyuri bácsi megszerezte az „Üzletet”. Az osztrák Kapsch céggel szerződünk és közös konstrukciójú készülékből gyártottunk részükre több tízezer darabot. Fokozzuk a közel-keleti exportot.

Köteles Zoltán lesz közben a műszaki igazgató. A vállalkozási kedv új lendületet kap. Színes tv-t kell gyártani! A fejlesztés már évek óta folyik több típusból, néhány száz gép elkészült már, de igazán modern gépet nem lehet kihozni, mert nincs hozzá képcső.

Várkonyi Gyuri bácsi létrehozza élete utolsó nagy üzletét. A vállalat műszaki apparátusa megkapja a házi feladatot: az *ITT SEL* részére meg kell szervezni 9 hónapon belül az igényes nyugatnémet piacon forgalomba hozandó modern színes tv gyártásbavételét.

A vállalati feladatot teljesítjük. Az első 4000 db készüléket eredeti német konstrukcióban gyártottuk le, a további több mint 20 000 db-ot már Orion saját konstrukcióban, melyekben az Orion vezető konstruktöreinek, Szász Gerőnek és Pálfalvi Jenőnek szabadalmát, a *PAL-SECAM* dekódert is megvették.

Ez az üzlet ismét nagy-nagy tanulság volt. Egy vállalat kollektívája csodákra képes, ha jó a vezető és jó a cél! Megtanultuk, hogy minőséget csak úgy lehet csinálni – szándékosan mondom ezzel a csúnya szóval –, mert igen is csinálni kell, ha az egész gyár teljes keresztmetszetében egyformán fontosnak tartják és a beérkező áru kontrolljától az alkatrészgyártás, szerelvénygyártás, a készáruszerelés, mérés és vizsgálat során egyforma szigorral alkalmazott minősítési rendszert vezetünk be.

Jelenleg évi 35 ezer db modern, teljesen félvezetős 80–120 W fogyasztású, táv szabályozott vagy nélküli legmodernebb In-Line képcsővel szerelt színes készüléket gyártunk a belföldi piacra.

Minőségünkre jellemző: Minden Orion színes tv-re három év garanciát vállalunk! (A garancia a képcsőre is vonatkozik!)

4. Orion hármasköveteleménye

Minőség. Megbízhatóság. Korszerűség.

Egy termék élete az Orionban szigorúan megszabott rend szerint folyik le. A konstrukció alapelve: kor-

szerű készüléket kell létrehozni, ami a szolgáltatás minőségét világszínvonalon biztosítja, maximális mértékben hazai és demokratikus alkatrész bázis felhasználásával.

A prototípus elkészül, megkapják bírálatra:

- gyártás,
- a meo,
- a technológia,
- a kereskedelmi osztály.

Az észrevételeket a fejlesztés figyelembe veszi és megjelenik a nullszéria dokumentáció.

- Viszonylag nagy darabszámú nullszériát gyártunk, legalább 100 darabot,
- ezeket tartósan égetjük, 1000–2000 órát,
- az égetett és a próbahasználatra kiadott gépeket értékeljük, és az összes észrevételre azonnal intézkedünk.

Így: – azonnal módosítunk,
– módosítunk meghatározott darabszámú próba után,
– nem vesszük figyelembe az észrevételt.

- Módosított dokumentáció, szerszámozás stb. után indul a gyártás. A gyártás során minden gép legalább 24 órát ég. (A termelés 5%-a 200 órát, míg 1%-a 1000 órát.) Az élettartam görbét folyamatosan vezetjük.

- A meo végellenőrzéshez érkezett gépeknél talált hibákat naponta tételesen értékeli egy szakértő gárda, melynek tagja:

- üzemmérnökség,
- meo,
- fejlesztés,
- technológia.

Minden hibát ki kell vizsgálni és egyedileg intézkedni az elhárítására.

A vizsgálat módszere:

- a hibát melyik munkahelyen követték el?
- jó-e a világítás?
- jó-e a szerszám?
- megfelelő-e a munkahely minden szempontból?
- műveletterv ott van-e a dolgozónál?
- a szerint végzi-e a munkát a dolgozó?
- jó-e a műveletterv?
- utoljára: alkalmas-e a dolgozó erre a munkára?

Így biztosítható az AQL 2,5 és a 3 év garancia.

5. Ahogy a tv-jel eljut az adókhöz

Az Orion az évek folyamán új profilokat is felvett. Így 1963 óta gyártunk mikrohullámú berendezéseket, telefon és tv-átvitel céljára. Nem témája a mai előadásnak, de annyit meg kell említeni, hogy Orion mikrohullámú berendezéseken jut el a jel a tv-stúdióktól az adóberendezésig a Szovjetunió, Csehszlovákia és Magyarország számos területén, így például a taliándörögdi műholdkövető állomást is Orion berendezések kötik össze a tv-adóval.

6. Hi-Fi is kell a magyar hallgatóknak

Az új mechanizmus eltörölte a profilrendeletet és a korábbi döntéseket. 1981-ben felülvizsgáltuk gyártmánystruktúránkat és a piaci igényeket és úgy döntöttünk, hogy elérkezett az idő, hogy az Orion ismét megjelenjen a kifejezetten igényes rádió- és audio-technika piacán.

Azért döntöttünk a Hi-Fi házistúdiók kifejlesztése mellett, mert a magyar piacon ez teljes hiánycikk volt és a vállalat három profiljának magas képzettségű szakgárdája megadta a lehetőségét egy igazán magas műszaki színvonalú termék kifejlesztésének.

A fejlesztést teljesen szokatlanul indítottuk: összehívtuk a három profil vezető konstruktőreit, a műszerosztály, a technológia és a meo vezető mérnökeiket. Feltettük a kérdést, egyetértenek-e a céllal és ki hajlandó részt venni a munkában saját munkája mellett teamekbe szervezve.

A lelkesedés megmutatta, hogy a céllal egyetértnek és a lelkesedés ma is megvan az emberekben. A fejlesztést elindítottuk, vezetésével Pethes István fejlesztő mérnököt bíztuk meg. 1982-ben indítottuk a sorozatgyártást. Műkorcsolyázó szakkifejezéssel: a „kürünk” kivitelére kaptunk némi kritikát, de a „tartalom” elsőprő sikert aratott.

7. Terveinkről röviden

Tv-készülékeknél

A szolgáltatásokat kell növelni, elsősorban a fekete-fehér és színes tv-nél egyaránt.

Így:

- távvezérlés,
- rádiós tv,
- sztereó hang a tv-ben, illetve
- kétnyelvű tv-vétel lehetősége,
- Teletext (még az idén megjelenik a boltokban is!),
- szintézeres csatornaválasztás,
- villogás mentesítés,
- hordozható színes tv.

Megbízhatóságot tovább kell növelni!

Az alkatrész bázis javulása, a félvezetősítés, a mikroelektronika és a saját gyártási technológiánk, ha úgy tetszik, kultúránk ma már lehetővé teszi, hogy a fejlesztési célt módosítsuk:

Nem könnyen javítható tv-t kell gyártani, hanem olyat, amelyik nem hibásodik meg!

Az Orion az AT 961 készüléknél vezette be a modulós tv konstrukciót. A modul tv előnye, hogy a műszerész a helyszíni javítást nagyon gyorsan, a helyszínen modulcserével végezheti el. Ez igaz is, amíg 1-2 tv-típus van forgalomban, de később egy teherautónyi modult kellene szegény műszerésznek magával vinnie. A műszerész visszatér a helyszíni javításhoz!

A fejlesztés iránya a *MONOCHASSIS*. Nagy megbízhatóságú alkatrészek, túlméretezés, fogyasztás-csökkentés, így disszipáció csökkentés és új nagymegbízhatóságú technológiák bevezetése, például: az Orion 1983 IV. negyedévében vezette be a fóliateker-

cses számítógép vezérelt transzformátor gyártást sor-
kimenő és tápegység transzformátorokra egyaránt!

— Nagyon fontos cél a fogyasztás további csök-
kentése, hiszen a meleg a legfőbb ellensége a
hosszú élettartamnak.

Már laborasztalon működik a 45 W fogyasztású,
67 cm-es képcsövű színes televízió!

8. Videózás

Kétségtelenül a következő 3-4 év legnagyobb kér-
dése, meg tudunk-e birkózni a hazai videómagnó,
illetve videó-lemezjátszó gyártás feladatával.

Sajnos, az ma már látható, hogy a video berende-
zések is megkapták a számoló-, majd a számítógépek
után a sajátos magyar VÁM betegséget.

A videó magnókat is a valós ár többszörösén érté-
kelik, ezáltal busás haszonhoz jutnak az ügyeskedők.

Sajnos, már a „hivatalos” kereskedelem is átveszi
ezt az „ügyes” módszert és a normál import útján
behozott magnókat is 80–100–120 eFt-os áron
ígérik, teljesen indokolatlanul, hiszen valós áruk egy
színes tv-készülék árának felel meg világszerte.

A legtöbb ország jelentős anyagi áldozatokat vál-
lalva igyekszik terjeszteni az elektronika felhaszná-
lását az oktatásban, mezőgazdaságban, iparban a
különböző videorendszerek létrehozásával.

Nálunk ezzel szemben számtalan akadályt gördí-
tünk terjedésének.

A kihívás megtörtént, kérdés, az ipar tud-e vála-
szolni rá.

9. „Tornyok” — „hangfalak”

Ma már jelentős választék van a belföldi piacon
Hi-Fi tornyokból és hangfalakból egyaránt. A két

magyar gyártón kívül a lengyel ipar is letette név-
jegyét a Mini-tornyával.

Az Orion a nagy torony mellett ez év végén bo-
csátja ki a minitoronyát. Hangfal programunk is
bővül két újabb kisméretű 9 literes konstrukcióval,
de változatlanul kaphatók a nagyszerű HS 280,
HS 501, HS 700-as típusok.

A népszerű SE 1015-ös erősítőt jövőre kiváltja a
minitorony erősítője.

Megjelenünk jövőre a *Mini-RECEIVER* és *CAS-
SIEVER* kivitelével is.

10. Egészséges konkurrencia, korrekt és ésszerű együttműködéssel

Régi hazai versenytársunk a Videoton. Meggyőződé-
sünk, hogy az új mechanizmus óta létrejött egészsé-
ges versenyen mindkét gyár nyert, felgyorsult a fej-
lődés, modernebbek s olcsóbbak lettek termékeink,
javult készülékeink minősége és exportképessége.

Legtöbbet a vásárló közönség nyert ezen a verse-
nyen, amit a választékon, a minőség jelentős javulá-
sán, a garanciális idő növekedésén is le lehet
mérni.

A két vállalat között korrekt együttműködés ala-
kul ki, kölcsönös alkatrészzállításokra.

Mi nagy mennyiségben használunk fel potmétere-
ket és komplett memóriaegységet a Videotontól, és
éppen az elmúlt hónapban állapotunk meg abban,
hogy mi pedig ellátjuk őket a fóliatranszformátorok-
kal.

Törekvésünk az, hogy az alkatrészyártásban egyre
szélesebb körben osszuk meg a feladatokat és egymás
korszerű, nagy sorozatban gyártható alkatrészeit köl-
csönösen alkalmazzuk saját konstrukcióinkban.

RELECTRONIC '85

6. MEGBÍZHATÓSÁG AZ ELEKTRONIKÁBAN SZIMPÓZIUM

A 6. Megbízhatóság az elektronikában nemzetközi
részvételi szimpóziумot 1985. augusztus 26. és 30.
között rendez meg a Híradástechnikai Tudományos
Egyesület, a Bolyai János Matematikai Társulat, az
Optikai, Akusztikai és Filmtechnikai Egyesület, a
Közlekedéstudományi Egyesület, a Magyar Tudomá-
nyos Akadémia műszaki osztályának védnöksége
alatt.

Az előző szimpóziумokon (1964, 1968, 1973, 1977
és 1982) a szakterület számos kiváló képviselője vett
részét és tartott előadást mind hazánkból, mind kül-
földről.

Az előadások

- Software megbízhatóság
- Megbízhatóság-előrejelzés, adatgyűjtés és igazolás
- Elektronikai alkatrészek, ezen belül különöské-
ppen az LSI, VLSI, hibrid integrált áramkörök és
más igen bonyolult áramkörök megbízhatósága
(számítás, mérés, vizsgálati módszerek és beren-
dezések)
- Szűrési módszerek

- Bonyolult rendszerek karbantartás-tervezése
(üzemi megbízhatóság, karbantarthatóság, kar-
bantartás-szervezés)
- Szolgáltatások használhatósága (előírások)
- Életciklusköltségek

Az előadások időtartama 20 perc. Poszter-előadások
megtartását is tervezzük. Kerekasztal-megbeszélést
szervezzük a legfontosabb témakörökben.

Ha a szimpóziумon előadást kíván tartani, vagy
további tájékoztatást kér, a HTE Titkárság (T.:
531-027) készséggel ad felvilágosítást.

Előadásra való jelentkezés határideje: 1984. szept-
ember 15.

Az előadások elfogadásáról a szervező bizottság
1984. november 30-ig értesíti a jelentkezőket.

A szimpóziум hivatalos nyelve: angol—oros—
magyar. Tolmácsolást biztosítunk. Az előadások így
magyar nyelven is tarthatók, azonban a szimpóziум
kiadványában az előadás szövege vagy angol, vagy
oros nyelven jelenik meg. Ezért kérjük a jelentkező-
ket, hogy előadásuk 500 szóból álló kivonatát és az
előadás elfogadása esetén annak teljes szövegét ma-
gyar és angol vagy orosz nyelven szíveskedjenek
megküldeni. Az előadás végleges szövegének *megkül-
dési határideje*: 1985. február 28.

A szimpóziум részvételi díjára vonatkozó tájékoz-
tatást az „Első értesítő”-ben közöljük 1984. II. fél-
évében.

A RELECTRONIC '85
SZERVEZŐ BIZOTTSÁGA

Korszerű, pirografittal bevont rácsú adócsövek gyártástechnológiája

CSERHALMI TIBOR

Egyesült Izzó



ÖSSZEFOGLALÁS

Korszerű, nagy teljesítményű adó- és generátorcsövek egyik legjobban igénybe vett, a cső működése szempontjából legkritikusabb alkatrésze a rács. Minél nagyobb frekvenciákra készül egy adócső, annál kisebbeknek kell lenniük a távolságoknak a rács és az elektródák között. Nő a rács hőterhelése. A rács hőterhelése körülbelül arányosan növekszik a cső teljesítményével is. Ezért a rács anyagának egyrészt jó hővezető-képességűnek, másrészt nagy sugárzási együtthatójúnak kell lennie. A megnövekedett hőmérsékleten is kevés primer és szekunder elektront szabad csak emittálniuk. A fémrácsokat a felület lesugárzási és primer-, valamint szekunderemissziós tulajdonságainak javítására pirografitréteggel vontuk be. Vizsgáltuk a pirolízis körülményeinek, különböző közbenső rétegek alkalmazásának hatását a kialakult bevonat szerkezetére, mechanikai, fizikai és elektrofizikai tulajdonságaira. Kísérleti eredményeink alapján kidolgoztunk egy gyártástechnológiát, melynek alapján kiválóan alacsony rácsmissziójú csöveket tudunk előállítani. (Δ)

I. Bevezetés

Korszerű, nagy teljesítményű adó- és generátorcsövek egyik legjobban igénybe vett, a cső működése szempontjából legkritikusabb alkatrésze a rács. Minél nagyobb frekvenciákra készül egy cső, annál kisebbnek kell lenniük a távolságoknak a rács és az elektródák között. Nő a rács hőterhelése. A rács hőterhelése körülbelül arányosan növekszik a cső teljesítményével is. Ezért a rács anyagának egyrészt jó hővezető-képességűnek, másrészt nagy sugárzási együtthatójúnak kell lennie. A megnövekedett hőmérsékleten is kevés primer és szekunder elektront szabad csak emittálniuk. A fémrácsokat — melyek legtöbbször molibdén huzalból készülnek, mi a kísérleteknél mindig ezt használtuk — a felület lesugárzási és primer-, valamint szekunderemissziós tulajdonságainak javítására különböző bevonatokkal látják el. Bevonatként nagy kilépési munkájú arany-, platina vagy cirkonbevonatot, különböző fémkarbidokat használnak. A legújabb kutatások eredményeként jó eredménnyel alkalmaznak grafit rácsbevonatot (1).

A grafit minden szempontból ideális anyag. Kilépési munkája nagy, szekunderemissziója kb. fele a fémekének, sugárzási együtthatója kb. kétszerese a fémekre jellemző értéknek. Szublimációs hőmérséklete kb. 3600 K° , gőznyomása 2000 K° körül kb. $2 \cdot 10^{-5}\text{ Pa}$ az egyik legkisebb a vákuumtechnikában használt anyagok hasonló adatai között. Kémiai és mechanikai stabilitása szintén kiváló ezeken a hőmérsékleteken is. Elektromos és termikus vezetési tulajdonságai 2000 K° környékén a fémekéhez hasonlóak és a hőmérséklettel csak kis mértékben változnak a hőtágulási együtthatóval együtt.

Még jobb adatokat kapunk akkor, ha nem a polikristályos grafit (elektrografit), hanem a grafit egy-

CSERHALMI TIBOR

1963-ban szerzett vegyész-mérnöki diplomát a Veszprémi Vegyipari Egyetemen. Az Egyesült Izzóban laborvezetői beosztásban műszaki fejlesztési tevékenységet folytat. Kutatási szakterületei közé tartoznak a vákuumelektronikai termékek, elsősorban elektron-

sugárcső gyártástechnológiák. Aktív tevékenységet folytat mind a fémkészítés, mind a lumineszkáló bevonatok előállítására terén. Jelenlegi pozíciójában a vákuumelektronikai termékekhez használt üveg, fém és kerámia szerkezeti elemek fejlesztési problémáinak megoldásával foglalkozik.

kristály megfelelő adatait vesszük figyelembe. Ennek oka a grafit jellegzetes kristályszerkezete, és az ebből következő erős anizotropia. Például a kilépési munka a hatszöges rácsíkokra merőlegesen nagyobb, mint velük párhuzamos irányban. Ugyanakkor az elektromos és hővezető-képesség több nagyságrenddel nagyobb a rácsíkok mentén, mint azokra merőlegesen.

Az ideális rácsbevonat tehát olyan grafitréteg, amely szerkezetére nézve egykristály, és hatszöges rácsíkjai a rács felületével párhuzamosak (2).

Felmerül az a kérdés: hogyan lehet olyan grafitréteget előállítani, amely legalábbis megközelíti az említett szerkezetet. A megfelelő módszer a pirolízis, amely az úgynevezett CVD (Chemical Vapour Deposition: gőzfázisból való kémiai lecsapódás) reakciók egy speciális fajtája. A CVD olyan kémiai reakciók gyűjtőneve, amely gázfázisú reagensek között játszódik le és az egyik termék egyensúlyi állapota a szilárd fázis a reakció hőmérsékletén. Ez a végtermék kicsapódik a reakciótér szilárd felületeire és ott bevonatot képez. Pirolízis esetén egyetlen reagensünk van, a reakció pedig ennek termikus bomlása. Pirolitikus szénréteg előállításához a kiinduló anyag valamely kis molekulásúlyú szénhidrogén pl. benzol. A bevonandó tárgyat magas hőmérsékletű vákuumtérbe tesszük, majd bevezetjük a gázfázisú szénhidrogént és a pirolízis során a tárgyon szénréteg képződik (3).

A keletkezett réteg kristályszerkezete és egyéb tulajdonságai erősen függenek a reakció paramétereitől, elsősorban a hőmérséklettől és pirolizált gáz nyomásától. Irodalmi adatok szerint kb. $10-10^3\text{ Pa}$ nyomásnál és $1000-2000\text{ K}^\circ$ közötti hőmérsékleten olyan grafitszerkezetű réteg képződik, amely közel egykristály, síkjai közel párhuzamosak a lecsapódási felülettel.

A pirolízisnél alkalmazott módszerünk az ún. „forró fal” eljárás volt. Ennek lényege, hogy a reakció-

Beérkezett: 1983. X. 28.

tér falát kívülről fűtjük, így az egész reakciótérben egyenletes hőmérséklet van. A megfelelő vákuum alatt álló, a pirolízis hőmérsékletére felfűtött reakciótérbe bevezetjük a pirolizálendő gázt, amely esetünkben benzolgőz. A kívánt ideig tartó pirolízis után a maradék gázokat elszívjuk, majd a reakciótérrel lehűtjük.

A pirolízishez használt berendezés egy REMIX által készített krakkoló kemence volt. Ennek legfontosabb része egy kb. 1,5 m hosszú vákuumzáró kerámicső, amely közepén kb. 2/3 hosszúságban fűtőtesttel és hőszigeteléssel van körülvéve, ez a reakciótér.

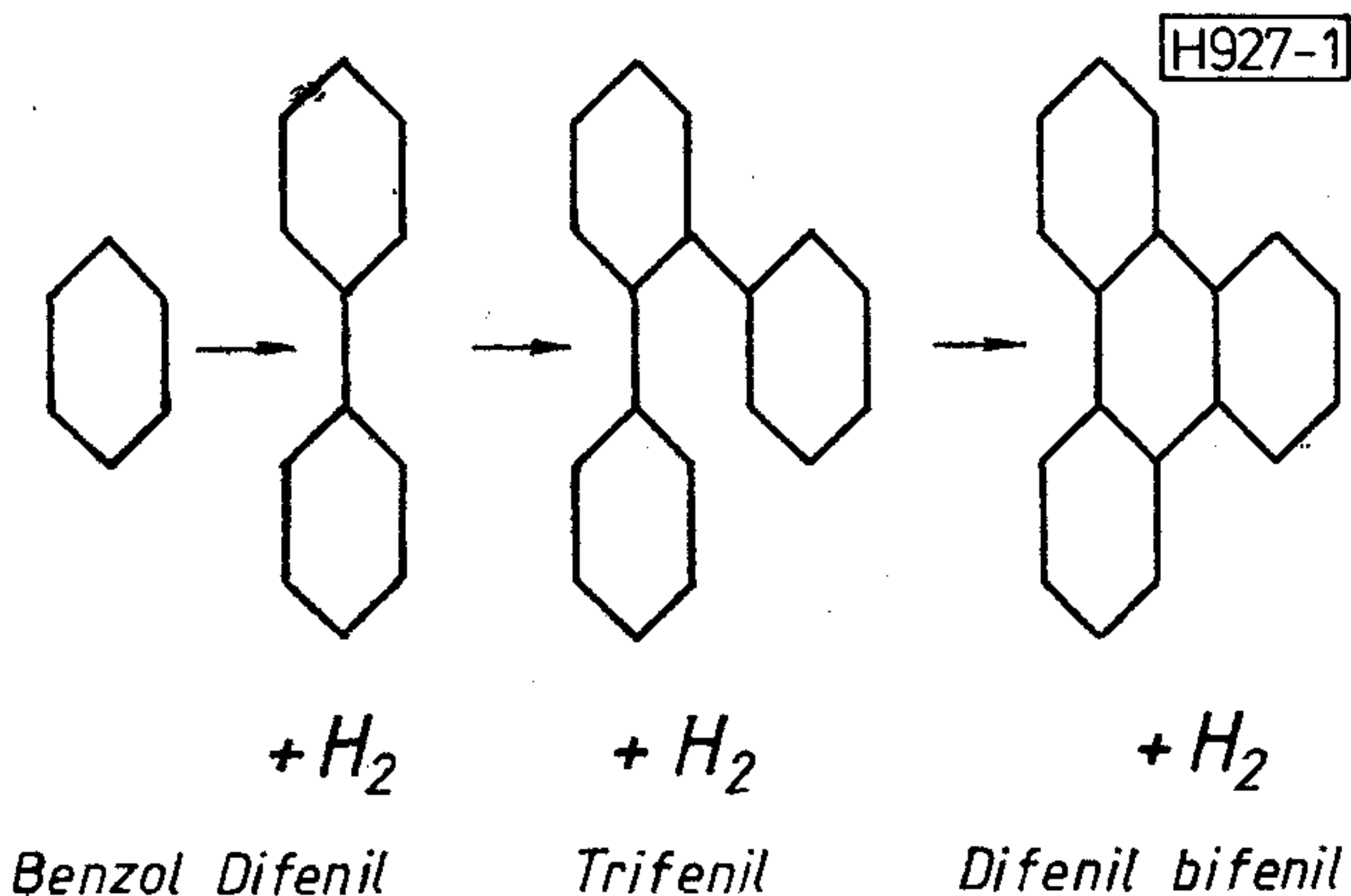
A cső két végét hőálló üveglap zárja el, mellettük egy-egy cső vezet a szivattyúhoz, illetve a benzolgőz bevezetéséhez. A vákuumot BP6 típusú forgószivattyú biztosítja. A berendezés csaprendszere olyan, hogy a reakciótér mindkét végén külön-külön és együttesen is szívható.

A benzolt tartalmazó tartály kapillárison keresztül csatlakoztatható a reakciótérhez, a benzolgőz mindkét végén bevezethető, így a benzolgőz áramlási iránya változtatható. A hőmérséklet fokozatkapcsolóval szabályozható, egy adott érték kb. ± 10 °C pontossággal tartható. A hőmérséklet az üveglapon keresztül pirométerrel mérhető. A benzolgőz nyomását a reakciótérben különböző átmérőjű kapillárisok alkalmazásával lehetett beállítani.

2. Pirolízis anyaga

Pirolizáló berendezésünk rendszerének megfelelően krakkolásra olyan szénhidrogén-féleségek jöhetnek számításba, melyeknek gőzteniója elég magas ahhoz, hogy a gőz bomlásából származó és az alaphuzalra lerakódó szénréteg egy elfogadható technológiai időn belül megfelelő vastagságot és szerkezetet érjen el. A szénkiválás sebességét alulról meghatározza az a tény, hogy a szén könnyen bediffundál az alapfémbe. Ha a kiválás sebessége összevethető a diffúzió sebességével nem alakul ki bevonat a felületen, mert az összes anyag bediffundál az alapfémbe. A kiválás sebességét felülről korlátozza az a tény, hogy az egyszerre nagy tömegben kiváló szén egy laza szerkezetű bevonatot eredményez.

A fentiek figyelembevételével benzol, n heptán, alacsony forráspontú tiszta benzinpárlatok — extra-



1. ábra. A benzolbomlás reakciómechanizmusa

háló benzin, petroléter — toluol, izooktán, metilciklohexán, esetleg ezek keveréke jöhet számításba.

Bármilyen szénhidrogénből indulunk ki a kiválás oka, hogy a bomlás során a gőzfázisban szénre nézve egy túltelített rendszer jön létre. A bevonat képződése alapvetően négy egymást követő folyamat lefolyásából áll (4).

1. Gyökös láncreakció, melynek során a kiindulási szénhidrogén gyökökre disszociál majd nagy molekulájú polivegyületekké kapcsolódik össze.
2. További hidrogénleszakadással kialakulnak a kristálymagcsírák, melyek már fizikai felülettel rendelkeznek és nagy a páratlan elektronkoncentrációjuk (szabad vegyérték).
3. A kristálycsírák növekedése a gőzfázisból nagy molekulák vagy molekularészek bekapcsolódásával egész addig, amíg annak felületén nem csökken jelentősen a szabad vegyérték koncentrációja.
4. Az agglomerátumoknak a lerakódása az alapfelületén és továbbnövekedésük.

A végső szerkezet kialakulása szempontjából mind-egyik lépcsőnek fontos szerepe van.

Kísérleteinket benzol hőbontásával végeztük. A benzol felhevítése során szénben egyre dúsuló vegyületekké alakul át, majd 750 °C felett teljes egészében szénre és hidrogénre bomlik szét. A reakció mechanizmusa a következő:

A kályha 750 °C alatti hőmérsékletű részén elsősorban a viszonylag stabil difenil keletkezik. Ez a kályha hideg részein halványsárga monoklin kristályok formájában rakódik le. A magasabb hőmérsékleten keletkező trifenil, trifenilbenzol, difenilbifenil képezik további dehidrogéneződéssel azokat a kristálymagcsírákat, amelyek növekedéséből a végső szerkezet kialakul.

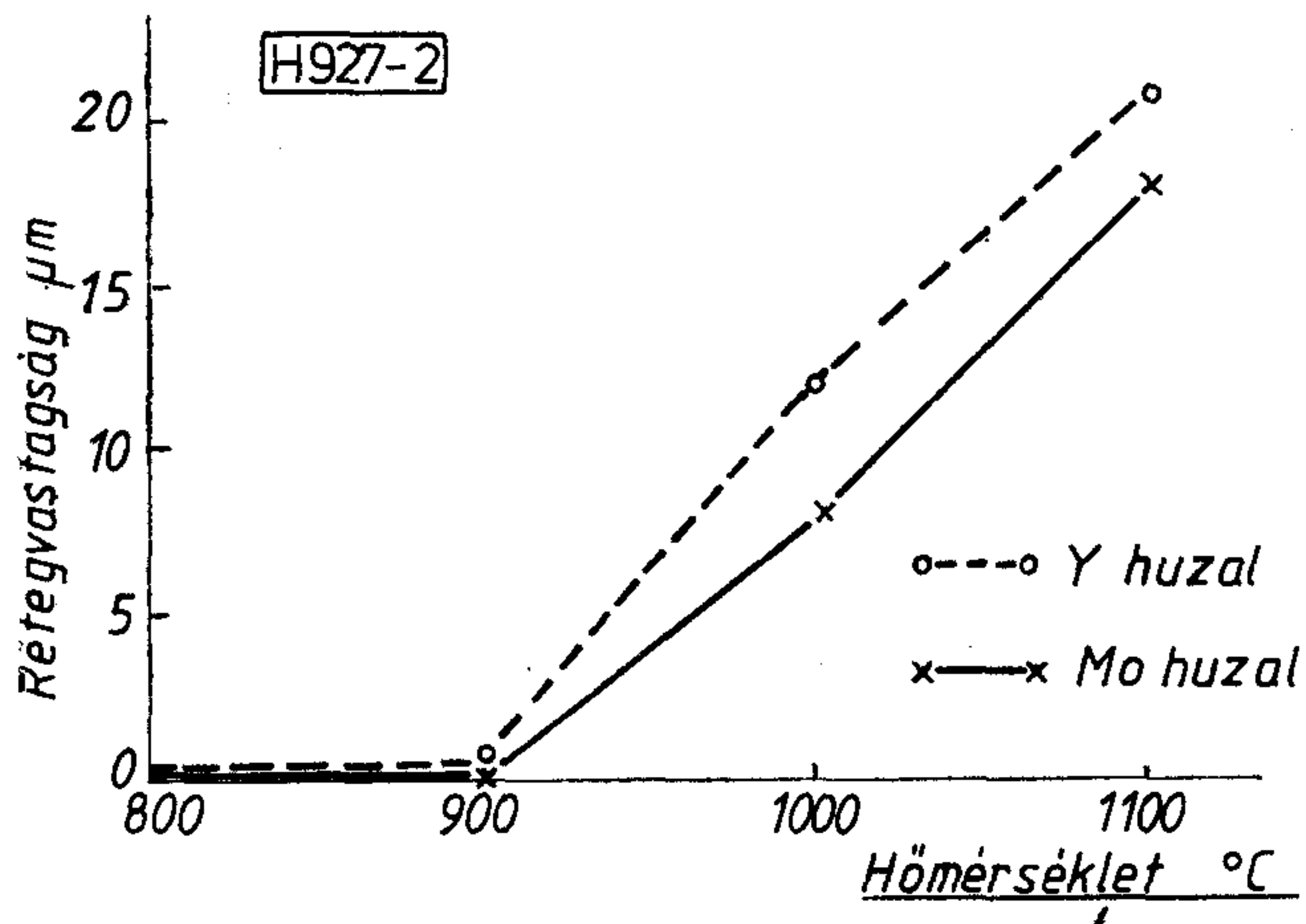
3. Pirolízis hőfokának hatása

Állandó gőznyomás — 333 Pa — és adott idő — 90 perc — mellett vizsgáltuk a kialakult réteg vastagságát, szerkezetét, felületi és fajlagos ellenállását, tapadását, a huzal törékenységet a hőmérséklet függvényében.

3.1. A pirolízis hőfokának hatása a kialakult rétegvastagságra

800—1100 °C között vizsgáltuk a kialakult rétegvastagságot a hőmérséklet függvényében (2. ábra). Az ábrából megállapítható, hogy 900 °C-ig a grafit kiválás nagyon lassú, csak egy igen vékony bevonat keletkezik. 900 °C felett meggyorsul a bevonatképződés és lineárisan növekszik a hőmérsékletnövekedéssel.

Ha megvizsgáljuk a szénkitermelés százalékát vagyis azt, hogy a kivált szén mennyisége az össz elpárolgott anyagban jelen levő szénhez képest mennyi, azt találjuk a fentiekhez hasonlóan (1. táblázat), hogy 800 °C hőmérsékleten a kiválás mértéke viszonylag kicsi, magasabb hőmérsékleten azonban gyorsan növekszik és 1100 °C-on 95%-ot ér el.



2. ábra. Rétegvastagság a hőfok függvényében

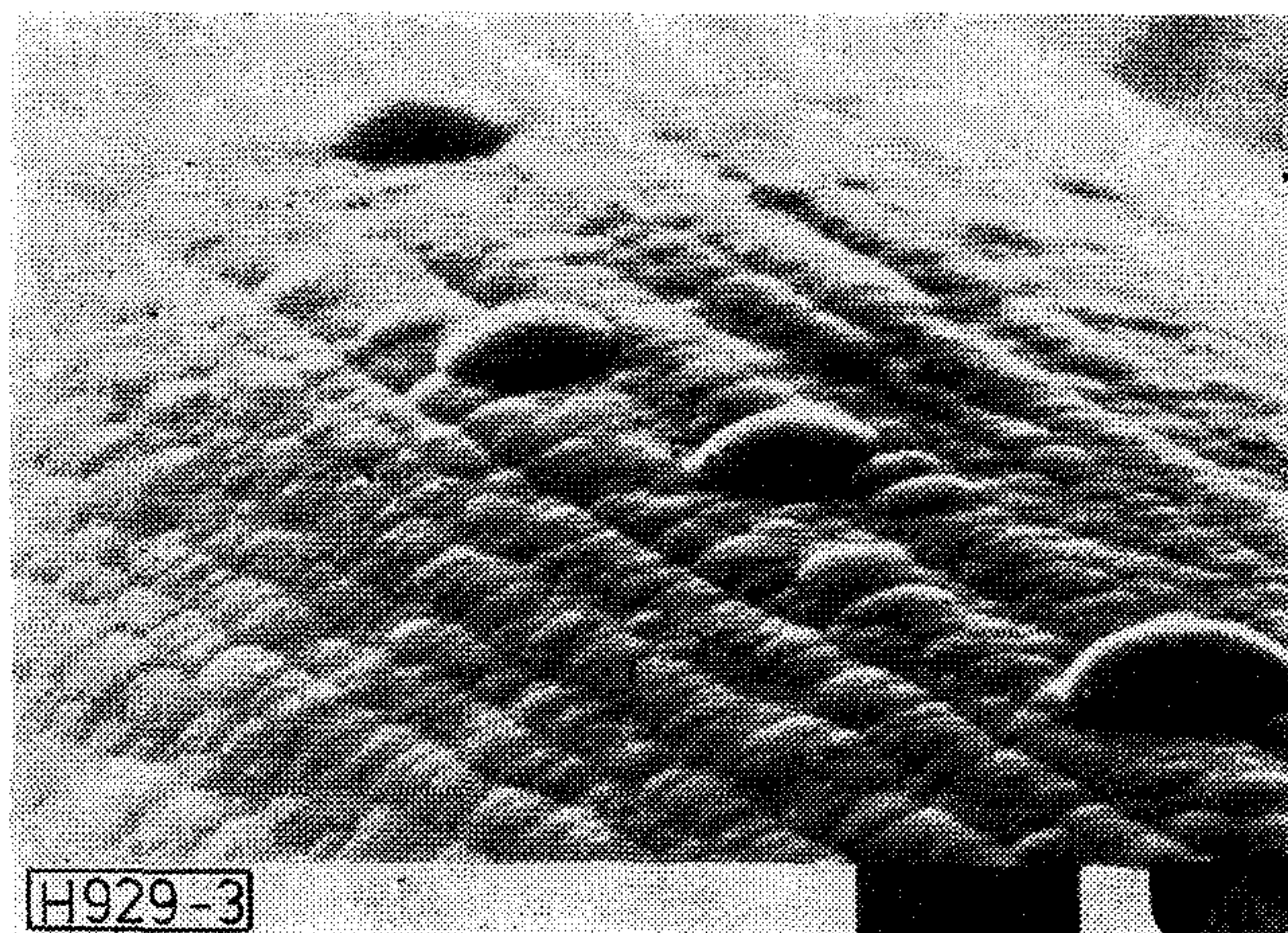
1. táblázat

A szénkiválás százaléka a hőfok függvényében

Pirolízis hőfoka (°C)	Elpárolgott benzol (ml)	Kivált szén (%)
800	7,0	0,3
900	7,4	0,6
1000	7,6	52,0
1100	8,4	95,0

3.2. A pirolízis hőfokának hatása a kialakult réteg szerkezetére

Az elektronmikroszkópos felvételek segítségével vizsgáltuk a kialakult réteg szerkezetét. A felvételekből az állapítható meg, hogy 800–900 °C-on csak egy nagyon vékony grafit bevonat keletkezik a felületen, inkább a felület átkarbidizálódásáról van szó. Az a karbidréteg jól tapad az alapfémhez, de rideg. A huzal deformációjakor erősen összeropedezik. A hőmérséklet növekedésekor egy vastagabb és tömörebb grafitréteg alakul ki a felületen (3–4. ábra). A felvételekből látható, hogy a keletkező kristálymagcsírák nem minden esetben rendelkeznek egyforma akciókörzettel. Ennek eredménye egy-egy kristály átlagtól eltérő növekedése. Az is látható, hogy a kialakult bevonat erősen követi az alapfém — esetünk-



3. ábra. 1000 °C-on kialakult réteg

ben a molibdén huzal — felületi egyenetlenségeit, huzalosságát.

3.3. Pirolízis hőfokának hatása a kialakult bevonat ellenállásának mértékére

A rács működése szempontjából nagyon lényeges, hogy a bevonat kis ellenállású, jó vezetőképességű legyen. A felületi ellenállás méréséhez egy 2,4 mm átmérőjű 25 mm hosszúságú kerámia rudaeskát használtunk. A bevonat négyzetes és fajlagos ellenállását a

$$R_{\square} = R \cdot \frac{s}{l},$$

illetve

$$\rho = \frac{R \cdot d \cdot s}{l}$$

összefüggésből számoltuk, ahol

R = a test ellenállása,

s = a rúd kerülete,

l = a rúd hosszúsága, amelyen az ellenállást mértük,

d = a rétegvastagság.

A mért, illetve számított értékeket a 2. számú táblázat tartalmazza.

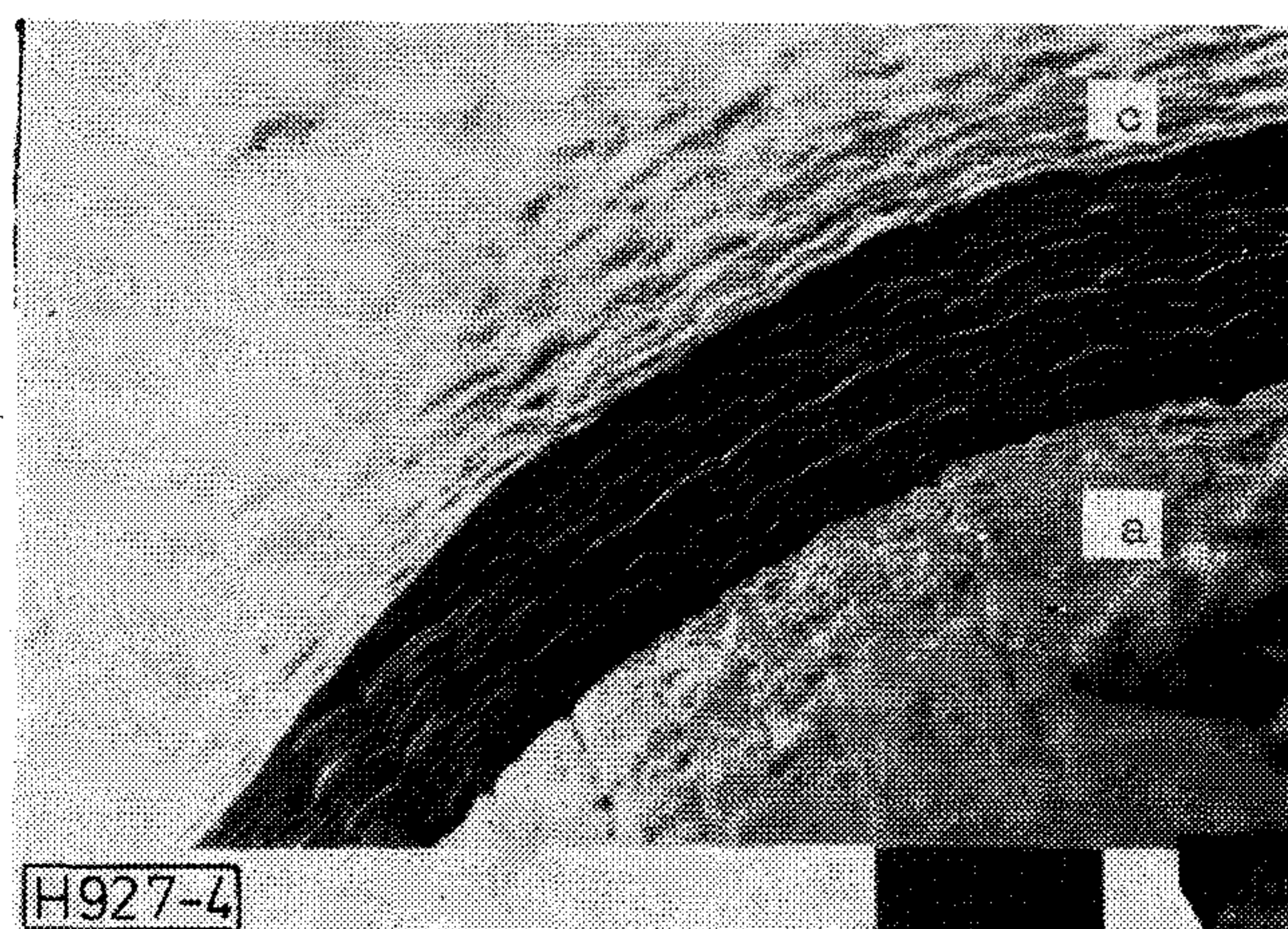
2. táblázat

Ellenállás a hőfok függvényében

Hőfok °C	Ellenállás	
	Felületi (Ω)	Fajlagos (Ω·cm)
800	2250	0,045
900	53	0,0026
1000	2,4	0,0018
1100	1,4	0,0010

3.4. A pirolízis hőfokának hatása a kialakult réteg tapadására

A pirolízissel kialakított grafitréteg felhasználhatóságát döntő mértékben meghatározza a rétegtapadása. A tapadás mérésére egy berendezést készítettünk. Működésének lényege, hogy a bevonattal ellá-



4. ábra. 1100 °C-on kialakult réteg

tott rácshuzalt egy változtatható terhelésű ék alatt egyenletes sebességgel elhúzzuk és vizsgáljuk az erő nagyságát, ami ahhoz kell, hogy a réteg megsérüljön, illetve az alaphuzalról leváljon.

3. táblázat

Tapadás a hőmérséklet függvényében	
Pirolízis hőfoka (°C)	Tapadás (g)
800	—
900	130
1000	180
1100	250

A 3. táblázat eredményeiben látható, hogy 800 °C-on levált nagyon vékony réteg tapadásértékét meghatározni nagyon nehéz. A kialakult réteg nem válik le a felületről. A hőfok növekedésével a tapadás nő.

A mért értékek a kísérletek első szakaszában nagyon nagy szórást mutattak. Megállapítottuk, hogy ennek magyarázata a hűlési sebességek különbözősége. Gyors lehűlés esetén a kialakult réteg anizotrópiája miatt a rétegben feszültségek, repedések keletkeznek. Ha gondosan ügyelünk arra, hogy a le-

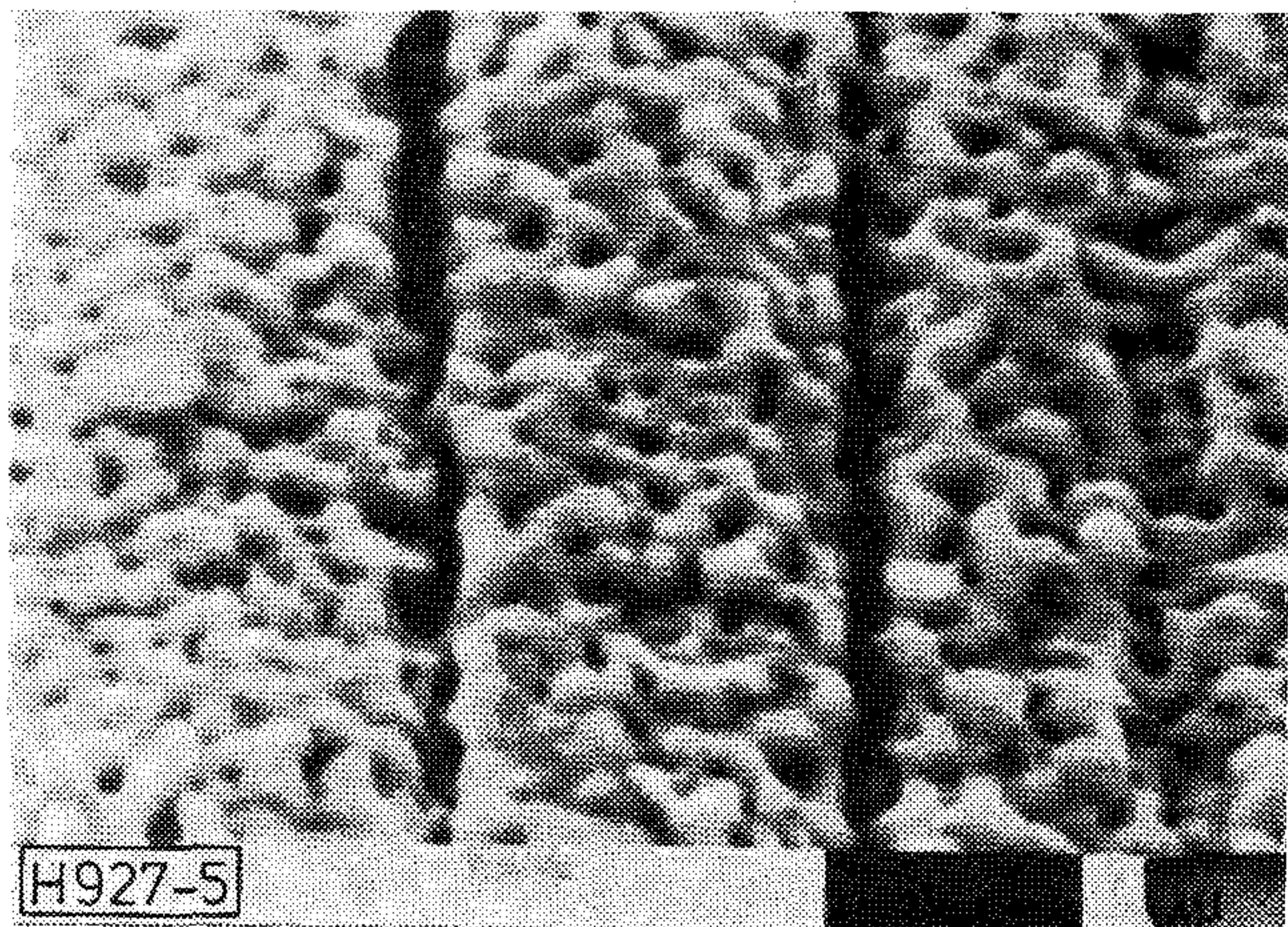
hűlési sebesség a 2 °C/perc sebességet ne lépje túl — különösen a 800–1000 °C közötti tartományban — jól reprodukálható eredményeket kapunk.

4. A pirolízis idejének hatása a kialakult rétegvastagságra

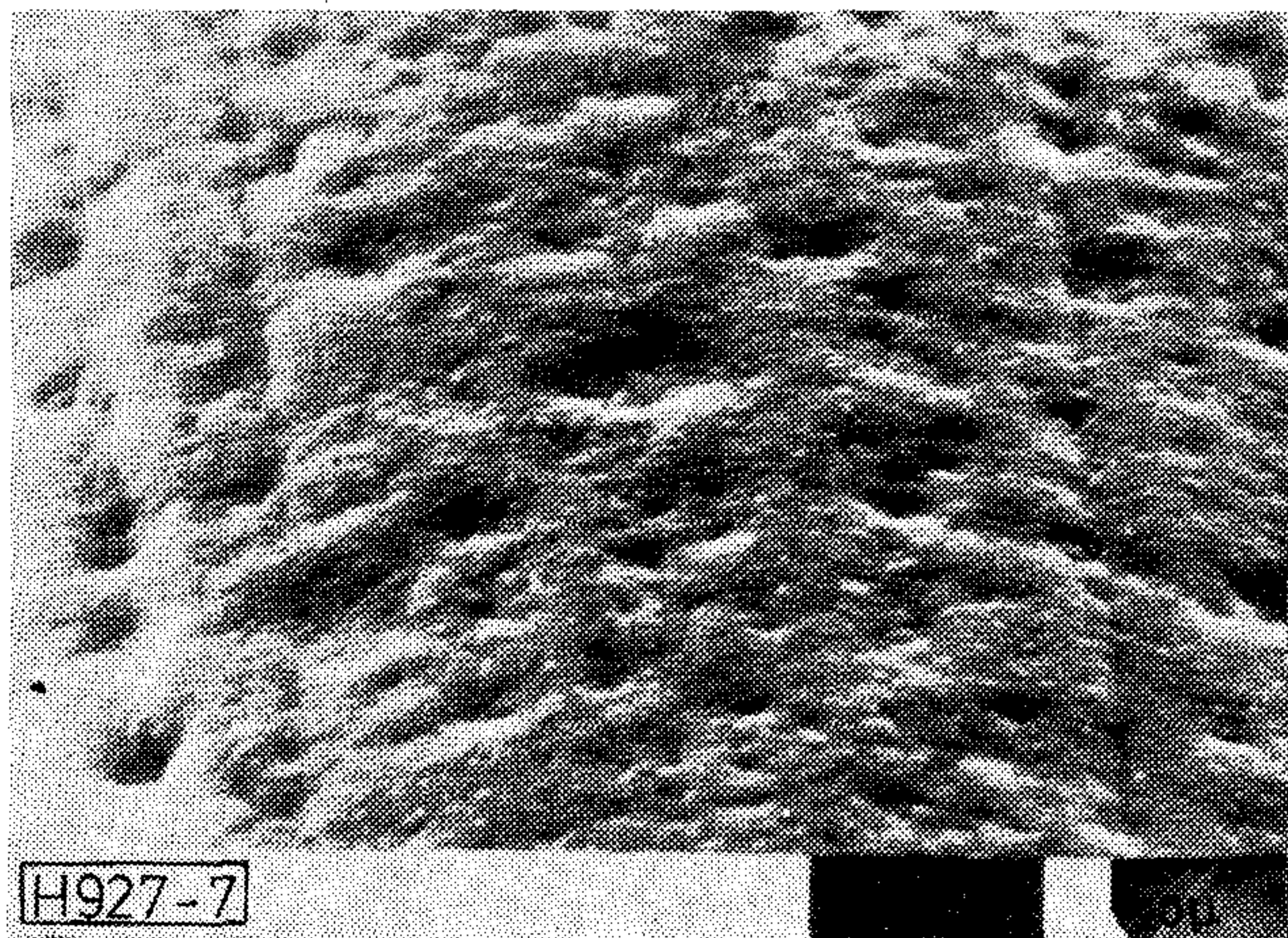
Az alapfémre ráakódó bevonat vastagsága az idő függvényében, mint várható, nő. A kezdetben kialakuló kristálymagesírák (5. ábra) előbb összefüggő felületté nőnek össze (6. ábra), majd megkezdődik a réteg növekedése.

5. A pirolizált gáz nyomásának hatása a kialakult réteg szerkezetére, vastagságára és ellenállására

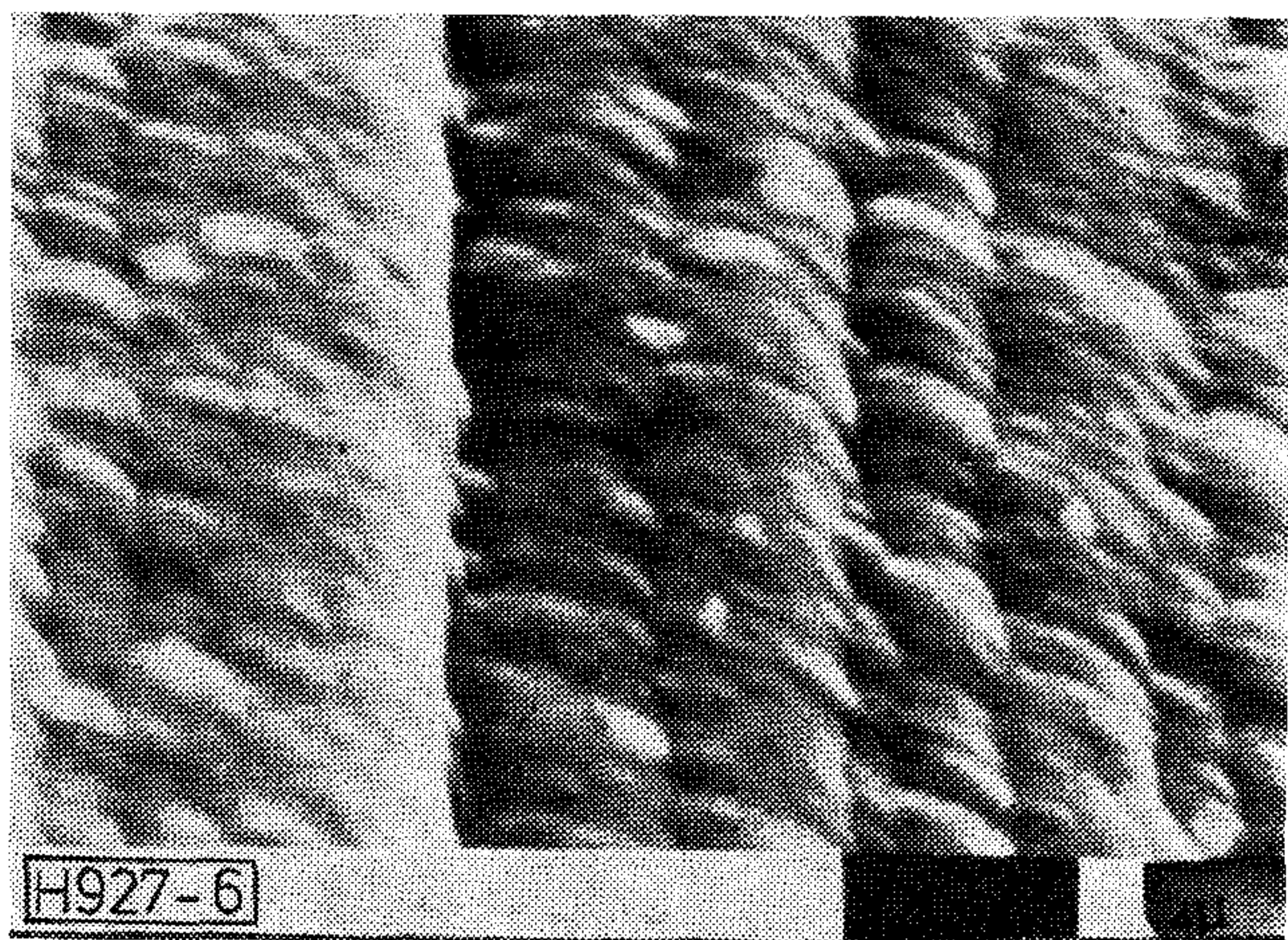
A pirolizáló kemencében kialakult nyomásviszonyokat meghatározza az anyag illékonysága, a felület nagysága amelyen az anyag párolog, a vákuumot biztosító szivattyúk szívósebessége a kapilláris cső hossza és átmérője, amelyen keresztül a gőz a reakcióterbe kerül. A kapilláris átmérőjének változtatásával — az egyéb tényezők változatlanul hagyása mellett — változtattuk a pirolízisre kerülő gáz nyomását. Figyeltük a réteg szerkezetének, a réteg vastagságá-



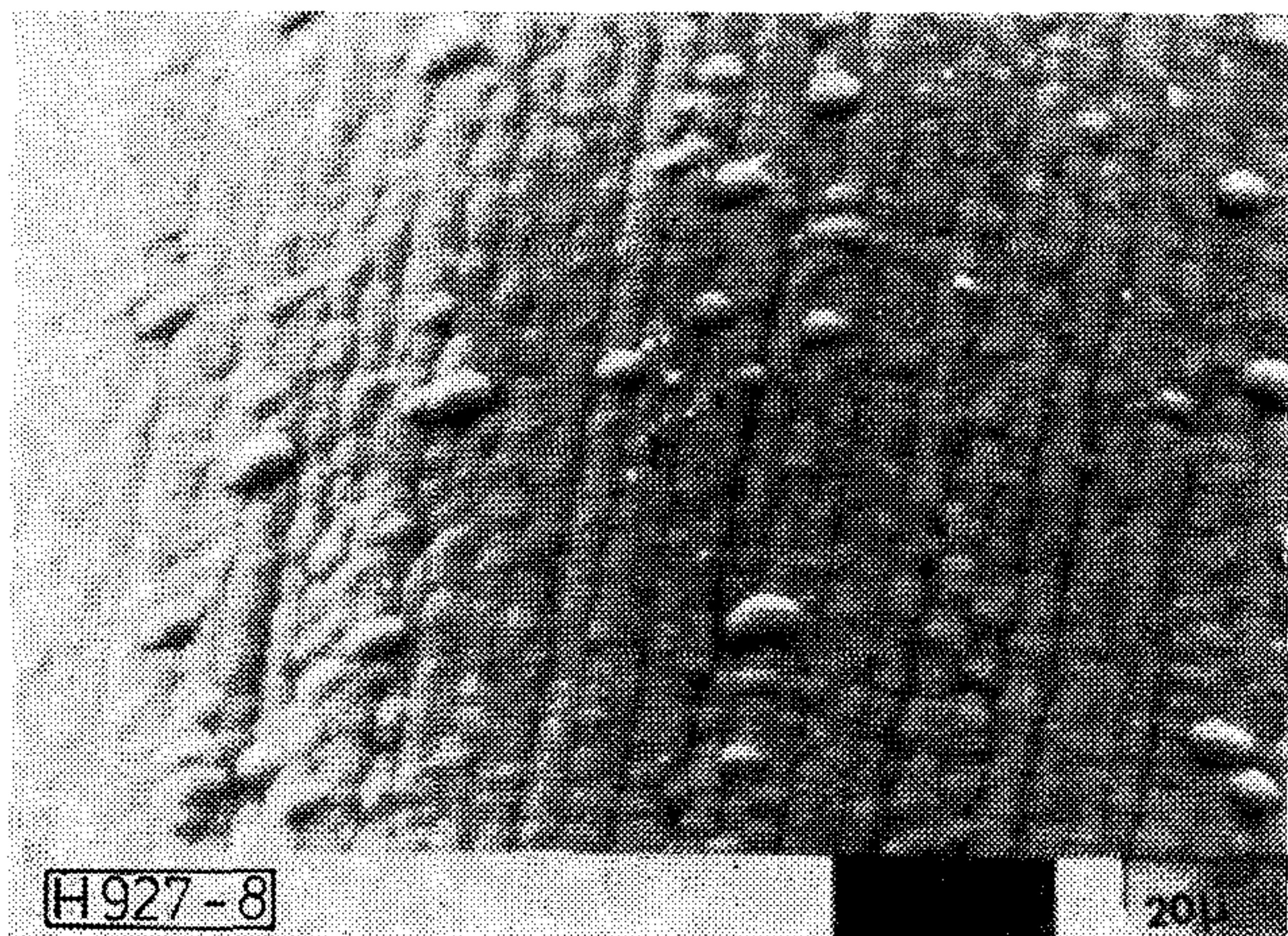
5. ábra. Kristálymagesírák



7. ábra. Kialakult réteg 133 Pa gőznyomás mellett

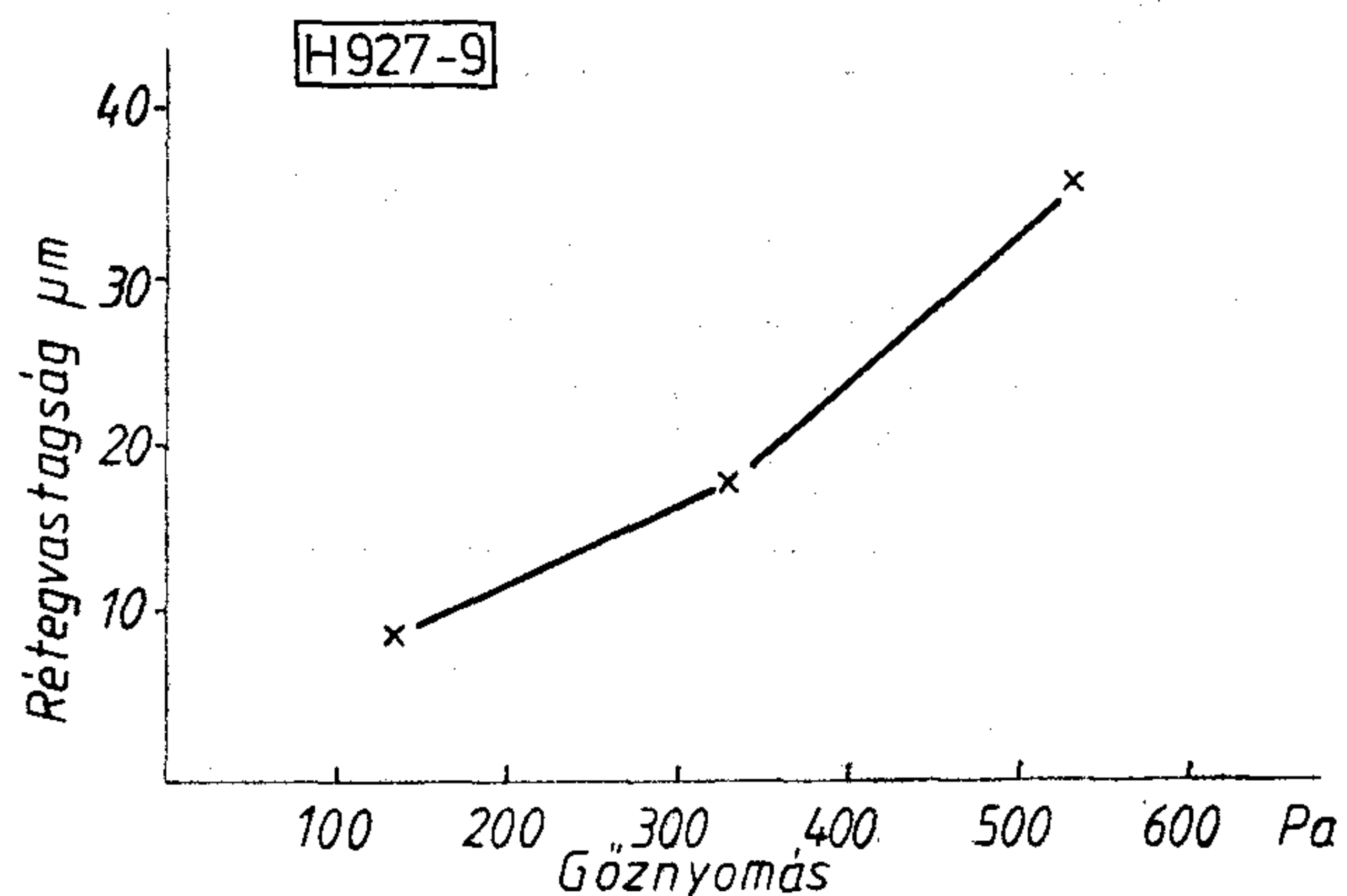


6. ábra. Kristálymagesírák összenövése 5 perc krakkolás után



8. ábra. Kialakult réteg 533 Pa gőznyomás mellett

nak változását a nyomás függvényében. Az elektronmikroszkópos felvételekből (7–8. ábra) megállapítható, hogy a kialakult réteg alacsony nyomáson simább, magasabb nyomáson durvább felületű. Az azonos idő alatt kivált réteg vastagsága a nyomás növekedésével nő (9. ábra). A nyomás további növekedésének határt szab az erős koromképződés, mely eleinte a kályha hidegebb részein jelentkezik.



9. ábra. Rétegvastagság a nyomás függvényében

4. táblázat

Fajlagos ellenállás a gőznyomás függvényében

Gőznyomás (Pa)	Ellenállás	
	Felületi (Ω)	Fajlagos (Ω·cm)
133	2,8	0,0022
333	1,4	0,0010
533	2,3	0,0079

Ha megvizsgáljuk a felületi és fajlagos ellenállást a nyomás függvényében (4. táblázat) azt tapasztaljuk, hogy alacsony nyomás mellett készült réteg ellenállása nagy, nyilván túl vékony a réteg a jó vezetés kialakításához. Nagy nyomásnál a laza szerkezet rontja a vezetést. Legideálisabbnak, legkisebb ellenállásúnak a 333 Pa nyomás mellett készült rétegek bizonyultak.

6. Sűrűségvizsgálat

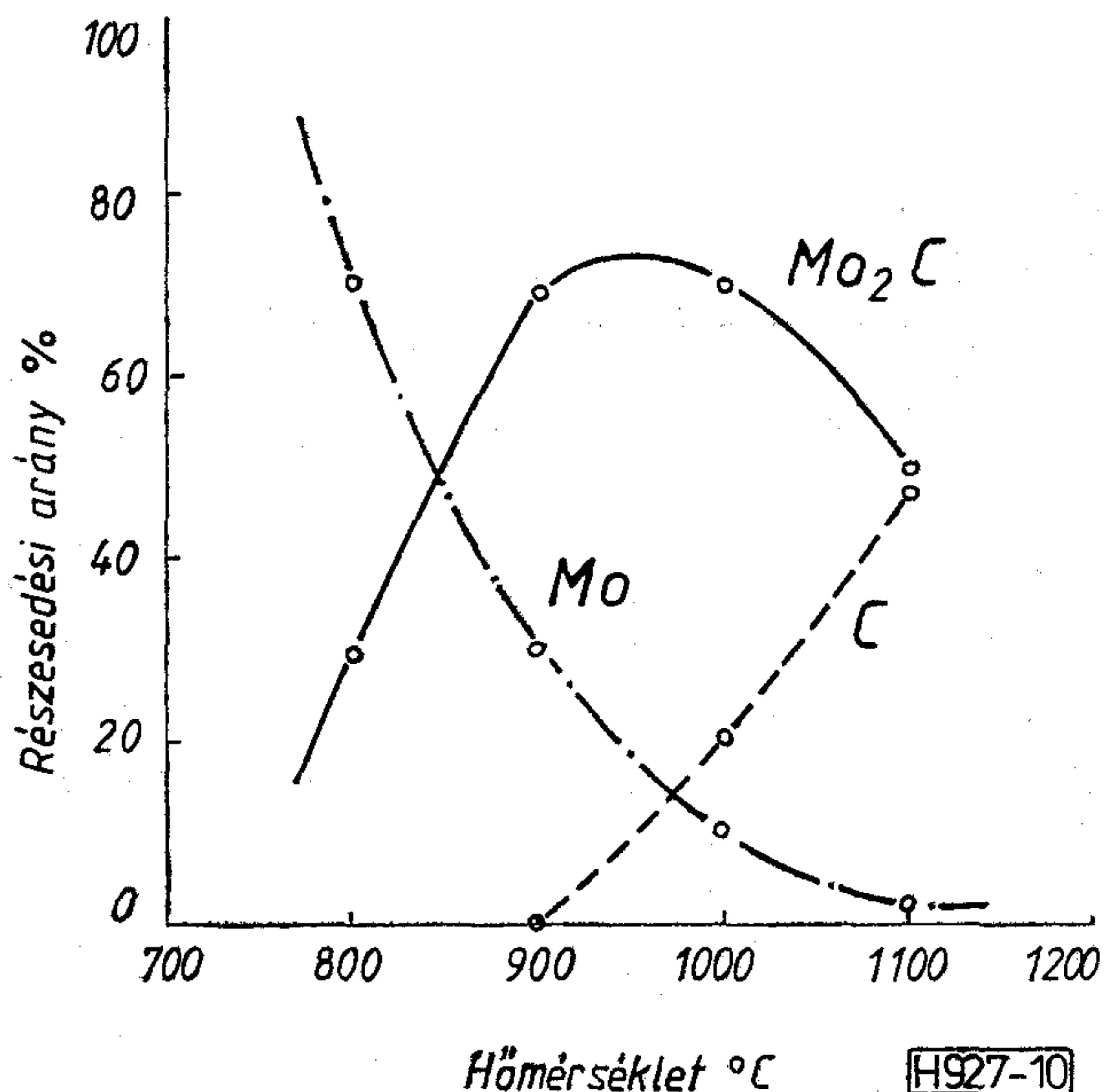
Annak eldöntésére, hogy kísérleteink eredményeként kapott szénbevonat mennyire tekinthető grafit egykristálynak megmértük az alaphuzalról lekapart grafitréteg sűrűségét (5. táblázat). Ha figyelembe

5. táblázat

Bevonatsűrűség a hőfok függvényében

Hőfok (°C)	Bevonatsűrűség (g/cm ³)
800	2,0540
900	2,0587
1000	2,0654
1100	2,0692

vesszük, hogy a grafit egykristály sűrűsége 2,26 g/cm³ az állapíthatjuk meg, hogy bár a hőfok növelésével a bevonat sűrűsége nő — az adott berendezés adta lehetőségen belül — még nem érjük el az ideális egykristály szerkezetet.



10. ábra. A felületi réteg összetétele

7. Röntgenvizsgálat

A kialakult grafitréteg szerkezetének megismerésére, annak eldöntésére, hogy a kialakult bevonat mennyire tekinthető grafitnak röntgenvizsgálatokat is végeztünk. A rácshuzal felületének röntgendiffrakciós vizsgálatai azt mutatják (10. ábra) hogy 900 °C-ig a rácshuzal felületén kiváló szén nem képez bevonatot. A kivált szén reakcióba lép a magfém anyagával teljes egészében molibdén-karbiddá alakulva. E hőmérséklet fölött megjelenik a bevonatban a szén is. Kezdetben nagyon diffúz kristályformában, majd egyre jobban jelentkezik a grafitfázis.

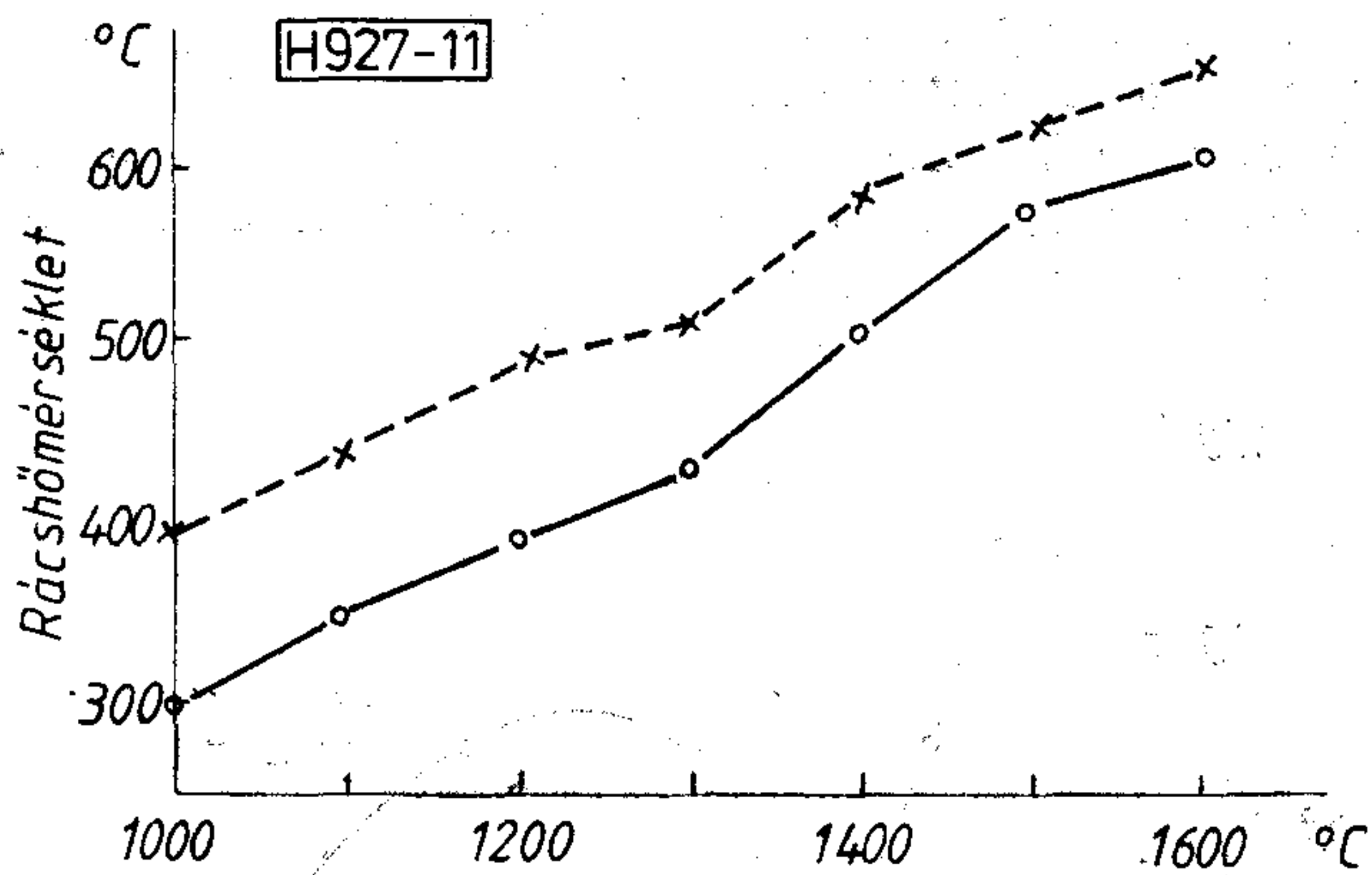
A nyomás növekedésével a bevonatban — mint arról a bevonat szabadszemmel való vizsgálatánál is meggyőződhetünk, csökken a grafitfázis mennyisége.

8. Rácshőmérséklet-mérés

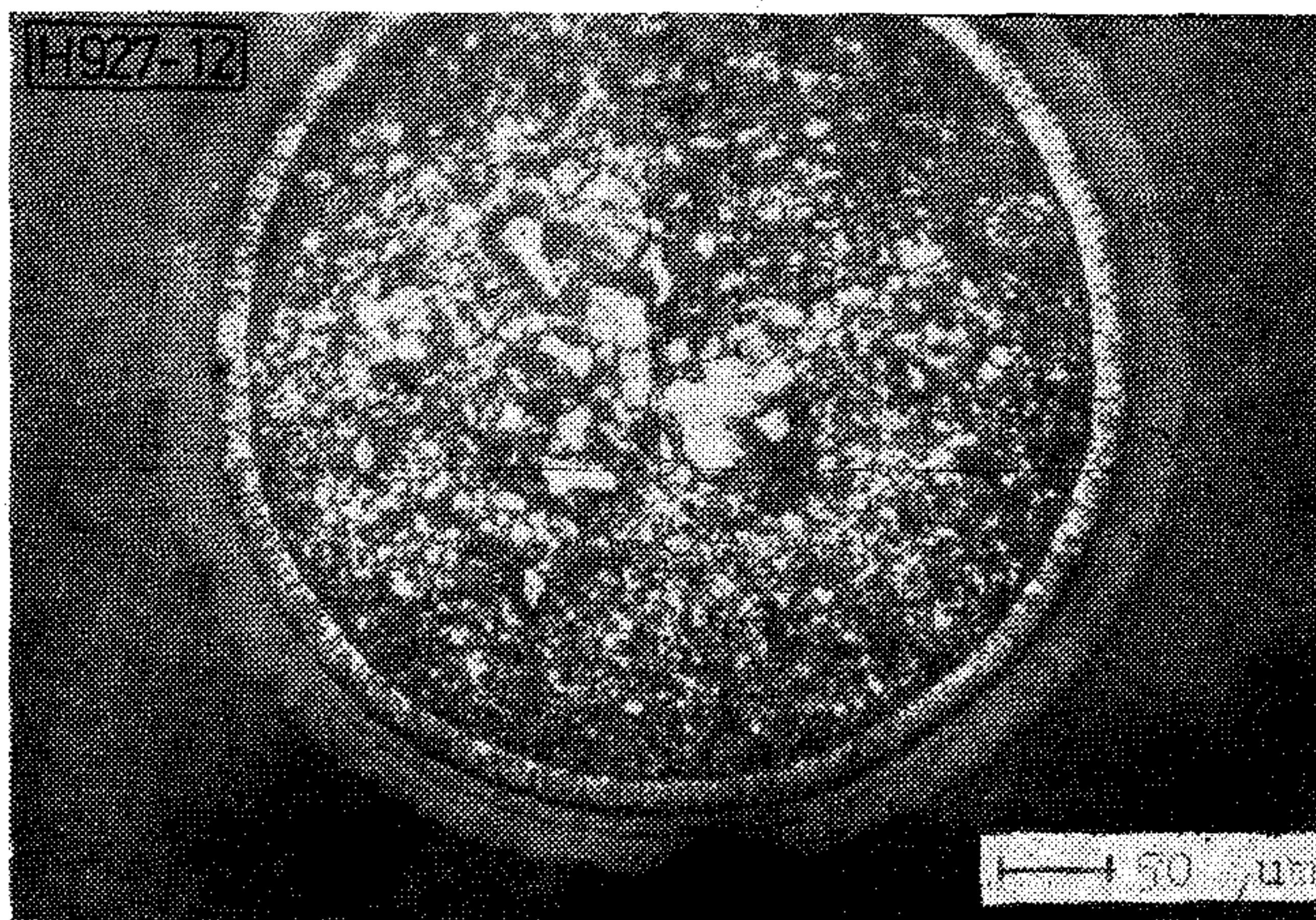
A grafitbevonat rácsemisszió csökkentő hatása a grafit nagy kilépési munkája mellett azzal is magyarázható, hogy a grafit mint fekete test jó hőszigetelő. A grafitral bevont rácst így alacsonyabb hőmérsékletű, kevésbé emittál. A grafit rácshőmérséklet befolyásoló hatásának kimérésére két csövet készítettünk, melynek rácscsúcsaira hőelemet hegesztettünk. Egyik rácst bevont grafitral a másik nem. A mért eredményeket a 11. ábra szemlélteti, ahol a katódhőmérséklet függvényében néztük a rácshőmérsékletét. Megállapítható a grafitozott rácst átlag 50–100 °C-kal alacsonyabb hőmérsékletű, mint a bevonat nélküli.

Törékenység a hőfok függvényében

Hőfok (°C)	Törékenység (g)	Rázási próba (G)
800	hajlik	12
900	hajlik	10—11
1000	54	6—7
1100	45	5—6



11. ábra. Rácshőfok a katódhőfok függvényében



12. ábra. Pirografit rácshuzal keresztmetszeti kép

9. Huzaltörékenység

A grafitréteg kialakulását egy nagyon kellemetlen mellékjelenség kíséri. A rácshuzal felületén kialakult grafitrétegből szén diffundál be a magfémbe (12. ábra), annak anyagával reakcióba lép molibdén-karbid keletkezik. A jelenség több szempontból is káros. A molibdén hexagonális rácsa térbecentrált köbös molibdén-karbid alakul, az anyag törékennyé válik. A molibdén-karbid történő átalakulás a hőmérséklet növelésével nő, az anyag törékenysége fokozódik. A törékenység megállapítására két módszert dolgoztunk ki. Egyrészt felhasználtuk az elkészített tapadásmérőt törékenységvizsgálatra. Ehhez csak a tapadásmérő ék helyzetét kellett úgy beállítani, hogy a befogott huzalt alátámasztatlan részen nyomja. Az alátámasztatlan rész hossza 10 mm volt. A mozgatható súly segítségével a terhelést tetszés szerint változtatva figyeltük mennyi az a súly, mikor a huzal letörése bekövetkezik. A másik vizsgálati módszerként az adócsövekre egyébként is szokásos rázásvizsgálatokat alkalmaztunk. A vizsgálandó rácshuzaldarabot két tartó közé befogtuk rázógépen, megkerestük a rezonancia frekvenciáját, majd ezen a frekvencián különböző gyorsulás mellett vizsgáltuk mikor következik be a fonal törése (6. táblázat).

A grafit magfémbe való bediffundálásának mértéke függ az időtől is. Hosszú idő alatt több a bediffundált szén. Az alapfém nagyobb arányban alakul át karbiddá, a törékenység nő.

7. táblázat

Törékenység az idő függvényében

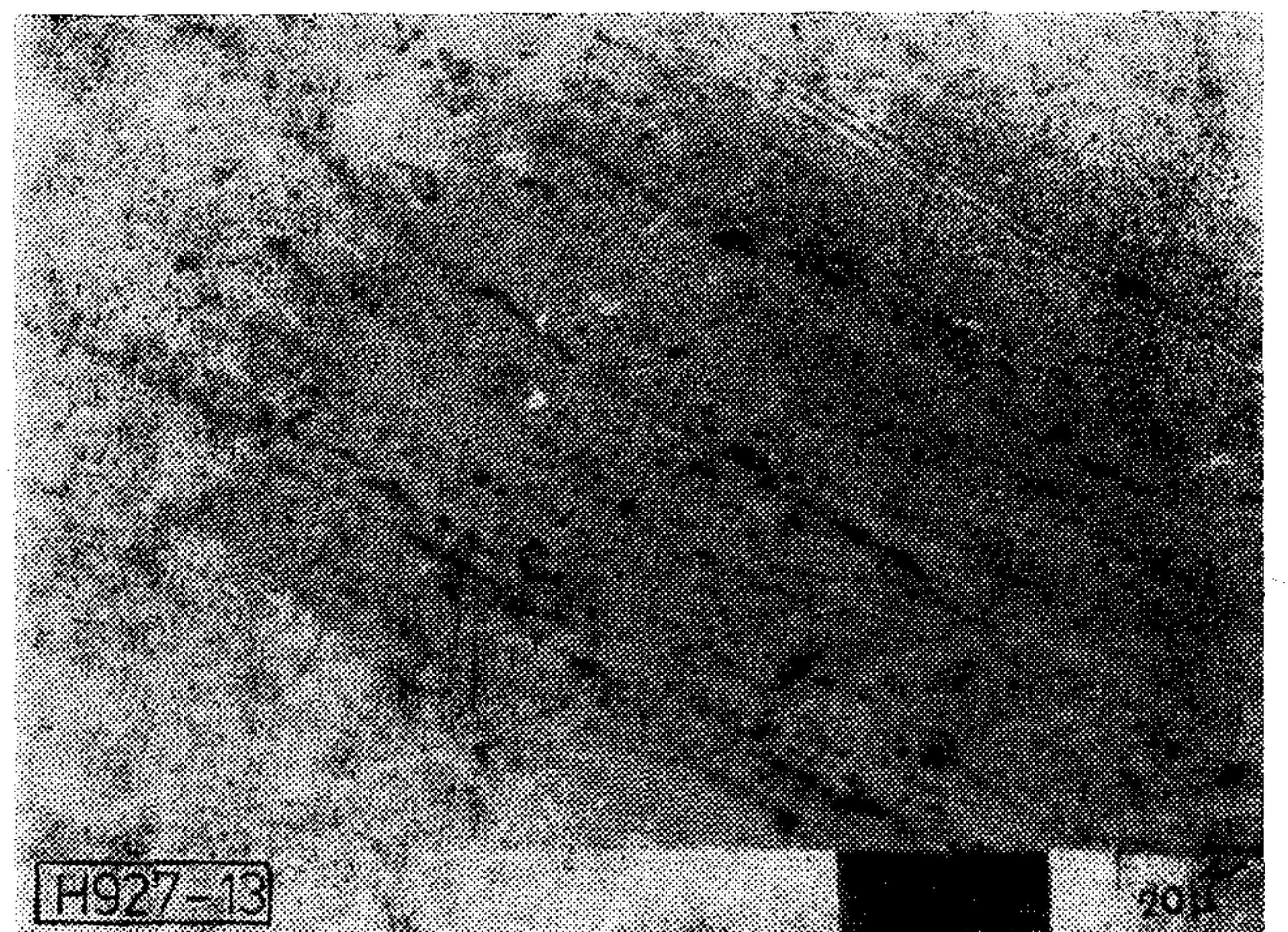
Pirolízis ideje (perc)	Törékenység (g)
15	hajlik
30	60
60	52
90	45

Adott hőfok mellett (1100 °C) az idő függvényében a törékenység növekedését mutatja a 7. táblázat.

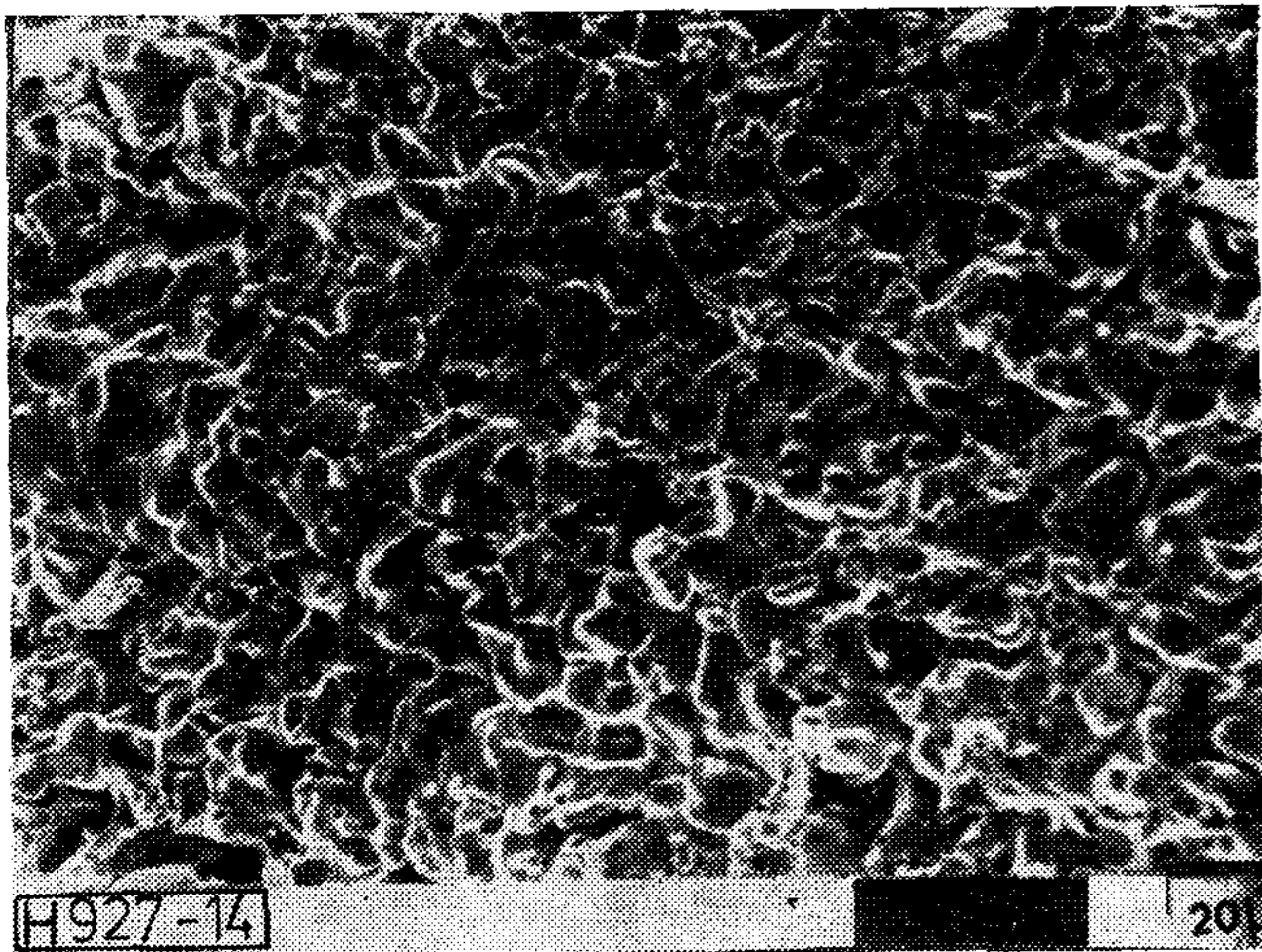
A táblázat adatai azt mutatják, hogy a pirolízis idejét célszerű minél rövidebbre választani. Ennek természetesen határt szab az elérendő rétegvastagság.

10. Az alapfém állapotának hatása a bevonat tulajdonságaira

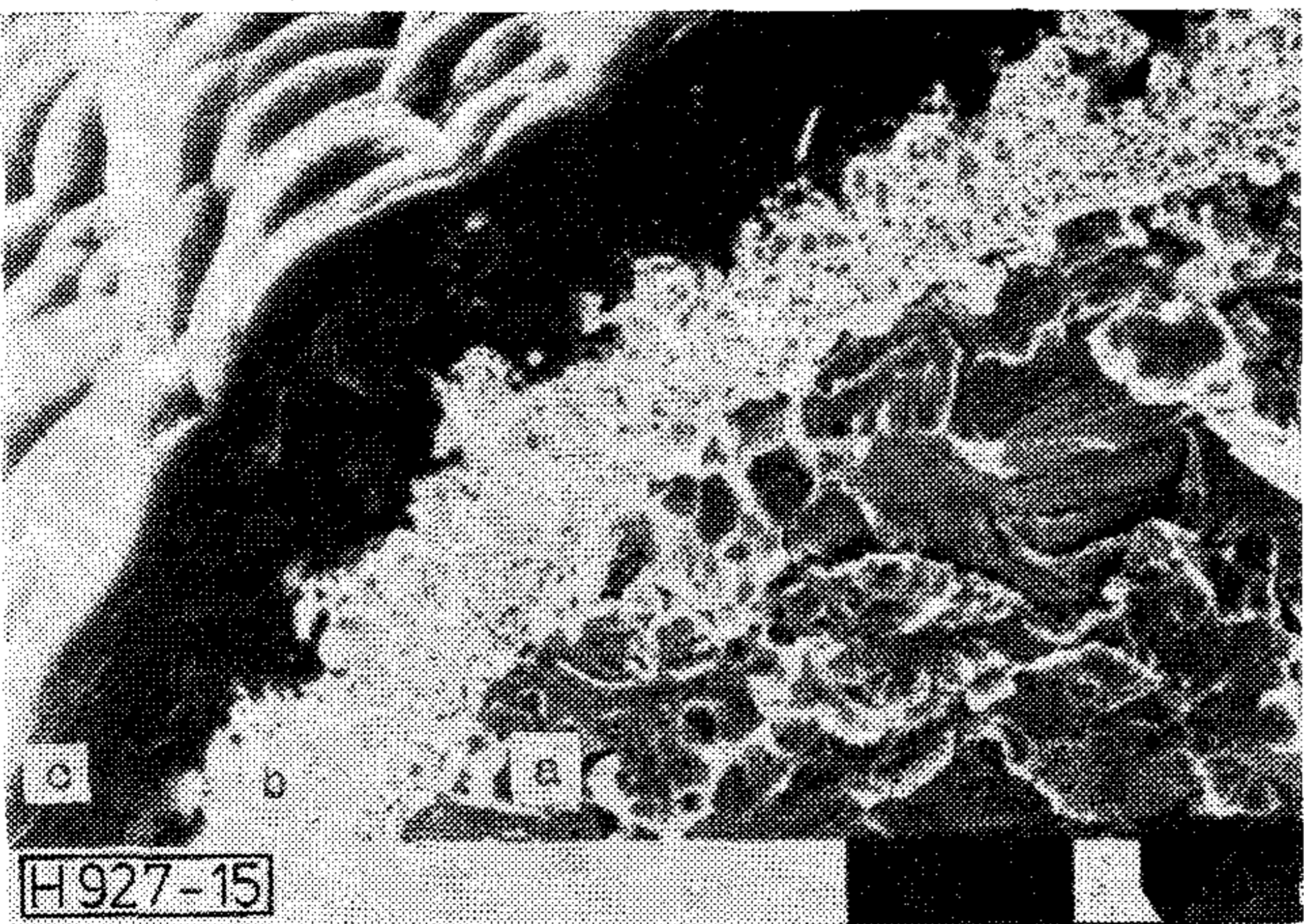
A bevonat tapadásának növelésére, a huzal törékenységének csökkentésére felületi kezeléseket eszközöltünk. A felület érdességének növelését és ezen keresztül a bevonat tapadásának növelését célozták a különböző maratási eljárások. A felületet krómsavval, lúgos peroxiddal, káliumferrocianiddal, különböző töménységű és hőfokú salétromsavval kezeltük. A legerősebb érdesítést forró 1:1 arányban hígított salétromsavval értük el. Ennek hatására a felület állapota lényegesen megváltozott, de a réteg tapadása nem javult.



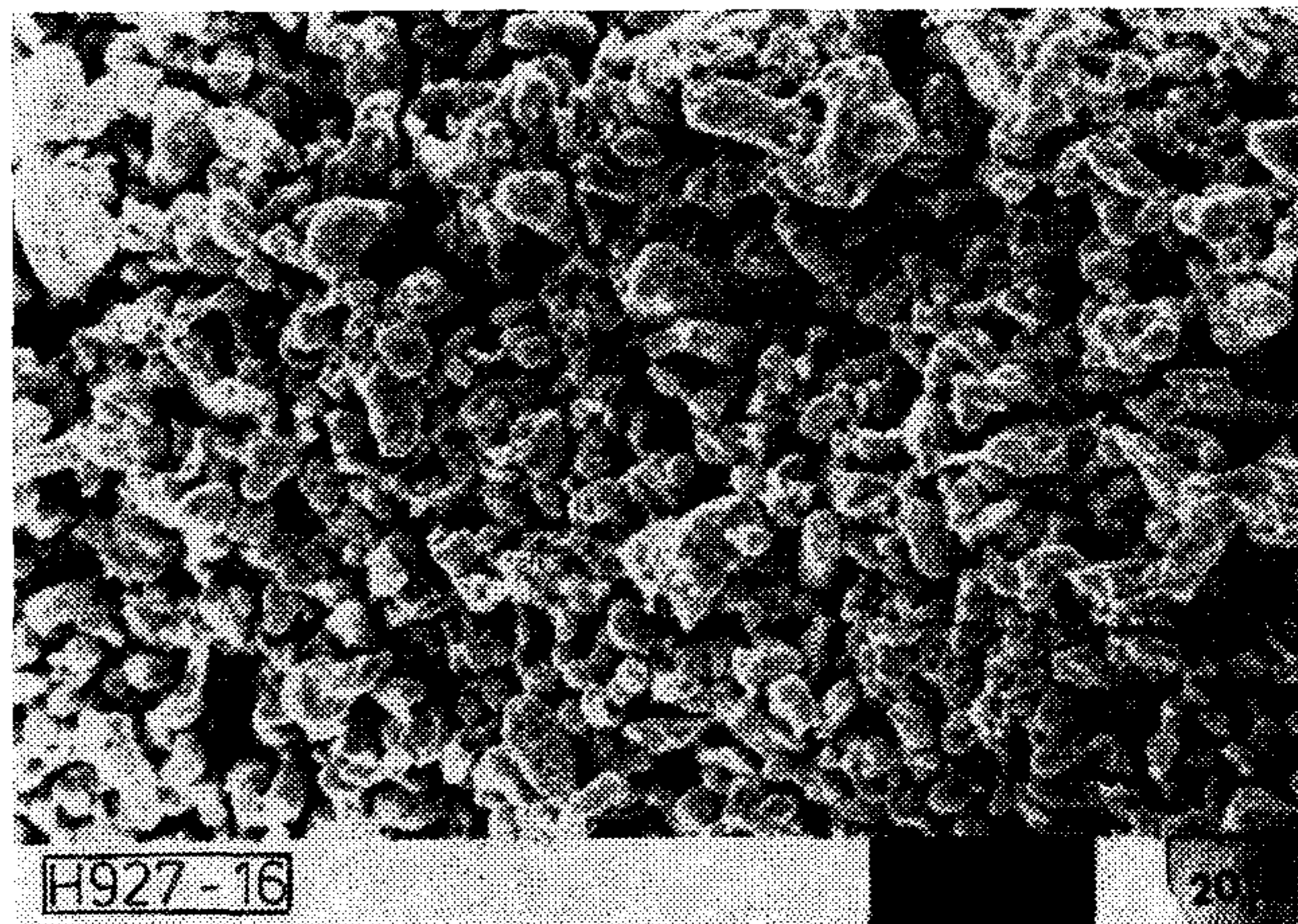
13. ábra. Platinával bevont molibdénhuzal



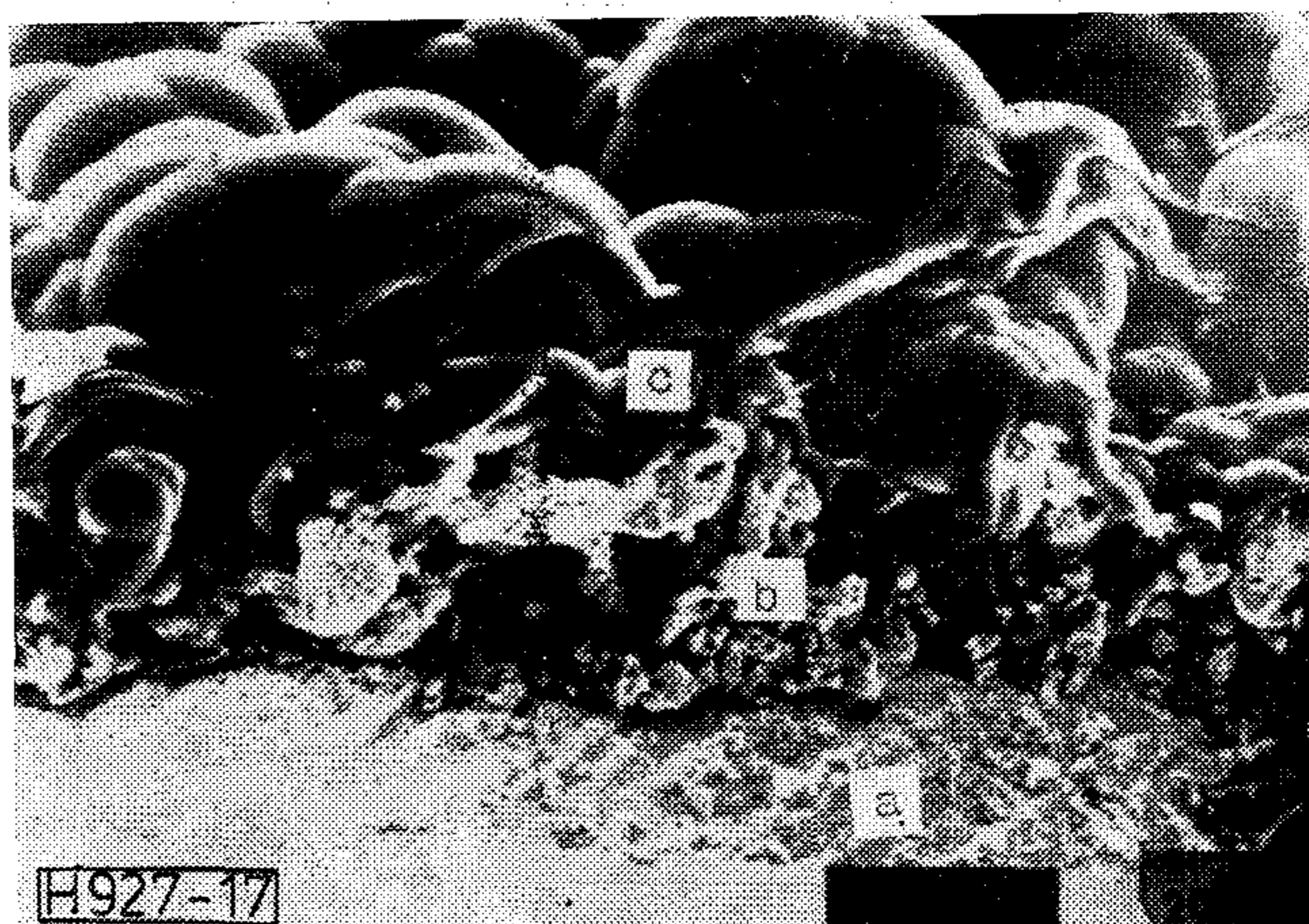
14. ábra. 1100 °C-on kezelt ipzilon huzal



15. ábra. Grafitozott ipzilon huzal



16. ábra. Molibdén felületre rászinterelt cirkonzemcsék



17. ábra. Cirkonozott, grafitozott rácsborda

10.1. Felület bevonása platinával

A rácsemisszió csökkentése érdekében használnak platinával bevont molibdén huzalt az úgynevezett ipzilon huzalt. Felmerült az a gondolat, nem csökkenthető-e tovább a rácsemisszió, ha a platinára még egy grafitréteget is felviszünk. Ugyanakkor a platinabevonat megakadályozná a szén bediffundálását az alapfémbe, megvédve ezáltal a törékenységtől. Ha a 13. ábrán látható platinával bevont felületű molibdén huzalt 1100 °C-on hőkezeljük a sima platina felület átalakul jellegzetesen szivacsos szerkezetűvé (14. ábra). Az így kialakult szivacsos szerkezeten nagy sebességgel indul meg a grafitkiválás, egy erősen érdes felület jön létre (15. ábra).

Ha megvizsgáljuk a bevont huzal keresztmetszetét jól megkülönböztethetjük az alapfémét, a hőkezelés hatására szivacsossá vált platinabevonatot és rajta a grafitréteget. Sajnos az is látszik, hogy a grafitrétegben repedések vannak, amik végül is azt eredményezik, hogy érdesebb felület ellenére a grafitréteg tapadása nem mindig megfelelő.

Ha a grafit növekedési sebességét összehasonlítjuk a sima molibdén felületen bekövetkezővel (2. ábra) azt állapíthatjuk meg, hogy a rétegvastagság itt lényegesen gyorsabban nő.

10.2. Cirkonbevonat

A cirkon adócsőgyártásban szintén alkalmazott bevonatképző anyag. Megvizsgáltuk mennyire lenne képes mint rácsbevonat a molibdén magfém és a pirografit közötti elválasztó illetőleg tapadást elősegítő közbenső réteg szerepét betölteni. Az elektroforetikus felvitt cirkonréteg 1250 °C-os nagyvákuumos rászinterelés hatására a felülethez jól tapadó érdes bevonatot ad (16. ábra). A rá leválasztott grafitbevonat (17. ábra) jól tapad hozzá, minden szempontból megfelelő bevonatot eredményez. Bár a grafitbevonat keresztmetszetében itt is található repedések a cirkonbevonat jó tapadása és diffúziószerkezete biztosítja a grafit megfelelő tapadását.

11. Összefoglalás: esőmérési eredmények

Az eddig lefolytatott kísérletek alapján a legmegfelelőbb rácsbevonat az alábbi technológiai lépések során állítható elő:

1. Rácstisztítás: zsírtalanítás, lúgos hidrogénperoxidos maratás.
2. Vákuumizálás: 1300 °C 10^{-4} Pa 30 perc.

3. Elektroforetikus cirkonbevonat (vastagsága $12 \pm 2 \mu\text{m}$.)
4. Cirkon beszinterelés 1250°C 10^{-4} Pa 30 perc.
5. Pirografit bevonatkészítés. Benzol atmoszféra 333 Pa 1100° 90 perc.

8. táblázat

Különböző bevonatú rácok
rácsemissziója

Bevonat anyaga	Rácsemisszió (μA)
Platina	700—1000
Tantál szilicid	500—1000
Cirkon karbid	200—300
Pirografit	50—150

Az így felületkezelt rácokkal készült csövek igazolták az eddigi kísérletek eredményeit. A velük készült csövek kiváló rácsemissziós tulajdonságokat mutattak (8. táblázat).

A csökísérletek 3J10K típusú generátorcsőben készültek, maximális rácsterhelés (250 W) mellett.

A táblázat adataiból látható, hogy az alkalmazott bevonatok közül a pirografit bevonat adja a legkisebb rácsemissziót, legalkalmasabb arra, hogy nagy teljesítményű adó és generátorcsövek rácsemisszió anyaga legyen.

I R O D A L O M

- [1] *Balik*: Pirolitikus grafit az elektroncsövek új gyártási anyaga. Slaboprudy Obzor 1977. 38 k. 12. sz.
- [2] *Knippenberg, W. F.—Lersmacher, B.—Lydtin, H.*: Pirolitikus grafittermékek. Philips Technische Rundschau 37. k. 1977. 8. sz.
- [3] *Linke, Koizlik, Nickel*: Pirografit leválasztás gázfázisból. Kernforschungsanlage, Jülich, Institut für Raktorwerkstoffe 1977.
- [4] *Morozova*: A koromképződés mechanizmusa a szénhidrogénekkel. Doklady Akademii Nauk 1975. 6. sz.

Fiatalok a mikroelektronika alkalmazásáért

E címmel rendezett országos konferenciát 1983. december 7—8-án Gyöngyösön a KISZ KB Ifjúság Tanácsa, a MTESZ Ifjúsági Koordinációs Bizottsága és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület.

A konferencia előzményéhez szorosan hozzátartozik, hogy a mikroelektronikai kormánybiztos az illetékes minisztériumok, vállalatok, társadalmi és tömegszervezetek, valamint az országos érdekképviseleti szervek közreműködésével

„FIATALOK A MIKROELEKTRONIKA ALKALMAZÁSÁÉRT”

címmel 1983. január 1-vel kezdődően nyilvános pályázatot hirdetett.

A pályázat célja

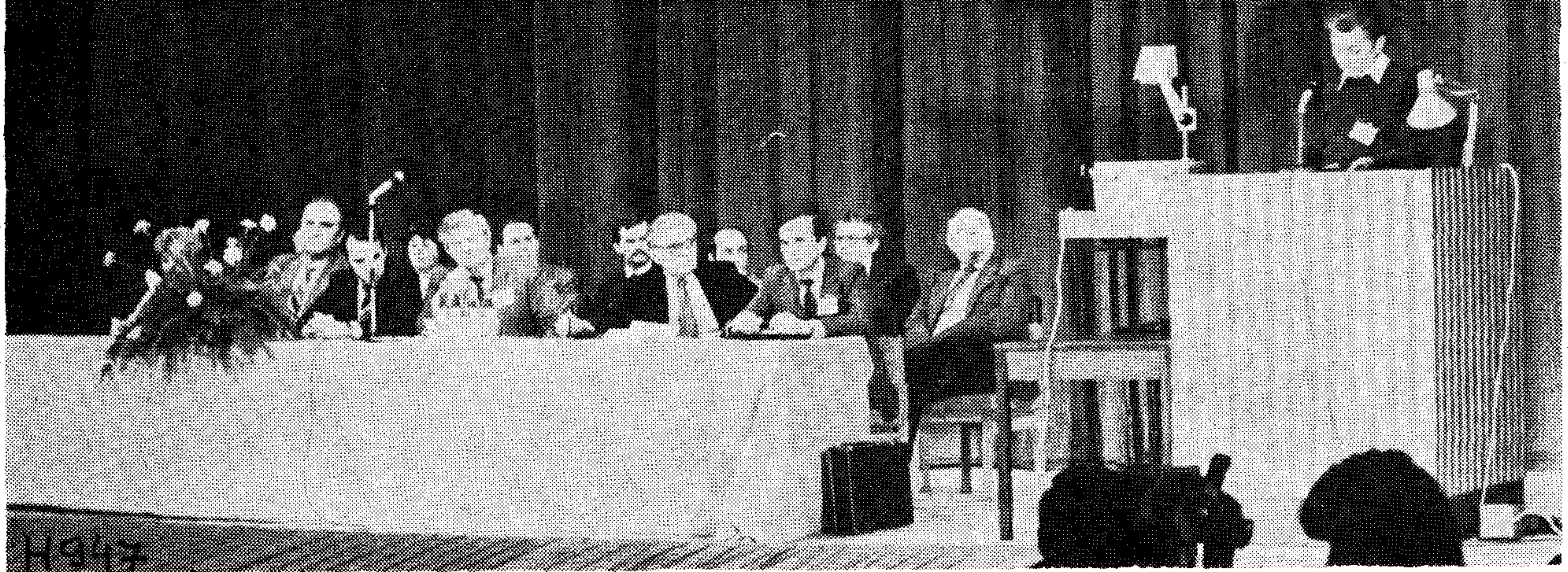
volt az Elektronikai Alkatrészek és Részegységek Központi Fejlesztési Program keretei között és arra építve feltárni azokat a konkrét alkalmazási területeket, amelyek elősegítik a népgazdaság különböző területein kialakuló elektronizálási folyamatokat, a berendezésorientált elektronikai alkatrészek és rendszerek felhasználásán alapuló korszerű, versenyképes termékek részarányának növelését, az elektronikai termelési kultúrák széles körű elterjesztését, az elektronika hatékony alkalmazását biztosító műszaki-gazdasági feltételek javítását.

Több szempontból is fontosnak tartjuk, hogy e lap hasábjain a nyomdai átfutás szabta késéssel is megjelenjen valamiféle krónika (és persze egyben számvetés) erről az eseményről. Először is: tudomásunk szerint a szocialista országokban ilyen jellegű, ennyire széles körű célkitűzéseket magába foglaló, és — tegyük hozzá — a kitűzött pályadíjak tekintetében ilyen nagyságrendű pályázat még nem volt. E tekintetben ez az esemény tehát, ha nem is mérőföldkőnek számít, de — megítélésünk szerint — legalábbis fontos, rögzítésre érdemes esemény, tiszteletreméltó kezdeményezés. Másrészt e pályázat igazán nagyszabású és igényes volt a meghirdetők szándéka szerint; az elvárások és eredmények közötti nem lényegtelen különbség okainak elemzése tanulságokkal szolgálhat. Ezután, úgy gondoljuk, szükséges rögzíteni az EKFP helyzetét bemutató kormánybiztosi véleményt, értékelést is, másrészt a pályaművek tartalma és értéke mégiscsak valamiféle keresztmetszetét adja a hazai elektronikai kultúrának.

Mindezek okán röviden összefoglaljuk a „Fiatalok a mikroelektronika alkalmazásáért” országos konferencia legfőbb eseményeit.

A házigazdák nevében SKULTÉTI JÁNOS, a MEV Gyöngyösi Gyáranak igazgatója, a HTE Gyöngyösi Szervezetének elnöke üdvözölte a konferencia 350 résztvevőjét. Történelmi példa kapcsán fejtette ki, hogy ma a kor ütőere az elektronika, és ennek az iparnak a lüktetését, gyorsuló ritmusát azok a fiata-

**FIATALOK A MIKROELEKTRONIKA
ALKALMAZÁSÁÉRT**
ORSZÁGOS KONFERENCIA
GYÖNGYÖS 1983. DEC. 7-8.



A Konferencia elnöksége

lok adják, akik a pályázaton részt vettek és a konferencia főszereplői.

A konferenciát SZILÁGY ANTAL, a KISZ KB osztályvezetője nyitotta meg. Ismertette a pályázat meghirdetésének körülményeit, célkitűzéseit, majd röviden értékelte a pályázat eredményeit. Elmondta, hogy az érdeklődés elmaradt a várakozástól, hiszen mindössze 64 pályamű érkezett be. A mérsékelt érdeklődés okait elemezni szükséges és kötelességünk is. A pályaművek szakmai színvonala közepesnek ítéhető; a mikroelektronikai szakterületről befutott dolgozatok színvonalasabbak voltak, míg a nem közvetlenül erről a területről érkező pályaművek színvonala elmaradt az előzetes elvárásoktól. Ennek megfelelően a Bíráló Bizottság a meghirdetett 84 díjjal szemben 18-at adott ki. Az előzőek figyelembevételével is helyesnek bizonyultak a pályázat célkitűzései és a KISZ KB nevében javasolja a pályázat ismételt meghirdetését.

A konferencián megjelent fiatalok előtt dr. SÁNDORY MIHÁLY mikroelektronikai kormánybiztos ismertette az Elektronikai Alkatrészek és Részegységek Központi Fejlesztési Program (EKFP) helyzetét és időszerű feladatait. E gondolatok rögzítése úgy gondoljuk, akkor is szükséges, ha — természetesen — csupán egy nagy dinamikájú fejlődés pillanatfelvételét adhatja.

Kormánybiztosunk úgy ítélte meg, hogy a mikroelektronikai alkatrészgyártás fejlesztése összességében a programnak megfelelően halad, az alapvető

konceptiók helyesnek bizonyultak, a fejlesztés egészét érintő pályamódosításra nincs szükség. Arra azonban igen, hogy folyamatosan figyelemmel kísérjük a mikroelektronikai ipar fejlődésének tendenciáit a világban, a hazai berendezésgyártó ipar igényeihez igazítsuk konkrét feladatainkat. A népgazdaság jelenlegi helyzetében a KGST-országokkal való együttműködést fokozni kell. Az adódó lehetőségeket nagyobb mértékben kell a konvertibilis fizetési mérlegünk javításának szolgálatába állítani.

A kormánybiztos részleteiben is értékelte a program legfontosabb területeinek helyzetét.

Az áramköri tervezéshez szükséges berendezések jórészt rendelkezésünkre állnak, a számítógéppel segített tervezéshez (CAD) szükséges berendezések üzemelnek, de még nem állt össze egy egységes, komplex, a gyártástechnológiától elkülönült (vagy elkülöníthető) rendszer. A berendezésorientált áramkörök tervezési feladatainak szétterítése a készülégyártók körére világméretű probléma, voltaképpen a pályázat és a konferencia is ennek elősegítését szolgálja. A nehézségek ellenére megindult a BOÁK alkalmazási tevékenység és megkötötték az első szerződéseket.

Ami a *maszkgyártást* illeti, létrejött a MEV-ben egy maszkgyártó üzem, amely reálisan kb. 50 mester-maszk sorozat/év kapacitásával inkább laboratóriumnak tekinthető. A kormányprogram végrehajtásának egyik legfájóbb adóssága, hogy az elektron-sugaras litográfiát jelenleg nem tudjuk megvalósí-

tani. A szükséges berendezés költségei az egész program többes berendezésekre fordítható összege túl nagy részét emésztették volna fel.

Talán a legnagyobb az előrehaladás a *szeletgyártásban*. Lezajlott a Szovjetuniótól vásárolt 3 tápfeszültségű NMOS technológia szovjetunióbeli betanítása, elkészült a gyártósort fogadó tisztaszoba rendszer, befejeződött a technológiai berendezések telepítése, beindult a próbaüzem. A MEV félvezető fejlesztése az NDK-ban átvette az 1 tápfeszültségű NMOS és poliszilícium kapus CMOS technológiai know-how-ot. A bipoláris technológiának is üzemszerűen kell működni 1985-ben.

A szerelés-tokozás műveleteihez szükséges kapacitások — némi beruházással — Gyöngyösön rendelkezésre állnak, bár meg kell jegyezni, hogy a berendezésorientált áramkörök megkövetelik, hogy a hozzáférhető kivezetők száma növekedjék. A jövőben el kell érünk a 100 kivezető körüli tokformákat, ami jelentős erőfeszítést igényel.

Magyarország a szocialista országok között mérőtechnikai nagyhatalomnak számít. Mindezek ellenére a program megvalósításának nem kis problémája a megvalósuló áramkörök *tesztelése*. A probléma nem teljes egészében műszaki, részben „filozófiai” is. Kompromisszumot kell találni a strukturáltan (önmagukban vizsgálható részekből) tervezett, a chipen belül valamiféle redundanciát is megvalósító s az önellenőrzés eszközeit is felhasználó áramkörök, illetve az ezeket vizsgáló mérőautomaták munkamegosztására.

A kormánybiztos is kifejtette azt a véleményét, hogy tovább kell folytatni és támogatni azokat a pályázati, ötletfelderítő és igényfelmérő tevékenységeket, amelyek a *legszélesebb* ipari és társadalmi körökből szolgáltathatnak kezdeményezéseket az elektronikus ipar innovációs aktivitásához.

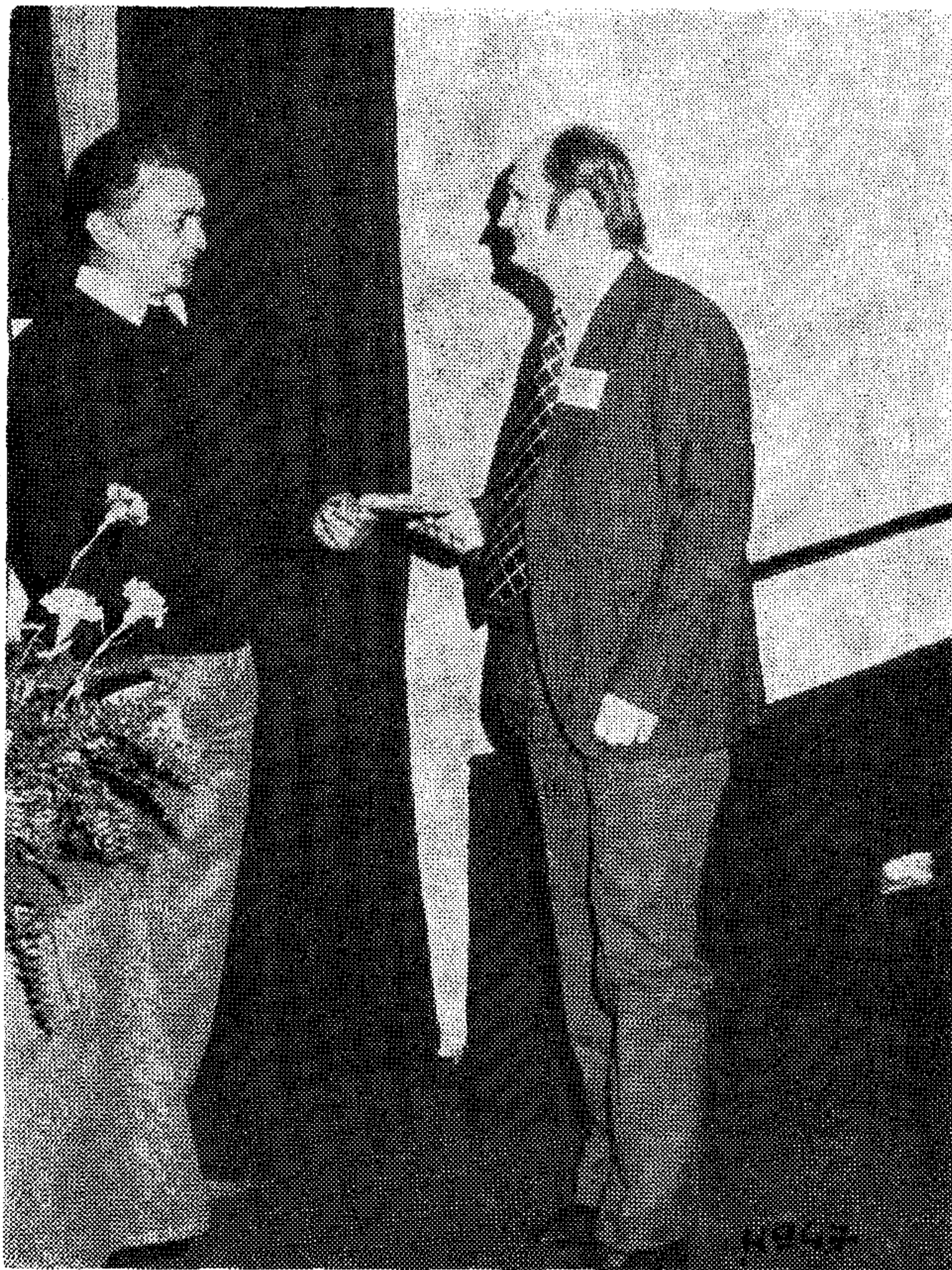
Ezután került sor a „Fiatalok a mikroelektronika alkalmazásáért” pályázat ünnepélyes eredményhirdetésére, ahol összesen 8 első, 7 második és 3 harmadik díjat vehettek át a nyertesek. Kiosztották a kormánybiztos, a KISZ KB, a SZOT, a KPM, a MTESZ, az Innovációs alap és a MÉM különdíjait. A díjak összege meghaladta a 600 ezer forintot, de elgondolkodtató, hogy kb. ugyanennyi összeg nem került kiosztásra a bíráló bizottság döntése alapján.

E cikk keretei között természetesen nem vállalkozhatunk arra, hogy a díjnyertesek pályaműveit részletesen bemutassuk. Közülük azért emelünk ki néhányat, hogy az olvasó valamiféle keresztmetszetet kaphasson a témakörök sokféleségéről.

VARGA ISTVÁN a beszédszintetizátor berendezésorientált áramkörök felhasználási lehetőségeit mutatta be, és ismertette egy elektronikus beszédszintetizátor megvalósítását. Munkájában igen magas műszaki színvonalon alkalmazta korábbi munkáit, ismereteit.

BARTHA TIVADAR és **SZALAY JÓZSEF** egy BOÁK felhasználásával korszerűsített multimétert mutatott be. A javaslat igen részletesen kidolgozott és reális volt.

Ugyancsak berendezésorientált áramkörök alkalmazását mutatta be **TÜTTŐ ZOLTÁN**, aki társaival egy perifériaillesztő áramkört valósított meg.



Dr. Sándori Mihály átadja a mikroelektronikai kormánybiztos különdíját

LEITNER BÉLÁNÉ és társai BOÁK alkalmazásával foglalkoztak általános célra, AC/DC átalakítók számára. Pályaművük részletes műszaki-tudományos, konstrukciós megoldásokat tartalmaz, több helyen összefüggésbe hozva a műszaki követelményeket, az alkalmazható technológia előnyeit és hátrányait, valamint gazdasági szempontokat.

DR. MÁTRAI GÉZA a műszaki továbbképzés jelentőségét elemezte. Sokoldalú, bizonyító tényeket sorakoztatott fel arra nézve, hogy napjainkban az elektronikai ismeretek széles körű meghonosítása mennyire kulcskérdésévé vált az egész iparfejlesztésnek. Konkrét esettanulmányt és megvalósítási példát ismertetett a munkahelyi továbbképzésre.

LÁZ JÓZSEF fényerőszabályzó áramkört mutatott be gázkisülő lámpákhoz. A pályázat szép példája a villamos energiával való takarékoskodás egy köznapi lehetőségének, reális, jól kidolgozott megoldást javasolt egy hazai BOÁK előállítására.

FÜLÖP GÁBOR és társai elektromos üzemanyagkút adatrögzítő és adatfeldolgozó berendezésre tettek javaslatot, míg **KISS CSABA** és társai bányabiztonság-technikai célú mérőeszközöket ismertetett, rámutatva ezzel is az elektronika sokoldalú felhasználásának gyakorlati előnyeire a népgazdaság egymástól távollevő területein.

A konferencia kiemelkedő eseménye volt **VAMOS TIBOR** akadémikus előadása „Elektronika és társadalom” címmel. Ennek még csak vázlatos ismertetése is meghaladná azonban e cikk szabta kereteket.

Dr. Mátrai Géza

Хенк, Т.:

Проектирование фильтров передачи данных ФМ на среднюю квадратичную ошибку

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 5.

Конкретные системы передачи данных ФМ моделируются с помощью одноперемежных нелинейных или многоперемежных линейных преобразований и вводится многофазный демодулятор новой структуры. Исполняется вычисление средней квадратичной ошибки в частотной области, как на случай выборки, так и на случай пороговой детекции. При вычислениях учитываются малые возмущения из-за статистических ошибок характеристики фильтров, соседних каналов и восстановителя несущей и синхронного сигнала, без дальнейших ограничений этих возмущений. Общие и явные выражения задаются на оптимальную фазу и синхронную задержку на факторы чувствительности этих, и на минимальное среднее квадратичное искажение. На основе соотношений предлагается метод проектирования фильтров.

Фазекаш, З.:

Автоматическая визуальная проверка фотомаск интегральных цепей

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 5.

В этой статье коротко излагаются общие вопросы промышленного применения автоматической визуальной проверки. В ней рассматриваются экономический и технический фон автоматической визуальной проверки фотомаск, используемых при изготовлении интегральных цепей, и различные методы проверки. В ней представлена характерная система проверки.

Гаглиарди, Д.:

Настоящее и будущее оптической связи

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 5.

После краткого обзора рассматриваются характеристики оптических волокон и кабелей, а также их области применения. В заключении дается сводка по рекомендациям МККТТ касательно оптической электросвязи.

Бихари, Д.—Дэак, Я.:

Блок питания ключевого режима большой мощности

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 5.

Статья в связи с семейством блоков питания проектированным для снабжения напряжением питания УКВ передатчиков обладающих оконечными каскадами на транзисторах, демонстрирует блок питания большой мощности новой разработки, также знакомит с построением и применяемыми более важными решениями его узлов и результатами их измерений.

Ковач, Л.:

Производство и разработка приемников на заводе ОРИОН

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 5.

Венгерский ламповый завод „Вольфрам”, предшественник завода „ОРИОН”, был основан в 1913 году в Венгрии. На заводе уже тогда понимали и сумели оценить огромные возможности, заложенные в развитии радиосвязи.

Здесь был впервые налажен промышленный выпуск радиоприемников и, вскоре, фирма ОРИОН стала самым большим производителем и экспортером радиоприемников в Европе. После Второй Мировой Войны фирма ОРИОН была главным поставщиком радиоприемников на внутренний рынок Венгрии. Следует отметить, что кроме других типов продукции, были выпущены также 300 тыс. штук радиоприемников для массового потребителя упрощенной конструкции. Завод ОРИОН первым в стране освоил промышленный выпуск телевизионных приемников, затем приступил к изготовлению микроволновой и вычислительной техники, а выпуск радиоприемников был прекращен.

Сегодня телевизоры, микроволновая и вычислительная техника символизируют три профиля на эмблеме завода ОРИОН.

В формировании и успешной работе ОРИОН выдающуюся роль выполнили руководство и конструкторы завода, которые внесли оромный вклад в его становление, а теперь продолжают успешно работать и сегодня.

Черхалми, Т.:

Технология производства современных генераторных ламп с сеткой, покрытой с пирографитом

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1984. № 5.

Сетка современных, мощных генераторных ламп является одной из наиболее нагруженных и критичных с точки зрения работы ламп деталей. Чем выше рабочая частота генераторной лампы, тем меньше должно

быть расстояния между сеткой и электродами. Этим растет тепловая нагрузка сетки. Тепловая нагрузка сетки растет приблизительно пропорционально с мощностью лампы, поэтому материал сетки должен иметь с одной стороны хорошую теплопроводимость, а с другой стороны большой коэффициент излучения. При повышенной температуре также должны они эмиттировать только небольшое число первичных и вторичных электронов. С целью улучшения излучающих, первичных и вторичных эмиссионных свойств поверхности покрываются металлические сетки слоем пирографита. Исследовали влияние условия пиролиза, применения различных промежуточных слоев на структуру, механические, физические и электрофизические свойства полученного покрытия. На основе результатов испытаний разработали технологию производства, на основании которой сможем изготовить лампы с очень низкой эмиссией сетки.

* * *

Dr. Henk, T.:

Entwurf der Filter von PSK Datenübertragung für quadratischen Fehler

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 5.

Es werden kohärente PSK Daten Übertragungssysteme mit der Hilfe von nichtlinearen Transformationen einer Veränderlichen und linearen Transformationen mehrerer Veränderlichen modelliert, und ein vielphasiger Demodulator von neuer Konstruktion eingeführt. Der quadratische Durchschnittsfehler wird in der Frequenzbereich sowohl für den Fall der Probeentnahme wie für Schwellendetektion gerechnet. Wahr sind die Berechnungen werden die durch die statischen Fehler der Filtercharakteristiken, der Nachbarkanäle und des Träger- und Synchrone Wiederherstellers bereitete kleine Perturbationen beachtet, ohne für diese Perturbationen andere Beschränkungen zu machen. Es werden allgemeine und explizite Zusammenhänge für die optimale Trägerphase und Synchronverzögerung, für die Empfindlichkeit Faktoren von diesen, und für den minimalen quadratischen Durchschnittsfehler gegeben. Auf Grund der Zusammenhänge wird ein Filterentwurf Verfahren verschlagt.

Fazekas, Z.:

Automatische visuelle Kontrolle von Photomasken für integrierten Schaltungen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 5.

Dieser Artikel gibt einen kurzen Überblick über die allgemeinen Fragen der industriellen Anwendungen der automatischen visuellen Kontrolle. Es macht sowohl die wirtschaftliche und technische Hintergrund der automatischen visuellen Kontrolle von Photomasken (benützt beider Produktion von integrierten Schaltungen), auch die verschiedenen Methoden der Kontrolle bekannt. Es legt ein charakteristisches System vor.

Gagliardi, D.:

Optische Verbindungen — Gegenwart und Zukunft

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 5.

Nach einem kurzen historischen Überblick werden die Kennzeichen der optischen Faser und Kabel klargestellt, und die Verwendungsbereiche der optischen Verbindungen behandelt. Zum Schluss werden die CCITT-Empfehlungen bezüglich optischer Kommunikation zusammengefasst.

Bihari, Gy.—Deák, J.:

Netzgerät von grosser Leistung, mit Schaltbetrieb

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 5.

Mit Hinsicht auf die Netzgerätenfamilie, welche für die Versorgung der Speisespannung der UKW-Sender mit transistorisierter Endstufe geplant wurde, zeigt uns der Artikel ein neu-entwickeltes Netzgerät von hoher Leistung. Es werden ausserdem der Aufbau des Gerätes, sowie die bei den wichtigsten Schaltkreisteilen verwendeten Lösungen und deren Messergebnisse bekanntgegeben.

Kovács, L.:

Empfänger Herstellung und Entwicklung in der Orion Fabrik

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 5.

Die in 1913 gegründete Ungarische WOLFRAM Röhrenfabrik, die eigentlich der Rechtsvorgänger von ORION Radio und Elektrizitätsunternehmen ist, hat die riesigen Möglichkeiten, die bei der Rundfunkindustrie liegen, rechtzeitig ersehen. Als erste hat sie mit der Herstellung von Radioempfängern angefangen, und sie wurde während ein paar Jahre der grösste Radioexporteur in Europa. Nach dem zweiten Weltkrieg war ihre wichtigste Aufgabe die Bevölkerung des Landes mit Radioempfängern zu versorgen. Neben vielen anderen Typen hat die Fabrik etwa 300 000 Volkstradioradios hergestellt.

Auch mit der Massenproduktion von Fernsehgeräten in Ungarn hat

Orion angefangen und später, als sie die Produktion von Richtfunk-einrichtungen und rechen-technischen Anlagen, die ein höheres technisches Niveau repräsentieren, begonnen hat, hat sie mit der Herstellung von Radioempfängern aufgehört. Die obigen drei Profile repräsentieren die drei Gesichter von Orion, in deren Zustandekommen haben die hervorragenden Konstrukteure und leitende Persönlichkeiten von ORION eine wichtige Rolle gespielt.

Cserhalmi, T.:

Produktionstechnik moderner Senderöhren mit Pyrographit-Gitterüberzug

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. Nr. 5.

In modernen Hochleistungs-Sende- und Generatorröhren ist das Gitter ein kritischer Teil, da es während des Betriebes hochbeansprucht wird. Je höhere Frequenzen werden für die Röhre vorgesehen, desto geringer sind die Abstände zwischen Gitter und Elektroden, womit die Wärmelastung des Gitters erhöht wird. Die Wärmebelastung hängt aber auch von der Leistung in gerader Proportion ab. Folglich sollen Wärmeleitfähigkeit und Ausstrahlungskoeffizient des Gittermaterials hochwertig sein. Doch muss die Emission der primären und sekundären Elektronen auch bei diesen höheren Temperaturen niedrig sein, aus diesem Grund werden Metallgitter mit Pyrographit überzogen, womit die Wärmeausstrahlung erhöht und die Emission von primären und sekundären Elektronen herabgesetzt wird. Die Auswirkungen der Bedingungen der Pyrolyse und die der verschiedenen Zwischenschichten für die Struktur und die mechanischen, physikalischen und elektronphysikalischen Eigenschaften des erhaltenen Überzuges wurden erforscht. Unsere Versuche ergaben eine Technologie womit Röhren mit hervorragend niedriger Gitteremission hergestellt werden können.

* * *

Dr. Henk, T.:

Filter Design in PSK Data Transmission for Mean Square Error

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 5.

Coherent PSK data transmission systems are modelled using one variable nonlinear or several variable linear transformations. A poly-phase multiplier type demodulator with a new structure is suggested. Considering either sample or threshold detection, a mean square error (MSE) analysis is carried out in the frequency domain for small perturbations which are interchannel interferences, linear distortions, and static imperfections of the carrier and timing recovery, without any other restrictions for the bandwidth and the distortions. General and explicit expressions are given for the optimal carrier phase and timing delay, for their sensitivity and for the minimal MSE value. Using these expressions, filter design considerations are presented.

Fazekas, Z.:

Automatic Inspection of IC-photomasks

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 5.

This article treats briefly the general aspects of the industrial application of automatic visual inspection. It presents the economic and technical background of the automatic visual inspection of photomasks used during the manufacturing of integrated circuits. It presents also some inspection-methods. A typical inspection system is described.

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 215–96 162 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–1389 Budapest, Postafiók 149.



Egyetemi Nyomda — 84.2265 Budapest, 1984. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

Gagliardi, D.:

Optical communication — present and future

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 5.

Following a short historical survey the characteristics of optical fibers and cables are dealt with, and the application fields of optical links are reviewed. Finally, a summary is presented on the CCITT Recommendations on optical communication.

Bihari, Gy.—Deák, J.:

High Power Switched Mode Power Supply Unit

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 5.

In connection with the power supply unit family developed for VHF transmitter equipment with transistorized output stage, the paper introduces a newly developed high-power power supply unit detailing its construction, the solutions used in main circuit parts and their test results.

Kovács, L.:

Receiver production and development in the Orion factory

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 5.

The Hungarian Lamp Factory Wolfram, the predecessor of ORION was founded in 1913 in Hungary. The managers of the factory at that time succeeded in estimating the primary importance of radio communication. The ORION firm was the first to start the commercial output of radio sets, and soon it became the greatest producer of radio sets in Europe.

After the Second World War ORION was the biggest supplier of different radio set types for the domestic market. It is necessary to mark here, that besides other types of production some 300 thousand pieces of simplified construction radio sets were produced for the mass consumer in Hungary.

The ORION firm was the first to start the production in bulk of TV sets in the country, and soon switched over to the serial production of microwave and computer technology. Thus the production of radio sets had been finally stopped.

Now the TV sets, microwave and computer technology symbolize the three profiles of ORION firm's trade mark.

The managers, constructors and technicians of the firm paid a great contribution to the development and foundation of ORION in the past years. Now all the members of the factory do their best to fulfill the plans and tasks for the future.

Cserhalmi, T.:

Production technique of modern transmitting tubes with pyrographite grid coating

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1984. No. 5.

In modern high power transmitting and generator tubes, the grid is a critical feature, it is under stress during operation. The higher frequency is considered in the design, the less are the distances between grid and electrodes, whereby the thermal shock of the grid increases. On the other hand, the thermal shock depends also on the power consumption, with which it is in direct ratio. Consequently, both thermal conductivity and radiation coefficient of the grid material have to be high. However the emission rate of both primary and secondary electrons must be low also at these higher temperatures and, for this reason, metal grids are coated with pyrographite to enhance the thermal emission and to reduce the emission rate of both primary and secondary electrons. The effects of the conditions of the pyrolysis and those of different intermediate layers to the structure and to mechanical, physical and electronphysical properties of the coating obtained, were investigated. Our experiments resulted in a technology permitting to produce tubes with outstanding low grid emission.