

HÍRADÁS- TECHNIKA

**A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA**

7

HÍRADÁS- TECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

MONOSTORI LÁSZLÓ: MOS tranzistorok kétdimenziós numerikus analízise	193
Szemle	202, 206, 211
DIETHARD HUBER: Mikrohullámú alkatrészgyártáshoz használható félvezető anyagok minősítése	203
CZEINER ANTAL: Mintaszámláló berendezés alkalmazása az üzemeltetésben	207
GUDENUS LÁSZLÓNÉ: Relék (jelfogók) tranzien্স lengéséből eredő zaj	212
Egyesületi hírek	220
Tartalmi összefoglalások	222
Обобщения	223
Zusammenfassungen	223
Summaries	224
Résumés	224

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

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Boglár Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 113-027. Kiadja: a Lapkiadó Vállalat, Budapest, Lenin krt. 9—11. 1073, telefon: 221-285. Levélcím: Budapest, Pf. 223. 1900. Felelős kiadó: Siklósi Norbert. 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 72 Ft, egész évre 144 Ft. Egyes szám ára: 12 Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149



Egyetemi Nyomda — 79.4252 Budapest, 1979. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

HU ISSN 0018—2028

Index : 25 375

MONOSTORI LÁSZLÓ
MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet

MOS tranzisztorok kétdimenziós numerikus analízise

ETO 621.3.049.774.2:621.382.3.011.7:681.3.06

A félvezetőeszközök tervezésénél elengedhetetlenül szükséges az eszközökön belül lejátszódó fizikai folyamatok pontos ismerete. A félvezetőeszközök háromdimenziósak, de az alapvető fizikai működésük sok esetben két dimenzióban leírható. Néhány eszköz — pl. egyes MOS eszközök, p-n átmenet, bipoláris tranzisztor — viselkedése még egydimenziós modellel is kielégítően vizsgálható.

A kétdimenziós modellekben a fizikai folyamatokat általában csatolt nemlineáris parciális differenciálegyenletek fejezik ki, melyeknek megoldása szinte kizárólagosan számítógéppel végezhető el.

A BME Elméleti Villamosságtan Tanszékén nappali szakmérnökhallgatóként, dr. Veszely Gyula adjunktus irányításával elkészítettem egy programrendszert [22], mely lehetővé teszi a MOS tranzisztorok gyártás előtti vizsgálatát, az eszközök jellemző paramétereinek valamely szempont szerinti optimalizálását. Célul tűztük ki azt is, hogy a programrendszer legyen alkalmas a MOS tranzisztorok működésében szerepet játszó fizikai folyamatok további vizsgálatára, szolgáljon alapul a hálózatanalízis — programokban felhasznált tranzisztormodellek finomítására, és eredményeivel — így az elkészített számítógépes ábrákkal — segítse az egyetemi oktatást.

Ebben a cikkben összefoglaljuk azt az elméleti anyagot, amelyet a programrendszer elkészítésénél felhasználtunk, majd a programrendszer rövid ismertetése után néhány eredménnyel mutatjuk be a rendszer alkalmazhatóságát.

1. Az előforduló jelölések értelmezése

D	diffúziós tényező
$Dop = N_D - N_A$	adalekcolás
h	rácstávolság
I_D	drain-áram
J	áramsűrűség

K	az iteráció sorszáma
n	elektronsűrűség
N_A	akceptorsűrűség
N_D	donorsűrűség
p	lyuksűrűség
q	az elektron töltésének abszolút értéke
R	rekombinációs tényező
t	idő
u	potenciál
V_D	drain-feszültség
V_G	gate-feszültség
x	a csatornára merőleges tengely
x_0	az oxidréteg vastagsága
y	a csatorna irányárba eső tengely
δ	a potenciál megváltozása
ϵ	permittivitás
$\epsilon_{ox}, \epsilon_s$	az oxid, illetve a félvezető permittivitása
μ	mozgékonyosság
ρ	töltéssűrűség

Megjegyzés: A jelöléseknél levő n index mindig elektronokra, a p index mindig lyukakra vonatkozó mennyiségre utal.

A 2. fejezettől kezdve a * jelet normalizálatlan értékeknél tüntettük fel.

A rácsponti értékeket i, j indexszel láttuk el.

2. A megoldandó egyenletek, határfeltételek

A félvezetőeszközökben lejátszódó transzportjelenségeket a következő egyenletek írják le:

$$\nabla^2 u^* = -q/\epsilon \cdot (p^* - n^* + DOP^*), \quad (1)$$

ahol $DOP^* = N_D^* - N_A^*$.

Az (1) kifejezés a Poisson-egyenlet.

Az elektronáram egyrészt a drift-, másrészt a diffúziós komponensből áll, így az elektronok áramsűrűségére vonatkozó egyenlet:

$$\mathbf{J}_n^* = -q \cdot \mu_n^* \cdot n^* \cdot \nabla u^* + q \cdot D_n^* \cdot \nabla n^*. \quad (2a)$$

Hasonlóképpen a lyukáram sűrűsége:

$$\mathbf{J}_p^* = -q \cdot \mu_p^* \cdot p^* \cdot \nabla u^* - q \cdot D_p^* \cdot \nabla p^*. \quad (2b)$$

A folytonossági egyenletek:

$$\nabla \cdot \mathbf{J}_n^* - q \cdot \frac{\partial n^*}{\partial t^*} = q \cdot R^*, \quad (3a)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{J}_p^* + q \cdot \frac{\partial p^*}{\partial t^*} = -q R^*. \quad (3b)$$

Az egyenleteket — egyrészt a felesleges konstansok elhagyása, másrészt a szereplő változók nagyságrendjének számítástechnikai szempontból való előnyös megváltoztatása érdekében — normalizálni szokás (pl. [3]).

Írjuk fel az (1)–(3) egyenletek normalizált alakját, de tüntessük fel azt, hogy a változók az x, y távolságok függvényei (kétdimenziós vizsgálatra szorítkozunk). Vonjuk össze a (2) és (3) összefüggéseket, közben pedig — stacionárius megoldást keresve — hagyjuk el az időbeli deriváltakat tartalmazó tagokat.

Így:

$$\nabla^2 u(x, y) = n(x, y) - p(x, y) - DOP(x, y), \quad (4)$$

$$\nabla \cdot \{ \mu_n(x, y) \cdot [-n(x, y) \cdot \nabla u(x, y) + \nabla n(x, y)] \} = R(x, y), \quad (5a)$$

$$\nabla \cdot \{ \mu_p(x, y) \cdot [p(x, y) \cdot \nabla u(x, y) + \nabla p(x, y)] \} = R(x, y). \quad (5b)$$

Az (5a), (5b) egyenletek kapcsán megjegyezzük, hogy a μ_n, μ_p mozgékonyaságok és az R rekombinációs tényező csak közvetve a helykoordináták függvényei, valójában több tényezőtől — az előbbi például az adalékolástól, a térerőtől, az utóbbi pedig a lyuk-, illetve elektronsűrűségtől — függenek.

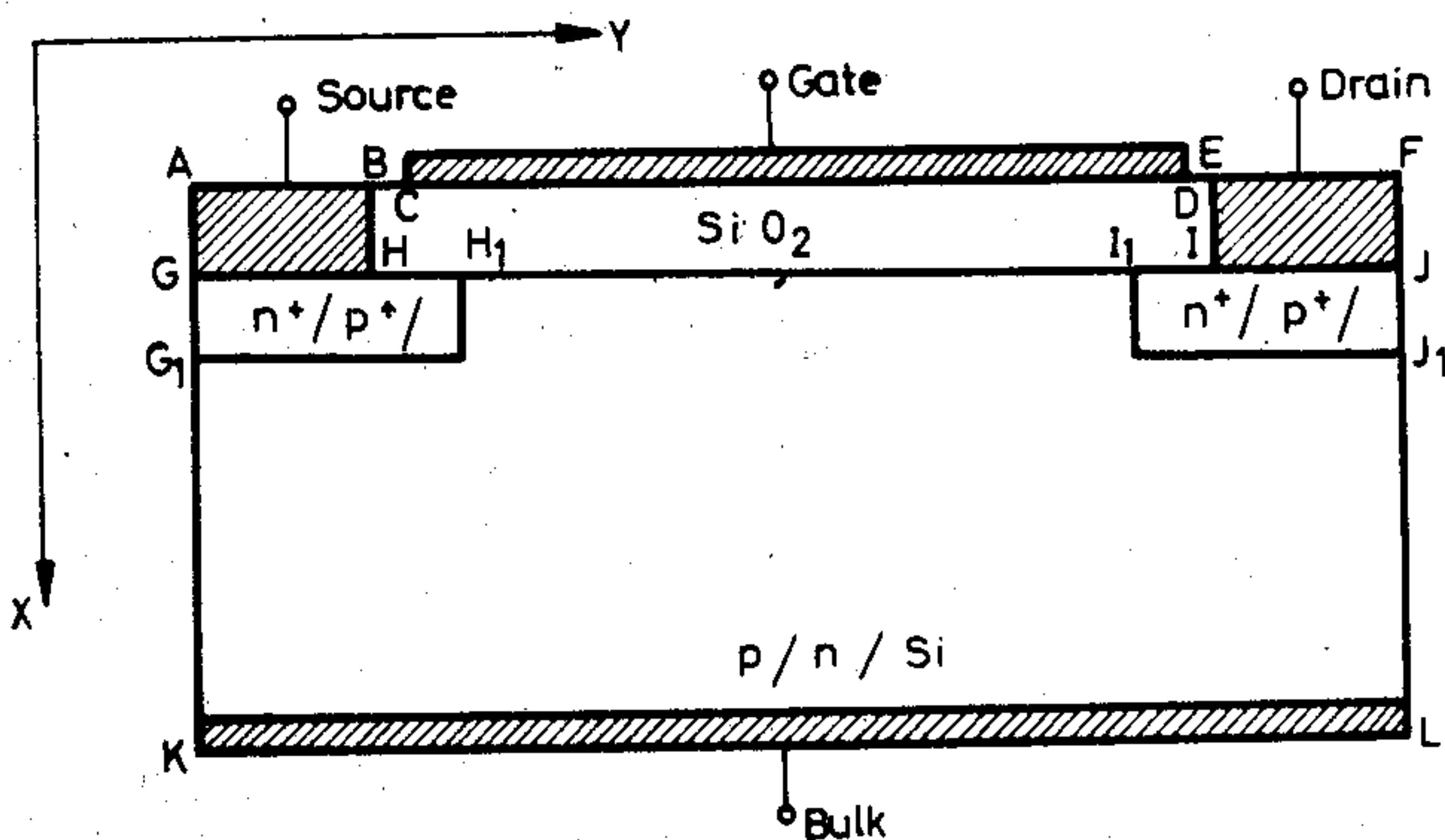
2.1 Határfeltételek

MOS tranzisztor síkmetszete látható az 1. ábrán.

Az 1. ábra jelöléseit használva, a $GKLJ$ tartományon a (4) (5) egyenletek mindegyikét meg kell oldanunk, a $BHIE$ részen pedig a

$$\nabla^2 u(x, y) = 0 \quad (6)$$

Laplace-egyenletet kell teljesítenünk. (6) felírásakor



1. ábra. MOS tranzisztor keresztmetszete

feltételeztük, hogy az oxidrétegben nincs töltés. Amennyiben az oxidban ismert a $\rho(x, y) \neq 0$ töltéssűrűség-függvény, úgy azt a (6) egyenlet jobb oldalán szerepeltethetjük.

Az egyenletek megoldása során a következő határfeltételeket kell teljesítenünk:

a) Az $AGHB, EIIF, CD$ és KL fém kontaktusokon a potenciál állandó.

b) A BC és DE szakaszon a potenciálmenetet lineárisnak tekintjük.

c) A HI szakaszon (az oxid-félvezető határon) mind az elektron-, mind a lyukáram normális komponensét nullának vesszük.

Ha eltekintünk az oxid-félvezető átmenetnél befogott töltésmennyiségtől, ezen a szakaszon az eltolási vektor normális komponensének folytonosságát kell a potenciálfüggvénnyel teljesítenünk:

$$\epsilon_{ox} \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \Big|_{x=x_0-0} = \epsilon_s \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \Big|_{x=x_0+0} \quad (7)$$

d) Feltételezzük, hogy a GK és JL szakaszon mind a feszültségnek, mind a lyuk-, illetve elektronsűrűségnek az y irányú változásától eltekinthetünk, vagyis:

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial n}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial y} = 0. \quad (8)$$

Másik lehetséges közelítés, hogy a $p-n$ átmenet egydimenziós analízisének eredményét vesszük figyelembe ezeken a szakaszokon [8].

e) A GH, IJ és KL szakaszokon, ahol a félvezető fémmel érintkezik, az ohmos kontaktusokra jellemző feltételeket teljesítjük:

$$\rho(x, y) = 0, \quad (9a)$$

$$n(x, y) \cdot p(x, y) = 1. \quad (9b)$$

A (9a) összefüggés a semlegességi, a (9b) pedig az egyensúlyi feltételt fejezi ki.

f) A GH, IJ és KL szakaszokon szerepeltetjük a fém kontaktusok és félvezető-tartományok közti (9)-ből adódó kontaktpotenciál-különbséget.

A gate-kontaktus és a félvezető közötti kontaktpotenciál-különbséget beleértjük a gate-feszültség értékébe.

3. Az egyenletek diszkretizálása

A (4)–(5) egyenletek csatolt elliptikus differenciálegyenletek. A megoldást nehezíti, hogy a mozgékonyaság- és rekombináció-értékek az ismeretlenek bonyolult *nemlineáris függvényei*. Az egyenletrendszer megoldása iteráció útján végezhető el, amelynek minden lépésekor a nemlinearitást okozó tagokat az előző iteráció eredményei alapján számoljuk. Így minden egyes lépésnél *lineáris elliptikus differenciálegyenleteket* kell megoldanunk. Az iterációs eljárást addig folytatjuk, míg a megoldás valamilyen pontossági követelménynek meg nem felel.

A lineáris elliptikus differenciálegyenletek megoldásának leggyakrabban használt eszköze a *rácsmódszer* [16]. Előnyös tulajdonságai miatt a rácsmódszer, avagy a véges differenciák módszere egyed-

uralkodó szerepet játszik a félvezetőeszközök modellezésénél felmerülő numerikus matematikai problémák (parabolikus-, illetve egyenáramú feladat esetén elliptikus parciális differenciálegyenlet-rendszerek) megoldása során [10].

3.1 A Poisson-egyenlet diszkretizációja

A Poisson-egyenletet a következőképpen diszkretizálhatjuk (írhatjuk át differenciaegyenletté).

Vegyük fel a töltéssűrűségek és a potenciál közötti kapcsolatot az

$$n(x, y) = \alpha(x, y) \cdot e^{u(x, y)} \quad (10a)$$

$$p(x, y) = \beta(x, y) \cdot e^{-u(x, y)} \quad (10b)$$

alakban. Az összefüggések lényegében a Boltzman-eloszlás szerepeltetését jelentik, de az α és β tényezők x, y függésével lehetővé tesszük a töltéssűrűségnek az egyensúlyi eloszlástól való eltérését is.

A (10a, b) összefüggések felvétele tulajdonképpen nem szükségszerű. A (4), (5a, b) egyenletekből álló csatolt rendszer (10) nélkül is megoldható. A (10a, b) összefüggések szerepeltetésének a célja: az egyenletek közti csatolás erősítése, vállalva azt a hátrányt is, hogy ezáltal a Poisson-egyenletet u -ban nemlineárisra tesszük. A leírt módszert az irodalom szerint széles körben használják [10].

A (10a, b)-vel nemlineárisra tett Poisson-egyenlet megoldását iterációval végezzük. Írjuk fel a $(K+1)$ -edik iteráció eredményét az

$$U_{i,j}^{(K+1)} = U_{i,j}^{(K)} + \delta_{i,j}^{(K)} \quad (11)$$

alakban, ahol $\delta_{i,j}^{(K)}$ a potenciál (i, j) rácspontbeli értékének a $(K+1)$ -edik iterációkor keletkezett korrekciója.

(11)-et (4) nemlineáris formájába beírva, majd feltételezve, hogy már elég közel járunk a megoldáshoz — a nemlineáris tagokat Taylor-soruk első két tagjával helyettesítve, a Poisson-egyenlet diszkretizált formáját kapjuk:

$$\nabla^2 \delta_{i,j}^{(K)} - \delta_{i,j}^{(K)} (n_{i,j}^{(K)} + p_{i,j}^{(K)}) = n_{i,j}^{(K)} - p_{i,j}^{(K)} - DOP_{i,j} - \nabla^2 u_{i,j}^{(K)}. \quad (12)$$

Minden egyes iterációs lépés után az előző iteráció rácsponti potenciálértékeit módosítjuk (11) szerint a kapott $\delta_{i,j}^{(K)}$ megváltozásokkal.

3.2. A folytonossági egyenletek diszkretizációja

Míg a (12) egyenlet általánosan elfogadott, a folytonossági egyenletek többféle diszkretizált alakját találhatjuk az irodalomban.

Az egyszerűség kedvéért tételezzünk fel egy egydimenziós, azonos h osztású rácsot. Az elektronáram-sűrűség x szerinti differenciáhányadosának szokásos közelítése az i -edik rácspontban (elhagyva az n indexet):

$$\left. \frac{dJ}{dx} \right|_{x=i \cdot h} = (J_{i+1/2} - J_{i-1/2})/h. \quad (13)$$

Feltételezve, hogy két szomszédos rácspont között a potenciál állandó, az áram-sűrűség általában hasz-

nált diszkretizált alakjához jutunk [6]:

$$J_{i+1/2} = \frac{\mu_{i+1/2}}{h} [n_{i+1} \cdot e^{-\Delta u/2} - n_i \cdot e^{\Delta u/2}], \quad (14)$$

ahol $\Delta u = u_{i+1} - u_i$ és $\mu_{i+1/2} = \frac{\mu_i + \mu_{i+1}}{2}$.

Abban az esetben, amikor az elektromos térerőt és az áram-sűrűséget tekintjük állandónak két szomszédos rácspont között, akkor Scharfetter és Gummel képletét kapjuk [4]:

$$J_{i+1/2} = -\mu_{i+1/2} \cdot \frac{\Delta u}{h} \left[\frac{n_{i+1}}{1 - e^{\Delta u}} + \frac{n_i}{1 - e^{-\Delta u}} \right]. \quad (15)$$

Belátható [10], hogy a (14) kifejezés alkalmazásakor, az egyenletek megoldásakor $|\Delta u| > 2$ esetén a rácspontjaiban negatív töltéssűrűséget kapunk. Ezért (14) csak $|\Delta u|$ aránylag kis értékeinél használható. Ez a tulajdonság adott rácsméret esetén erősen behatárolja a szerkezetre kapcsolt feszültségek értékeit. Azonos feszültségviszonyok esetén a Scharfetter—Gummel-képletet alkalmazva sokkal kisebb méretű rács elég a konvergenciához.

A (15)-tel kapcsolatban még megjegyezzük, hogy $|\Delta u| \ll 1$ esetén megegyezik (14)-gyel, $|\Delta u| \gg 1$ esetén pedig a driftáram kifejezését adja.

Hasonló jellegű képleteket nyerünk a lyukáram vizsgálatakor is.

A (13), (14), (15) képletek kétdimenziós esetre is kiterjeszthetők.

Az 1. pontban leírt peremfeltételeket nagyobb nehézségek nélkül beépíthetjük a differenciálegyenletek ebben a fejezetben felírt differencia-analogonjaiba.

4. Az egyenletrendszer megoldása

Az előzőekben láttuk, hogy tulajdonképpen három csatolt elliptikus differenciálegyenletet kell megoldanunk. A nemlinearitás miatt a megoldás egzisztenciája és unicitása nem garantált. A következőkben leírt algoritmus helyességét a gyakorlat igazolta.

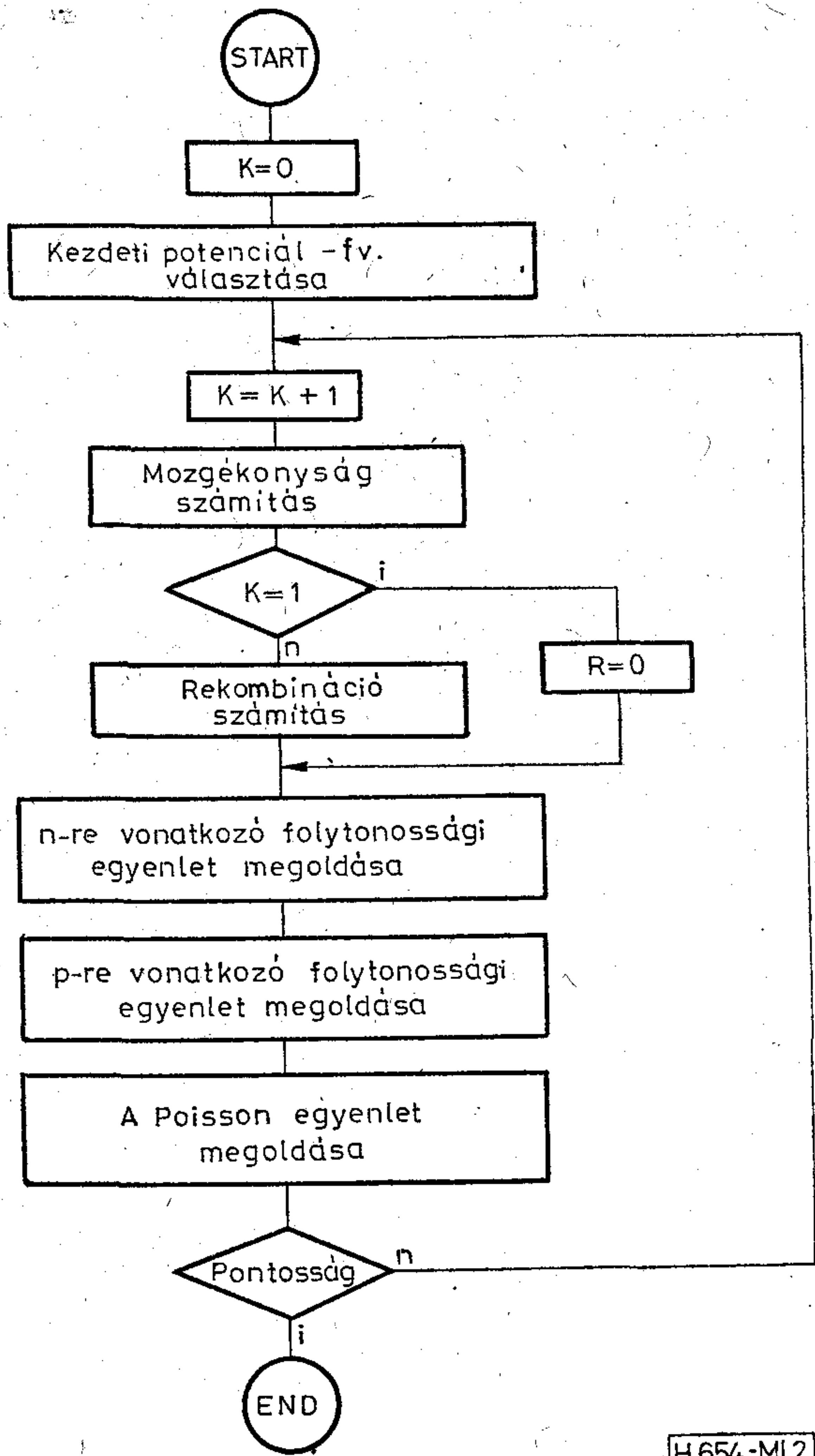
Az egyenletek nemlinearitása miatt iterációs megoldási algoritmust kell választanunk, melyet a 2. ábra kapcsán ismertetünk.

A teljes rendszert tekintve az u potenciál, valamint az n és p töltéssűrűség-függvények az ismeretlenek. Segítségükkel a tranzisztor más jellemzői számíthatók.

A 2. ábra algoritmusának legfontosabb tulajdonsága, hogy a három egyenletet egymástól különállóan, szekvenciálisan oldjuk meg.

A mozgékony-, illetve a rekombináció-értékeket a változóktól való függésük miatt mindig az előző iterációs lépés alapján számoljuk. A folytonossági egyenletek megoldása során a potenciál, a Poisson-egyenletnél a töltéssűrűségek rácspontbeli értékeit tekintjük az előző iterációs lépés alapján ismertnek.

A (4), (5) differenciálegyenletekben szereplő differenciál-operátorok közelítésében a szakirodalom szerint általánosan elfogadott az 5-pontos differencia-formulák alkalmazása. Mivel ekkor az egy pont-ra felírt differencia-hányadosban maximálisan 4 másik (a 4 szomszédos) rácspontbeli függvényérték



2. ábra. A 3 csatolt elliptikus differenciálegyenlet megoldásának vázlatos diagramja

szerepel, az egyes differenciálegyenletek differenciá-analagonjai olyan lineáris egyenletrendszerek, amelyek együtthatómátrixa speciális, 5 nem nulla sávot tartalmazó ritka mátrix.

Az ilyen együtthatómátrixú lineáris egyenletrendszer megoldására fejlett eliminációs és iterációs módszerek állnak rendelkezésünkre [18, 20].

5. A MOS-modell programrendszer

Az itt és [22]-ben leírt elméleti anyagra támaszkodva a BME Elméleti Villamosság-tan tanszékén elkészítettünk egy programrendszert, amely MOS-tranzisztorok stacionárius áramlási terének kétdimenziós numerikus analízisét végzi.

A MOS-MODELL programrendszer jelenlegi formájában az Egyetemi Számítóközpont RAZDAN-3 számítógépén működik, a grafikus megjelenítést a számítógéphez off-line üzemmódban kapcsolt Digigráf rajzgép segítségével végezzük.

A RAZDAN-3 gép memóriája 32k 48 bites szóból áll. A jobb memóriakihasználás érdekében és azért, mert az egyes részfeladatok egymástól jól elkülöníthetők, a feladatot 4 fő részre osztottuk. Az egyes részfeladatokat végző programok egymással egy

mágnesszalagos bázison keresztül tartanak kapcsolatot.

Ily módon az egyenletek megoldását végző programot megelőzi egy előkészítő program, amely a megoldáshoz szükséges, de attól különválasztható feladatokat (pl. rácsgenerálás, kezdeti potenciál-függvény-felvétel stb.) hajtja végre. Az analízis eredményeül kapott kétváltozós függvények láthatóvá tételét egy harmadik program végzi. A negyedik részprogram több analízis-eredményt felhasználva karakterisztikát számol és ábrázol, összeveti az analitikus úton, illetve a kétdimenziós analízis segítségével kapott eredményeket, valamint az áramcsatorna közelítő alakját teszi szemléletessé.

A MOS-MODELL programrendszer főbb jellemzői a következők:

- a) A programok FORTRAN nyelven, illetve gépi kódban íródtak.
- b) Változó beosztású rácshálózatot engedünk meg, a tranzisztor „problematikusabb” tartományaiban a rácspontokat a program is képes generálni.
- c) Az adalékolási viszonyok kényelmes megadására háromféle mód áll rendelkezésünkre.
- d) A mozgékonytságot a Caughey-Thomas-modell [2] segítségével vehetjük figyelembe, a rekombinációs értékeket a Shockley-Read-Hall-modell alapján számítjuk. Lehetőség van a program konstans mozgékonytsággal és rekombinációs tényezővel történő lefuttatására is.
- e) A folytonossági egyenletekre vonatkozó, a 2. pontban leírt kétféle diszkretizációs mód mindegyikét választhatjuk.

Úgy tudjuk, ez az első olyan programrendszer, amely a Scharfetter-Gummel-diszkretizálási módszer kétdimenziós változatát használja fel MOS-tranzisztorok analízisére.

f) Összhangban a szakirodalom azon megállapításával, hogy nem túl nagy rácsméretű kétdimenziós feladatoknál az eliminációs módszer előnyösebb, de legalábbis nem hátrányosabb az iteratív eljárásoknál [18], az eliminációt választottuk a lineáris egyenletrendszerek megoldására.

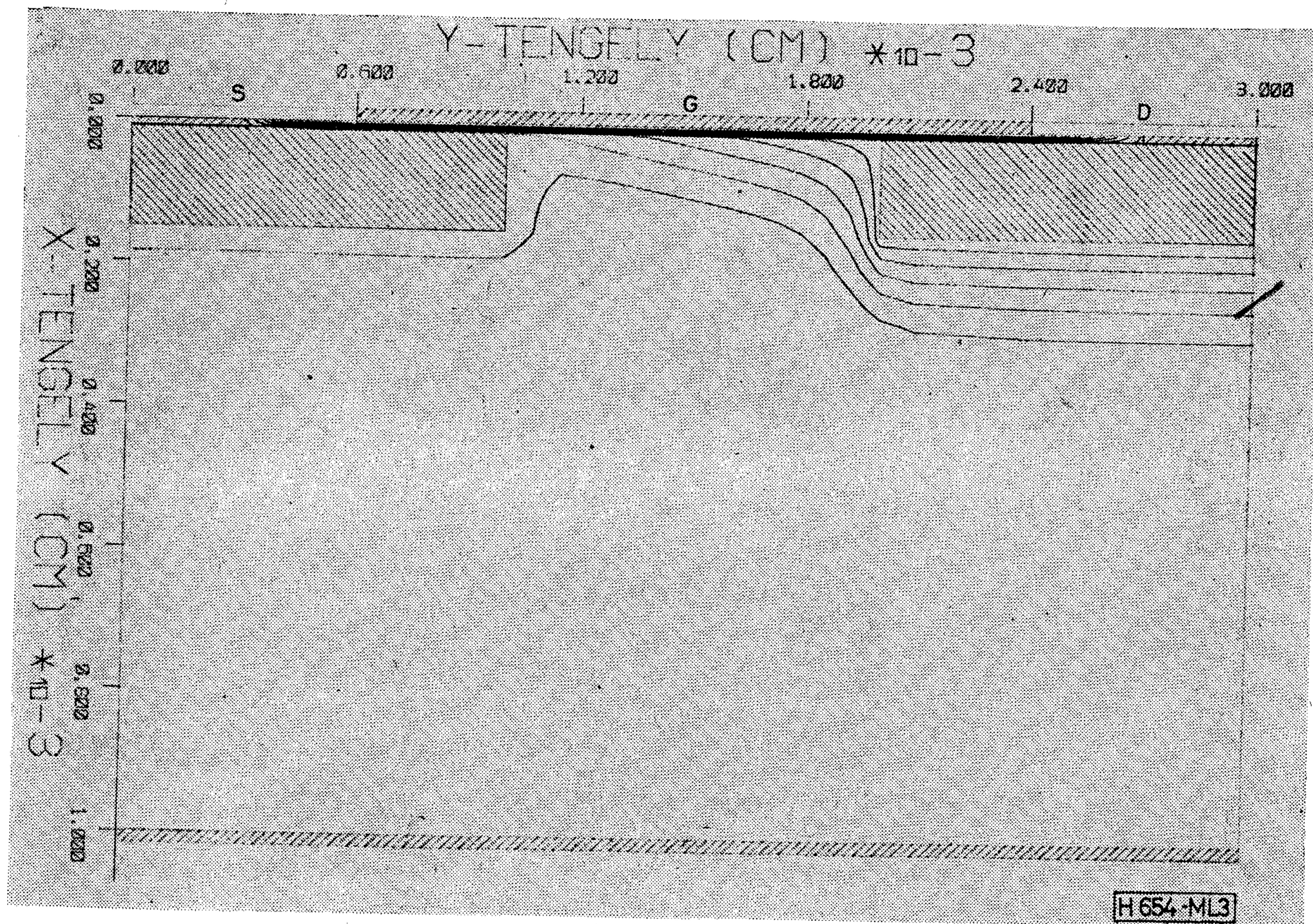
Az elimináció gépedjét jelentősen csökkentettük az 5-sávú együtthatómátrixú lineáris egyenletrendszer megoldó szubrutin gépi kódos változatának elkészítésével.

g) Maximálisan 600 rácspontot engedünk meg, de a megoldó rutin mágnesszalagos változatát használva ez a korlát messze kitolódik.

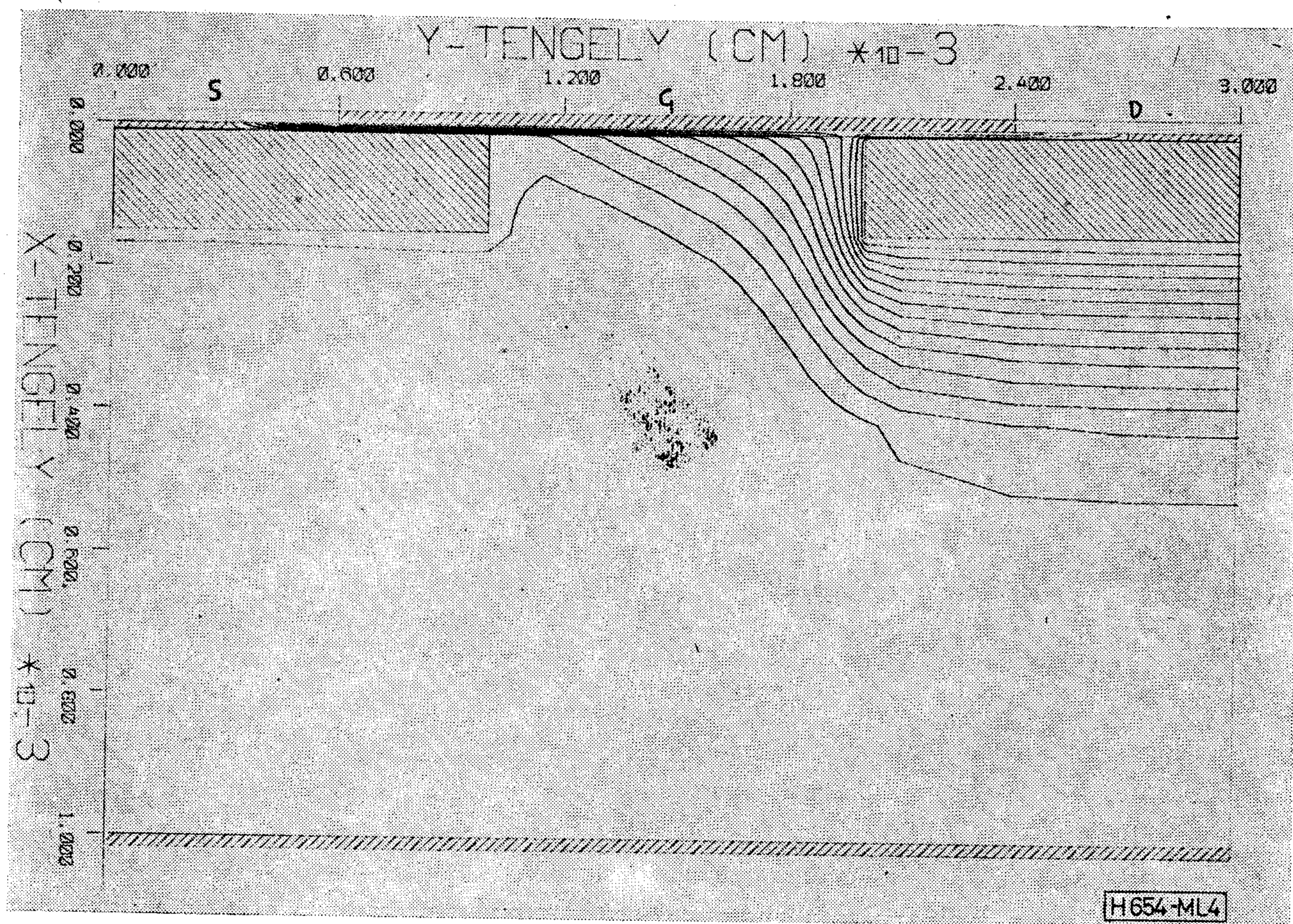
h) A megoldás során jól bevált túlcsoportulás és divergencia elleni védelmet biztosítunk.

i) Lehetőség van az analízisnek egy, már elvégzett feladat eredményén alapuló, némileg más potenciálértékek melletti lefuttatására is, sőt a kiindulási értékeket az előző eredményekből extra- vagy interpoláltathatjuk.

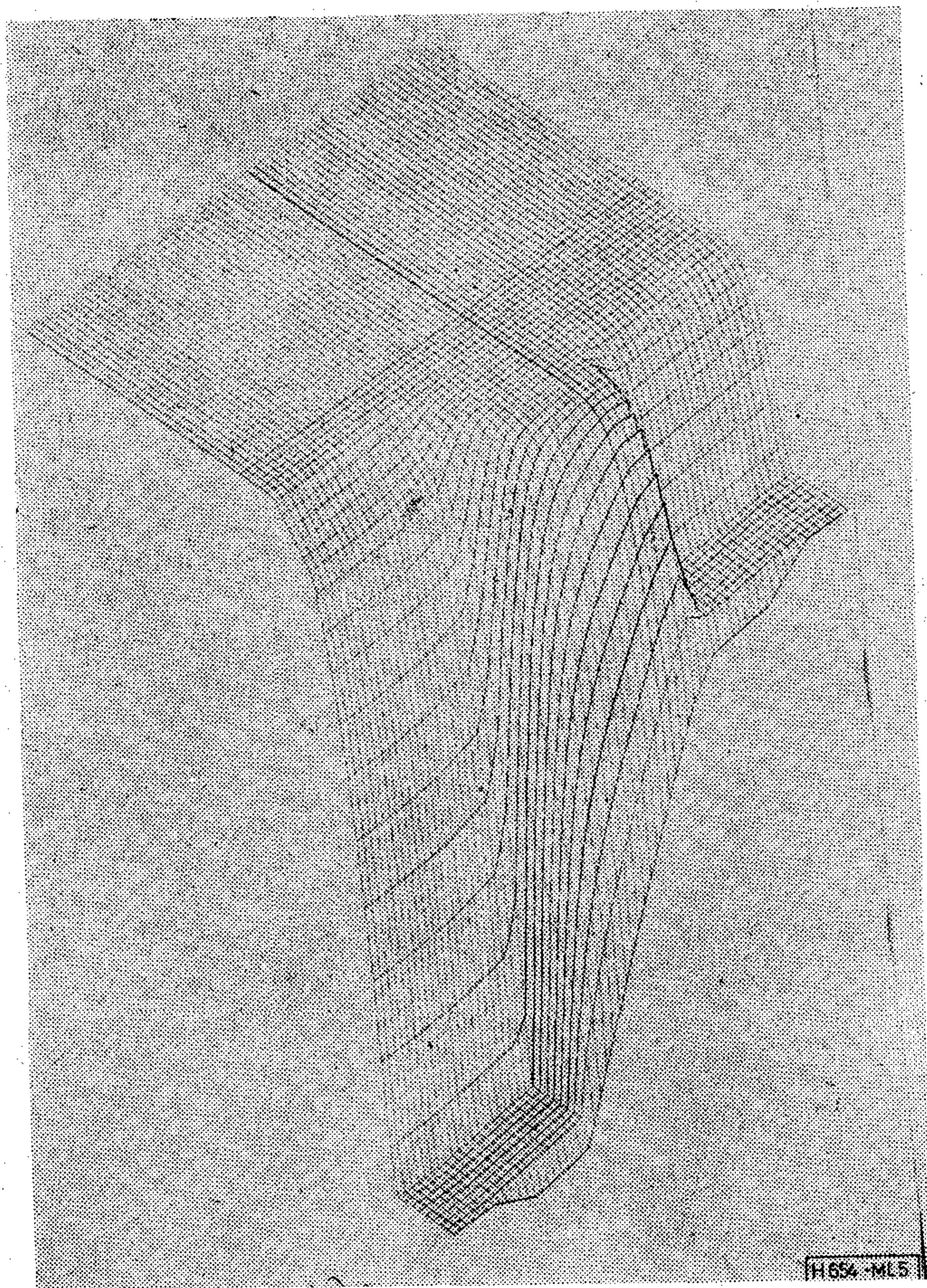
j) Az eredmények alapos vizsgálatát teszik lehetővé és segítik elő a rendszer sokirányú grafikus szolgáltatásai (3-12. ábra). Egy konkrét feladat esetén az eredményül kapott kétváltozós függvényeket szintvonalas vagy paralel ortogonális projekció [19] felhasználásával készített ábrák segítségével vizsgálhatjuk, de lehetőség van az illető függvények rácsvonalmenti viselkedésének szemléltetésére is.



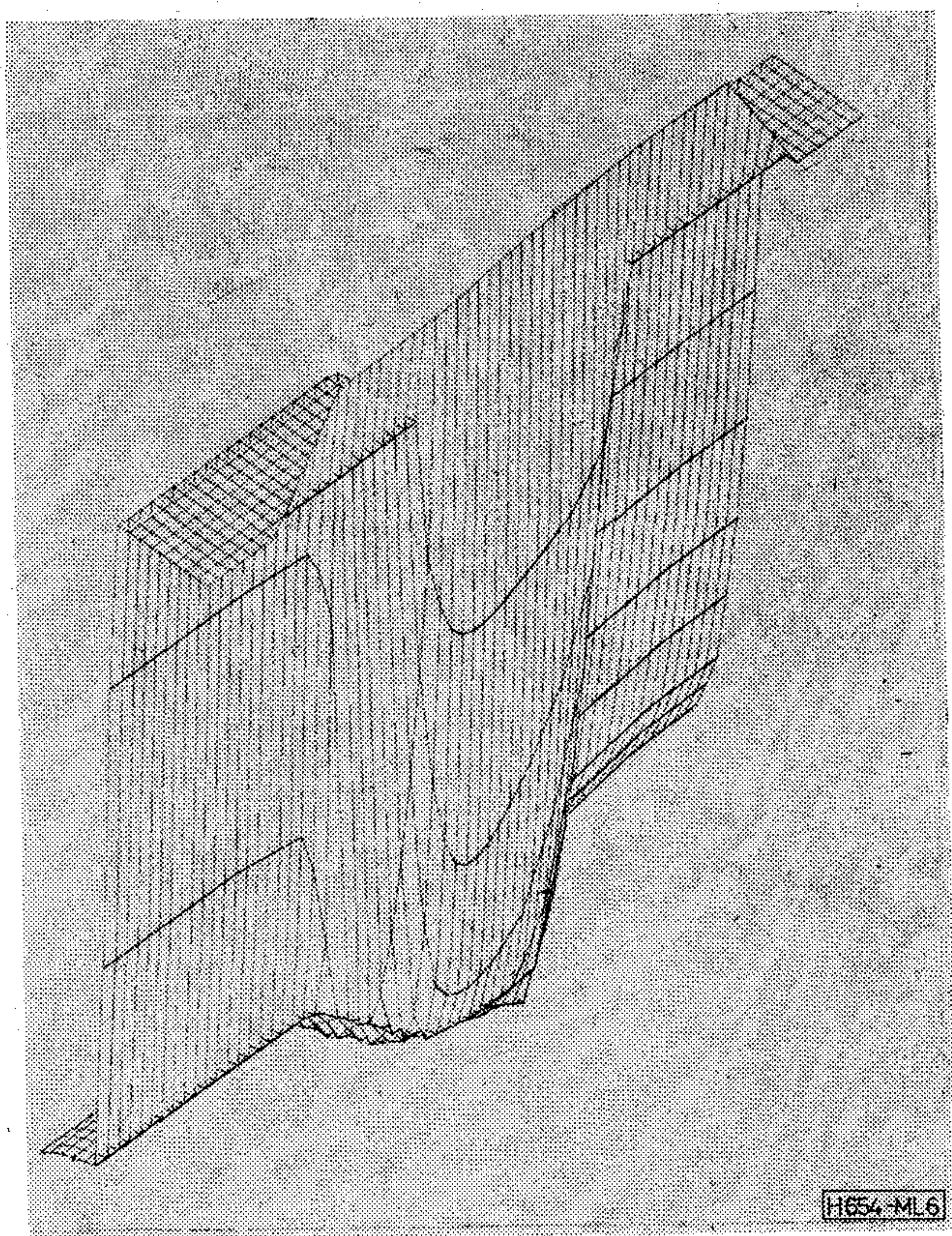
3. ábra. A potenciálfüggvény szintvonalai
($V_G = -5$ V, $V_D = -1,5$ V, h.csat.)



4. ábra. A potenciálfüggvény szintvonalai
($V_G = -5$ V, $V_D = -6,5$ V, h.csat.)



5. ábra. A félvezetőtartomány potenciálfüggvényének térbeli képe a drain felől nézve ($V_G = -5$ V, $V_D = -1,5$ V, h.csat.)



6. ábra. A lyuksűrűség logaritmusának térbeli képe közel az oxidhoz, a drain felől nézve ($V_G = -5$ V, $V_D = -1,5$ V, h.csat.)

A tranzisztor-karakterisztikák mellett rajzban kaphatjuk meg az áramcsatornák közelítő alakját is.

k) A kétdimenziós numerikus analízis eredményeit célszerű az analitikus formulákból kapott értékekkel összehasonlítani, sőt az analitikus képletek bizonyos módosítására is lehetőség nyílik. A program jelenlegi változata képes pl. egy adott szerkezetre, a csatornarövidülés egyik jelentős analitikus formulájában, a Frohman—Bentchkowsky-modellben [5] szereplő két állandó meghatározására.

A program használhatóságát a következő fejezetben ismertető néhány eredménnyel mutatjuk be.

6. Futtatási eredmények

6.1. A vizsgált szerkezetek leírása

A bemutatandó példák kétféle alapgeometriájú MOS tranzisztorra vonatkoznak.

Az analizált vékony oxidrétegű, hosszúcsatornás tranzisztor jellemző méretei (az 1. ábra jelöléseivel): x irányú méretek: $AK = 10$ μm , az oxidréteg vastagsága $AG = 0,1$ μm , a source és drain vastagsága $GG_1 = JJ_1 = 1,4$ μm . A struktúra y irányban szimmetrikus, $AF = 30$ μm , a source és drain kontaktusok hossza $AB = EF = 3$ μm , a gate kontaktus $CD = 18$ μm , a source és drain pedig egyenként $GH_1 = I_1J = 10$ μm hosszú.

A z irányú méret 100 μm . A p csatornájú szerkezet adalékolási viszonyai: az n típusú szubsztrátum koncentrációja, $5 \cdot 10^{14}/\text{cm}^3$, a p típusú source és drain koncentrációja $5 \cdot 10^{16}/\text{cm}^3$.

A vizsgált rövidcsatornájú tranzisztor adatai az előzőekkel megegyeznek, kivéve, hogy a csatorna hossza az előbbi tizedrésze: 1 μm .

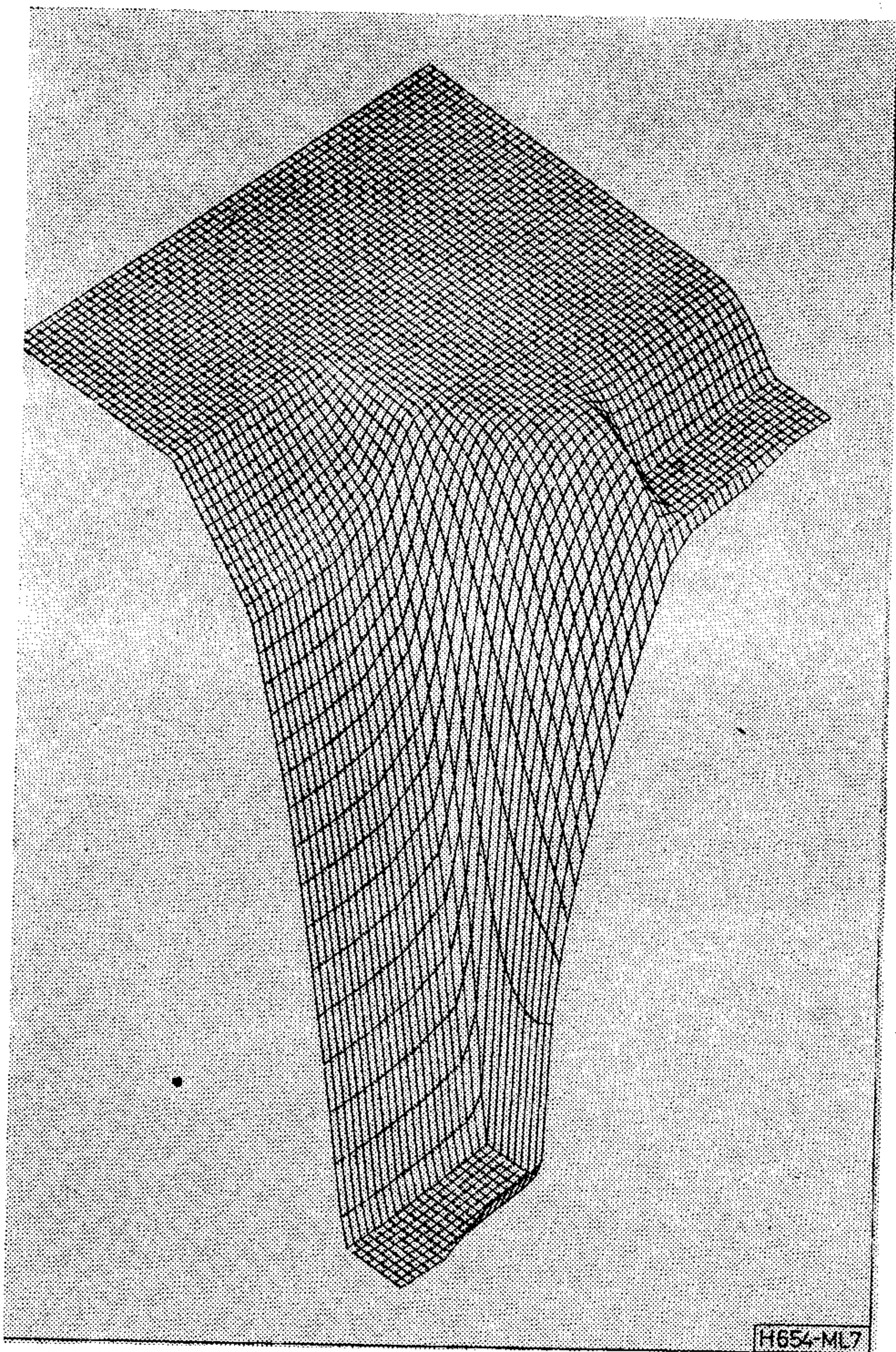
6.2. Potenciál- és töltéseloszlások vizsgálata

A 3.–8. ábrákon $V_G = -5$ V mellett a hosszúcsatornás MOS-tranzisztor potenciál- és töltéssűrűség-eloszlását láthatjuk leszűródás előtt ($V_D = -1,5$ V) és után ($V_D = -6,5$ V). A tranzisztor tehát növekményes üzemmódban működik.

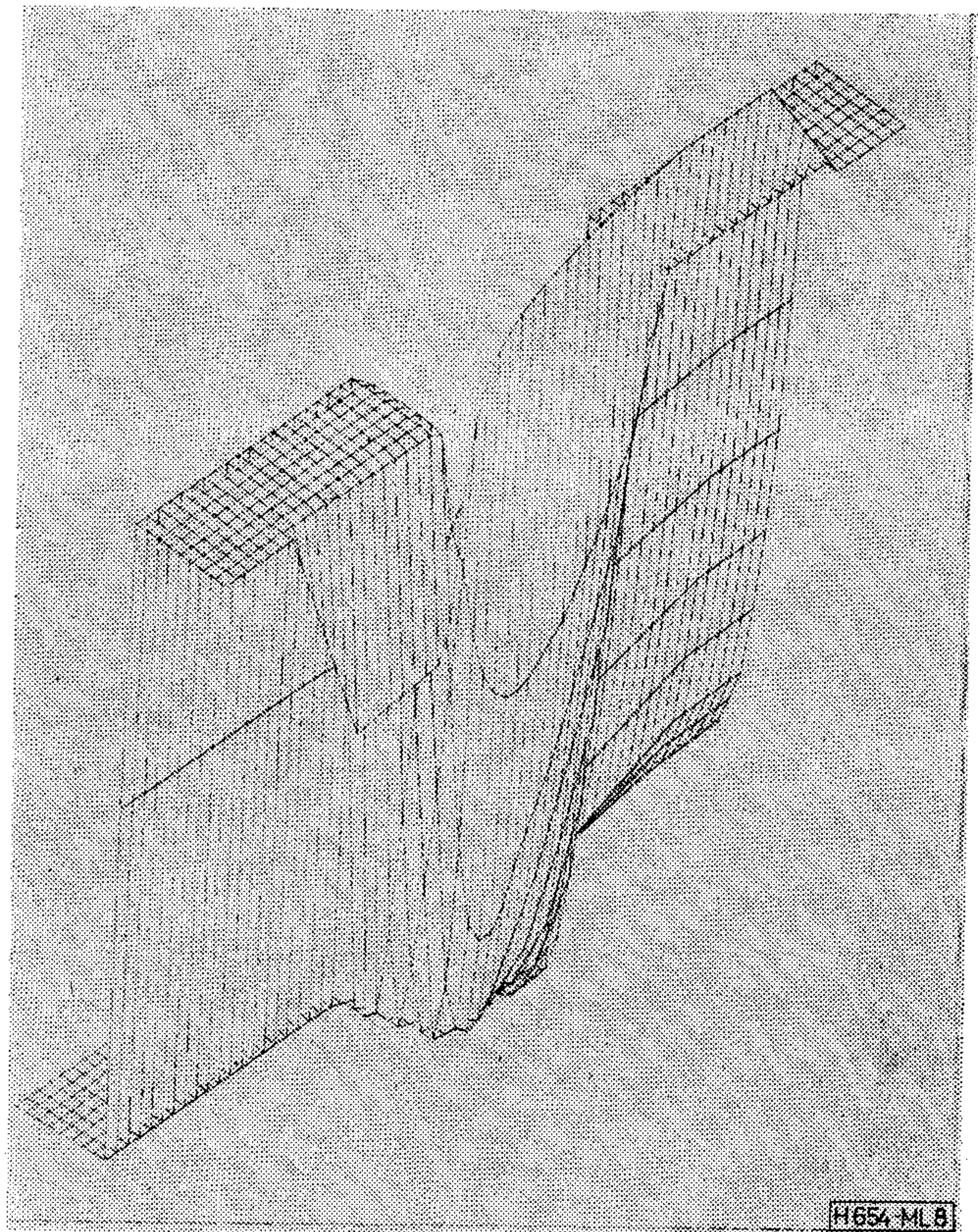
A 3–4. szintvonalak segítségével mutatja a potenciáeloszlást az x - y metszeten (source- és szubsztrátum-potenciált a futtatásoknál zérusnak vettük).

A két ábrát összevetve (mindkettőn 15–15 db. egyenletesen felvett szintvonalat szerepeltettünk) megfigyelhetjük a drain-nél levő p - n átmenet kiürített rétegének kiszélesedését, valamint a szintvonalak jellemző alakját a leszűródási pont környezetében.

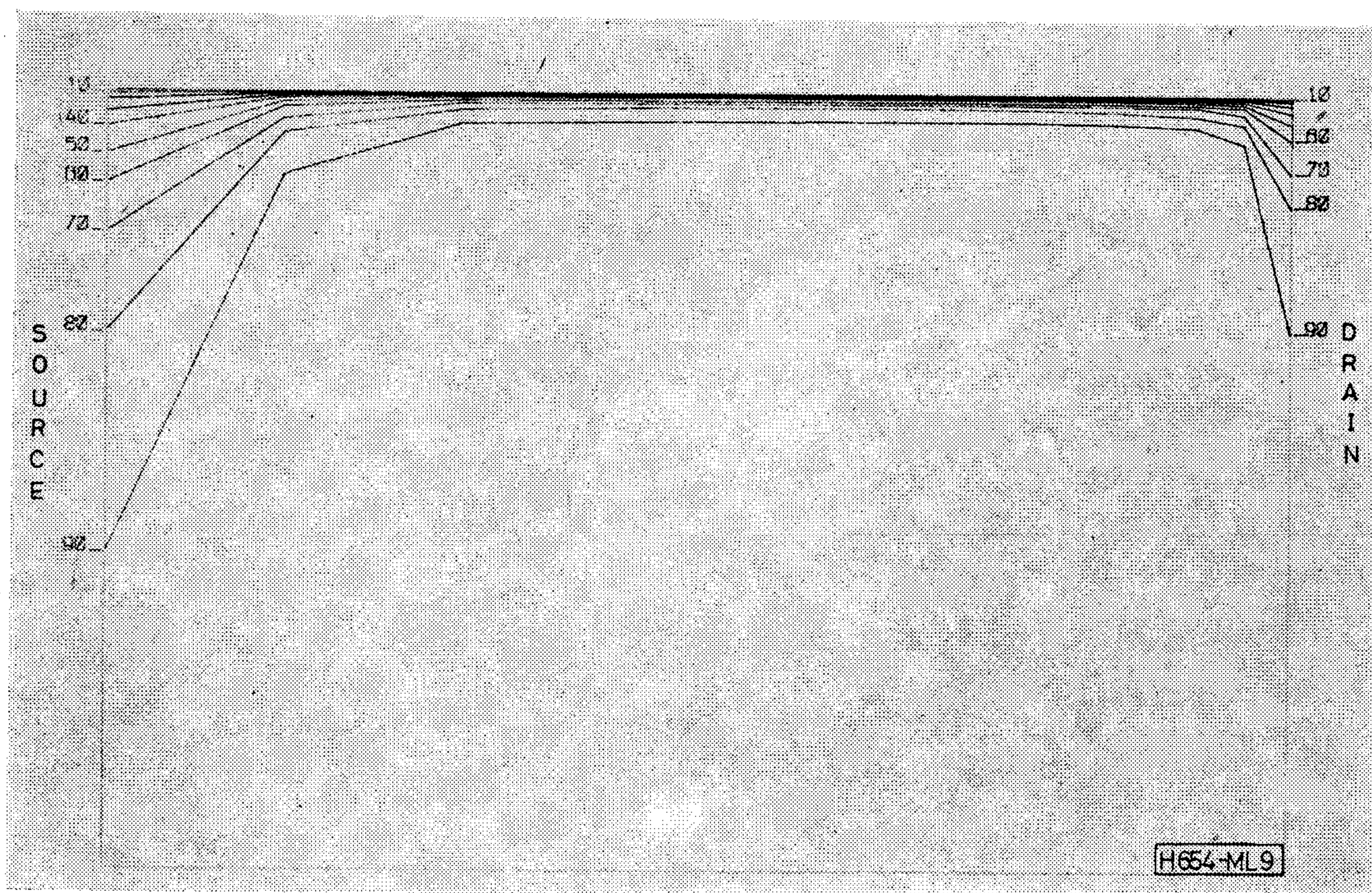
Az eredményül kapott kétváltozós függvények „térbeli” ábrázolásához a paralel ortogonális projekciót használtuk fel.



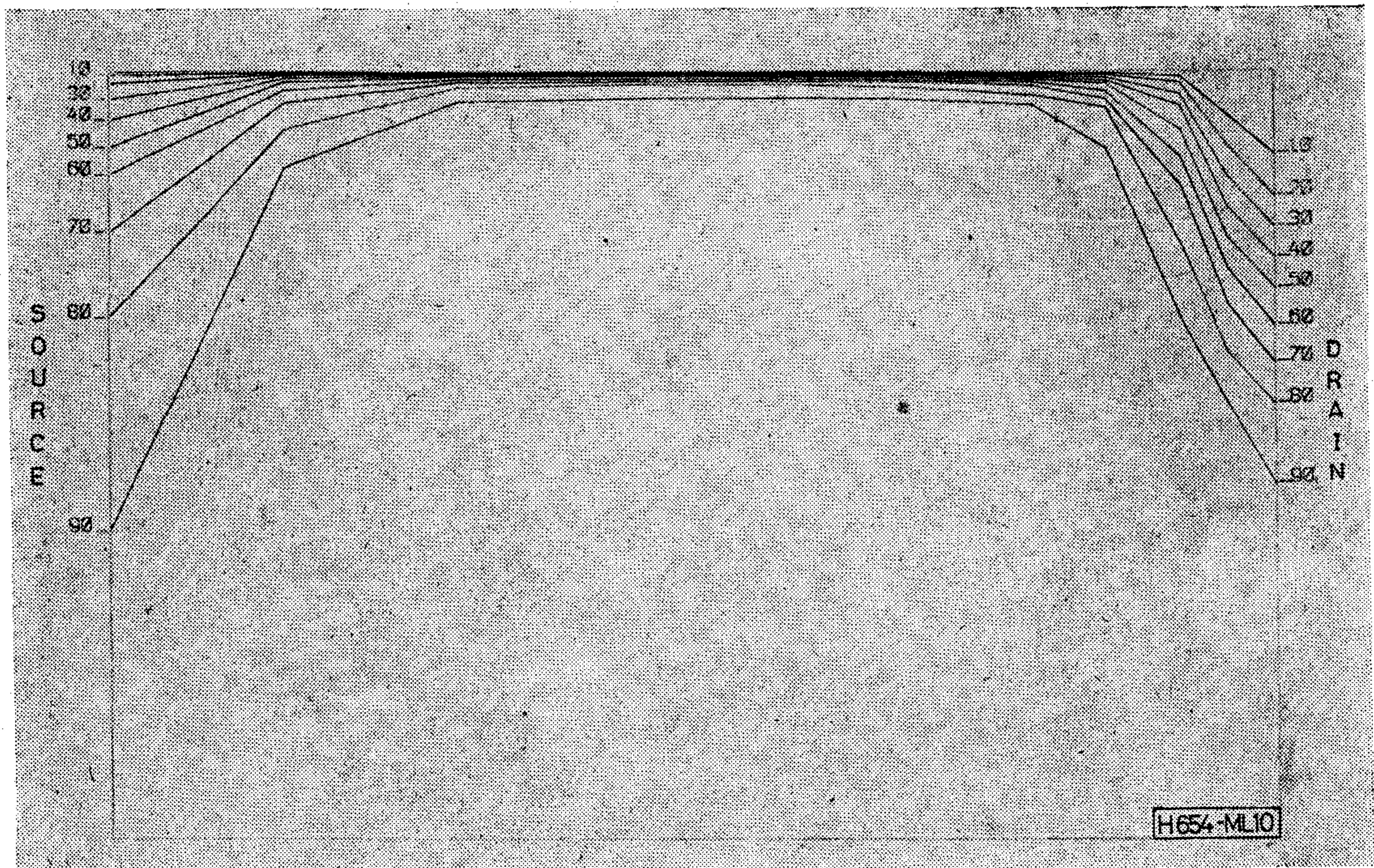
7. ábra. A félvezetőtartomány potenciálfüggvényének térbeli képe a drain felől nézve ($V_G = -5$ V, $V_D = -6,5$ V, h.csat.)



8. ábra. A lyuksűrűség logaritmusának térbeli képe közel az oxidhoz a drain felől nézve ($V_G = -5$ V, $V_D = -6,5$ V, h. csat.)



9. ábra. Az áramcsatorna alakja ($V_G = -5$ V, $V_D = -2,5$ V, h. csat.)



10. ábra. Az áramcsatorna alakja ($V_G = -5$ V, $V_D = -10$ V, h.csat.)

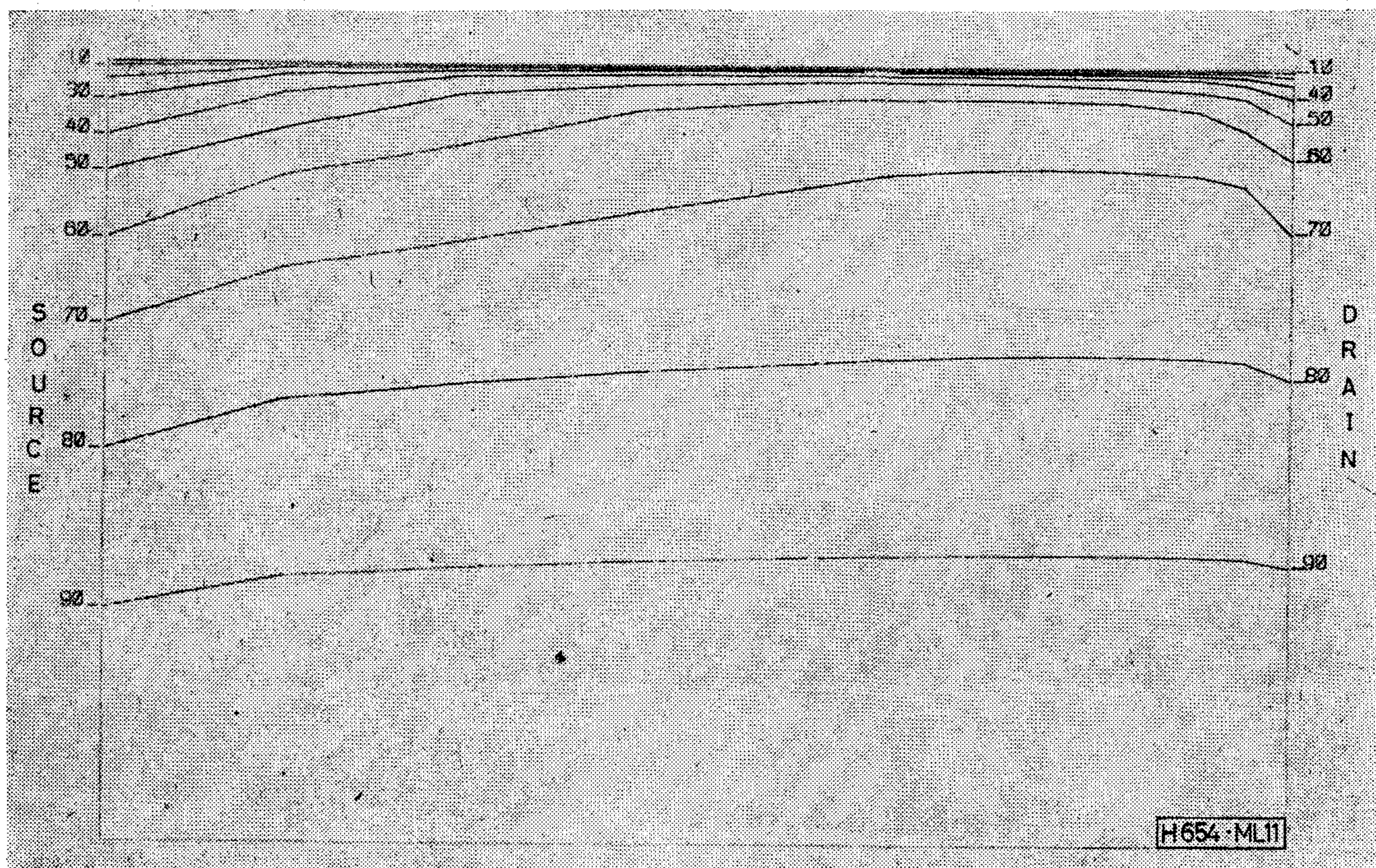
Az 5–6. ábrán a potenciál, illetve a lyuksűrűség logaritmusának térbeli képe szerepel $V_D = -1,5$ V mellett, a 7–8. ábra mutatja ugyanezeket a függvényeket már a leszűrődés bekövetkezése után ($V_D = -6,5$ V).

Az ábrákon jól kivehetők a source és drain tartományok, a $p-n$ átmenetek, az oxidréteg alatti inverziós réteg, valamint a 8. ábrán a leszűrődés jelensége.

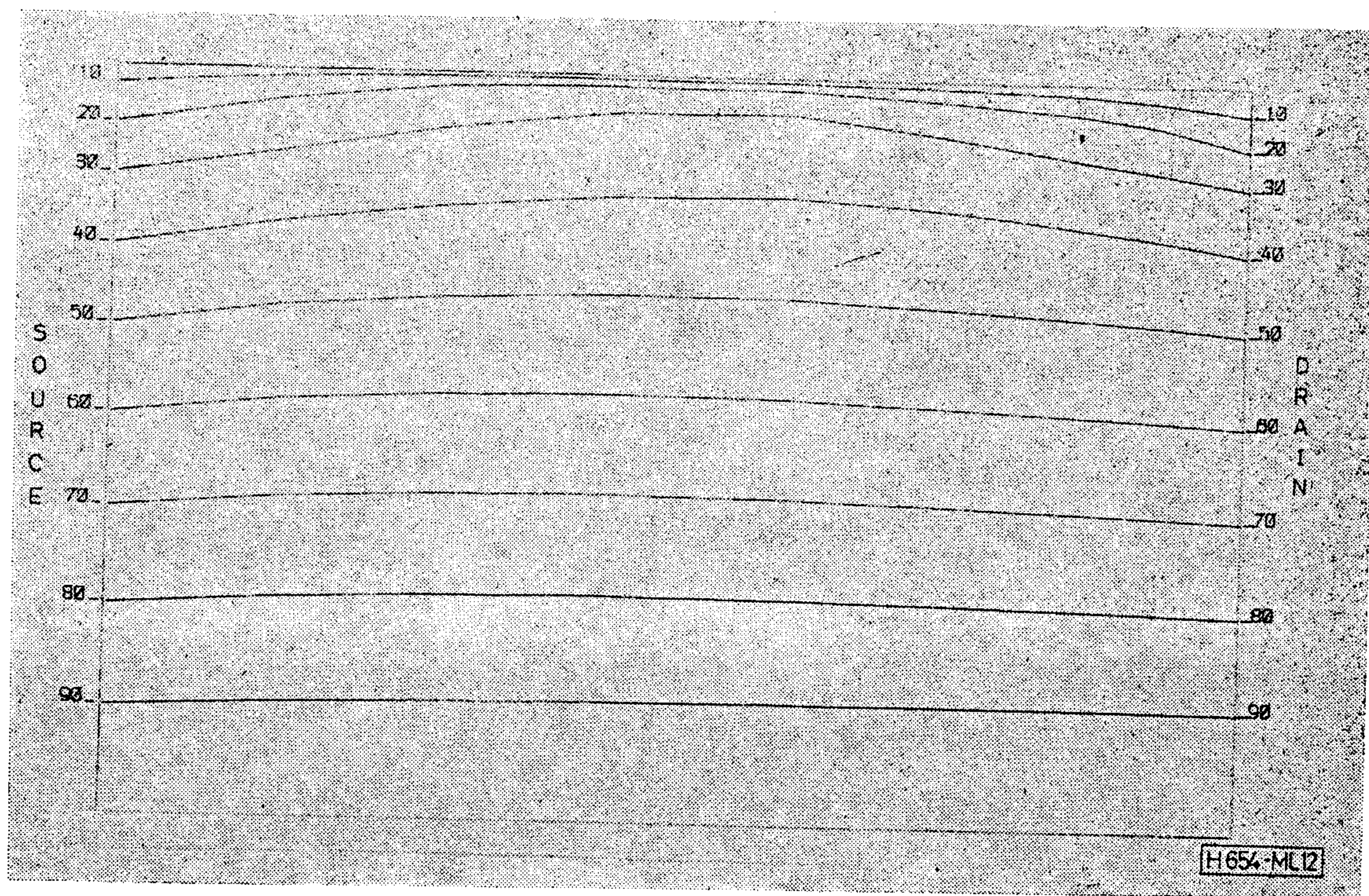
Az ábrákkal kapcsolatban még egy jelenségre szeretnénk felhívni a figyelmet. Azt várnánk, hogy a source és drain tartományok oxid alatti részén —

amelyek jelen esetben 100-szor erősebben adalékoztak a szubsztrátumnál — a potenciál lényegében nem változik, és a töltéssűrűségek sem térnek el lényegesen a semlegességi (9a), és egyensúlyi (9b) feltételek által meghatározott értékektől.

Ezzel szemben az 5. és 7. ábrán azt látjuk, hogy a potenciál az adott tartományban igenis változik, sőt a 6. és 8. ábra szerint a lyukakból álló áramcsatorna is mintha a source-ba és drain-be is beleérne, az oxidhoz közeli részekben a függvények értékei nem egyeznek meg várakozásunkkal. A jelenség oka: a vizsgált tranzisztor geometriája olyan,



11. ábra. Az áramcsatorna alakja ($V_G = -5$ V, $V_D = -2,5$ V, r. csat.)



12. ábra. Az áramcsatorna alakja ($V_G = -5$ V, $V_D = -7,5$ V, r. csat.)

hogy a gate-kontaktus a drain és source fölé nyúlik (az 1. ábra is egy ilyen geometriát mutat).

Abban az esetben tehát, amikor a gate-kontaktus a source, illetve a drain fölé nyúlik, a tranzisztor csatornáját tulajdonképpen nem a source és a drain határolja, hanem a csatorna hosszát a gate-kontaktus határozza meg. Kis gate-feszültségnél ez a jellegzetesség a source, illetve drain oldali akkumulációban, nagyobb feszültségnél pedig abban nyilvánul meg, hogy az oxid alatti kiürített réteg a drain gate alatti részén is folytatódik.

6.3. Az áramcsatorna alakja

A hosszú- és rövidcsatornás MOS tranzisztorok eltérő viselkedésének egyik oka a csatornák alakjaik különbözősége. MOS tranzisztorok kétdimenziós numerikus modelljén alapuló csatornaábrázolásokat nem találhatunk az irodalomban, pedig a tranzisztorok — főleg a rövidcsatornás eszköz — működésének megértéséül a megfelelő számítógépes rajzok jelentős mértékben elősegíthetők.

A 9–10. ábrák $V_G = -5$ V és $V_D = -2,5$ V, valamint $V_D = -10$ V esetén az ismertett struktúrájú hosszúcsatornás tranzisztor áramlási terét mutatják. A rajzokon a source és drain közötti tartományt nagyítottuk ki, és a vonalak mellé írt számok azt jelzik, hogy az összáram hány százaléka folyik az oxid-félvezető átmenet és az illető görbe között.

Megfigyelhető, hogy a csatorna source, illetve drain felőli részének kivételével az áram nagy része a felülethez közeli kis sávban folyik. A vékony inverziós csatorna biztosítja a vezetéshez szükséges töltéseket.

Az ábráson figyelemmel kísérhető a drain környezetében keletkező kiürített rétegnek a töltéshordozók áramlására gyakorolt hatása.

A 11–12. ábrákon hasonlóképpen a source és drain közötti területet láthatjuk, de rövidcsatornás esetben ($V_G = -5$ V, $V_D = -2,5$ V, illetve $-7,5$ V).

Szembeötlő különbség a hosszúcsatornás esettel összehasonlítva, hogy itt az áram viszonylag vastagabb csatornában folyik, már $V_D = -2,5$ V esetén is az összáramnak csak mintegy 50%-a folyik a felülethez közel. Ez a hányad a drain-feszültség növelésével egyre csökken, a 12. ábra szerint pl. $V_D = -7,5$ V mellett az árameloszlás már szinte egyenletesnek mondható.

6.4. További vizsgálatok

Programrendszerünket a leírtakon kívül hosszú- és rövidcsatornájú tranzisztorok karakterisztikájának meghatározására, konstans, térerőtől nem függő mozgékonyág karakterisztikákra gyakorolt hatásának megvizsgálására is felhasználtuk, valamint adott szerkezetekre meghatároztuk a Frohman–Bentchkowsky-modellben [5] szereplő két állandót.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani DR. VESZELY GYULA adjunktusnak a feladatok kitűzéséért és azért, mert fáradságot nem kímélve segített a felmerülő elméleti problémák megoldásában, valamint DR. KOLTAI MIHÁLY tanársegédnek a hasonló jellegű, térszámító programrendszer kidolgozása során szerzett numerikus tapasztalatainak átadásáért.

I R O D A L O M

- [1] Gummel, H. K.: A self-consistent iterative scheme for onedimensional steady state transistor calculations. IEEE Trans. Electron Devices, ED—11, pp. 455–465, October, 1964.



- [2] *Caughey, D. M.—Thomas, R. E.*: Carrier mobilities in Si empirically related to doping and field. Proc. IEEE, 55, pp. 2192—2193, 1967.
- [3] *De Mari, A.*: An accurate numerical steady-state onedimensional solution of the $p-n$ junction. Solid-State Electronics, vol. 11, pp. 33—58, January, 1968.
- [4] *Scharfetter, D. L.—Gummel, H. K.*: Large-signal analysis of a silicon read diode oscillator. IEEE Trans. Electron Devices, ED—16, pp. 64—77, January, 1969.
- [5] *Frohman—Bentchkowsky, D.—Grove, A. S.*: Conductance of MOS transistors in saturation. IEEE Trans. Electron Devices, ED—16, pp. 108—113, January, 1969.
- [6] *Vandorpe, D.—Borel, J.—Merckel, G.—Saintot, P.*: An accurate two-dimensional numerical analysis of the MOS transistor. Solid-State Electron., vol. 15, pp. 547—557, 1972.
- [7] *Slotboom, J. W.*: Computer-aided two-dimensional analysis of bipolar transistors. IEEE Trans. Electron Devices, ED—20, pp. 669—679, August, 1973.
- [8] *De La Moneda, F. H.*: Threshold voltage from numerical solution of the two-dimensional MOS transistor. IEEE Trans. Circuit Theory, vol. 20, pp. 666—673, November, 1973.
- [9] *Tarnay, K.*: The program PN-junction, version 1 for computer analysis of semiconductor junctions, in one dimension. Institute of Technology Uppsala University, 1974.
- [10] *Reiser, M.*: Computing methods in semiconductor problems. Lecture Notes in Computer Science 10., Springer—Verlag, Berlin, 1974.
- [11] *Many, A.—Goldstein, Y.—Grover, N. B.*: Semiconductor surfaces. North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1965.
- [12] *Grove, A. S.*: Physics and technology of semiconductor devices. Wiley—Interscience, N. Y., 1967.
- [13] *Cobbold, R. S. C.*: Theory and application of field-effect transistors. Wiley—Interscience, N. Y., 1970.
- [14] *Stone, H. L.*: Iterative solution of implicit approximations of multidimensional partial differential equations. SIAM J. Number, Anal., vol. 5, pp. 530—558, September, 1968.
- [15] *Ralston, A.*: Bevezetés a numerikus analízisbe. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.
- [16] *Fedorenko, R. P.*: Iteracionnūje metodū resenyija raznoctnūh elliptyiceszkūh uravnyenij. Uszpehi Matyematyiceszkūh Nauk, T XXVIII, pp. 121—182, Mart—Apr. 1973.
- [17] *Marczuk, G. I.*: A gépi matematika numerikus módszerei — parciális differenciálegyenletek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [18] *Duff, I. S.*: A survey of sparse matrix research. Proc. of the IEEE, vol. 65, Bo. 4, April, 1977.
- [19] *Koltai M.*: Kétváltozós függvény perspektivikus ábrázolása. Egyetemi Számítóközpont, Tájékoztató, Budapest, Okt., 1976.
- [20] *Koltai M.*: Térszámító programrendszer elektro- és magnetosztatikussal, valamint stacionárius áramlási terek analízisére. Egyetemi doktori disszertáció, Budapesti Műszaki Egyetem, 1977.
- [21] *Monostori L.*: MOS struktúrák egydimenziós számítógépes analízise. Diplomamunka, Budapesti Műszaki Egyetem, 1976.
- [22] *Monostori L.*: MOS tranzisztorok stacionárius áramlási terének kétdimenziós számítógépes analízise. Szakmérnöki diplomamunka és egyetemi doktori disszertáció, Budapesti Műszaki Egyetem, 1978.

SZEMLE

Összeállította: BALOGH PÁL*

A nürnbergi Datev szerviz-számítóközpontban már 1 éve folyik egy érdekes vizsgálat. A cég az IBM-től és a Siemenstől is 3—3 lézeres nyomtatót kapott kipróbálásra és tartós üzemű összehasonlításra. A nyomtatók naponta 21 órát üzemelnek. Jelenleg valamennyi nyomtatóban csak szél-perforált leporelőt használnak, papírtekercsekkel még nem kísérleteznek. Az eddigi eredmények alapján a lézeres nyomtatók az üzemidő 90%-ában rendelkezésre állnak, tehát relatív megbízhatók. Problémát a papír minősége, elsősorban a nedvességtartalma okozza. A papír minőségére az IBM nyomtatók az érzékenyebbek. Az eddigi tapasztalatok alapján a nyomtatók tartós üzemben névleges teljesítményük mintegy 66%-át tudják, óránként mintegy 5000 oldalt. Valószínűleg elérhető a 7000 oldal/óra teljesítmény is. Az IBM gépek nyomtatási minősége jobb, de a Siemens gépek helyigénye az IBM gépekénél 40%-kal kisebb. (*ADL — Nachrichten, Online, 1978. júl. [576]*)

A Texas Instruments és a Rockwell — úgy tűnik — áthidalják azokat a nehézségeket, amelyek az integrált mágnesbuborékos memóriák előállításánál adódtak.

Bár a Texas Instruments már két évvel ezelőtt piacra hozott egy 92 kbit-es tárolóchipet, mégis csak most döntötték el végérvényesen, hogy felveszik a mágnesbuborékos memóriák kommerciális gyártását. Ugyanekkor a cég ez év IV. negyedére egy 256 kbit-es tárolót jelentett be, amely egyetlen chipen helyezkedik el, s induló ára az USA-ban 500 dollár lesz. Más amerikai cégek is hoznak piacra mágnesbuborékos memóriákat, így pl. a Rockwell International, az Intel, a National Semiconductors.

Ennek ellenére döntő áttörés a mágnesbuborékos memóriáknál ár tekintetében is csak 1980—81-re várható. (*Elektronik, 1978. 9. sz. [577]*)

Londonban 1978. szeptember 6—8. között rendezték meg 50 cég részvételével a 4. Elektronikus Display Kiállítást és Konferenciát. A következőre 1979. szeptember 4—6. között

* Válogatás a KGM-TMTI információs anyagából

kerül sor. A Beckman Instruments 2 in magas, 7 szegmenses gázkisüléses SP—431 típusú displayt mutatott be, a Sinclair Radionics miniatűr videomonitora normál video használatra és karakterek kiírására egyaránt alkalmas.

A Microtech Computer Systems Ltd. intelligens alfanumerikus display-eket, az ITT Components Group nematikus folyadékkristály megjelenítőket, az CRP Electronics többszínű fluoreszcensz megjelenítőket mutatott be. (*New Electronics, 1978. szept., [578]*)

A Texas Instruments az 1978. év végére minta nagyságú sorozatban elkészíti új mágneses buboréktároló típusát, amelynek kapacitása 566 000 bit lesz, a buborékátmérő pedig a jelenlegi 5—6 μ -nal szemben 3 μ lesz. A buboréktároló 20 kivezetéssel, TIB 0303 típusjellel kerül majd forgalomba. A főbb műszaki jellemzők: a 224 bit-es információblokk első blokkjához való átlagos hozzáférési idő 7,3 ms, a mágneses mező frekvenciája 100 kHz, a fogyasztás 900 mW, a sebesség 100 kbit/s, az üzemelési hőmérséklettartomány 0 és + 50 °C közötti, s információ-tartalma nem törlődik — 40 és + 85 °C között.

Ugyanekkor az IBM kutatói is jó úton haladnak a mágneses buboréktárolók fejlesztése terén, s a cég már bejelentette a 0,4 μ buborékátmérőjű tároló fejlesztését, ami megnyitja az utat a 100 millió bites tárolók, valamint az elektrolumineszcensz mágneses buboréktárolók felé. Elektrolumineszcenciát mangánnal szennyezett cinkszulfid vékonyfilmen észleltek, alternatív 10—50 kHz-es elektromágneses mezővel gerjesztve. Mindezek azonban még csak laboratóriumi eredmények. (*Electronique et Applications Industrielles, 1978. szept. [579]*)

Az optikai alkatrészek (lézerek, fényemittáló diódák, üveg-szálak, fotodetektorok) kutatása és fejlesztése olyan fejlettségi fokot ért el, amely lehetővé teszi az optikai átviteli rendszerek alkalmazását a híradástechnikai-, adatfeldolgozó-, számítógép-, mérő- és szabályozó-, valamint nagyfeszültségű rendszerekben.

A fényemittáló diódákkal rendelkező analóg és digitális üveg-szálak átviteli rendszerek rövid szakaszokkal és kis átviteli kapacitással már kaphatók, de a lézeres, nagyobb távolságot áthidaló és nagy átviteli kapacitással (1 Gbit/s-ig) rendelkező átviteli rendszerek még csak a laboratóriumi és üzemi kísérletek fázisában vannak. (*Nachrichten Elektronik, 1978. 8. sz. [580]*)

(Folytatás a 206. oldalon)



Mikrohullámú alkatrész-gyártáshoz használható félvezető anyagok minősítése

ETO: 621.315.592.029.6.001.36

A korszerű távközlési rendszerek alapvető eszközei a mikrohullámú félvezető alkatrészek. Más félvezető alkatrészekhez viszonyítva ezek csak kis részét képezik a félvezető eszközök piacának. Történetük és fejlődésük mindazonáltal különösen érdekes jellegzetességet mutat. $2\ \mu\text{m}$ csatornahosszúságú GaAs FET-eket például már tíz évvel ezelőtt is gyártottak. A modern IC-gyártásban viszont még csak mostanában alkalmazzák ezt a mérettartományt.

Az ilyen kis méretek használatát az a tény teszi szükségessé, hogy a mikrohullámú alkatrészek ún. futásidőeszközök. A futásidőt az az idő határozza meg, amelyre a töltéshordozónak szüksége van, hogy pl. egy FET csatornáján vagy egy PIN-dióda intrinsic-tartományán keresztülhaladjon. Egy rögzített L úthosszhoz tartozó futási idő függ még a töltéshordozó v mozgási sebességétől, az E_b maximális térerőtől és a letörési feszültségtől.

Egyidejűleg az E_b térerősséget létrehozó V_m potenciálkülönbség nem lépheti túl a letörési feszültséget.

Ezek a paraméterek egyrészt vagy anyagi minőségtől függenek, vagy az alkatrész-konstrukció határozza meg értéküket. A maximális térerősséget például a félvezető anyag dielektromos együtthatója rögzíti: a letörési feszültség vagy a bázis töltéshordozó koncentrációjától, vagy a réteghordozó koncentráció gradiensétől függ. Az ilyenfajta félvezető-anyag-jellemzők meghatározása nem okoz nehézséget, mindössze az ellenállást és a töltéshordozó koncentrációt kell mérni.

Más részről azonban, ha a gyártási kihozatalt, a jól sikerült szeletek számát tekintjük, valószínűleg néha különbség lehet az előírt anyagjellemzők és a megvalósult eredmény között. Ezt a témát kicsit részletesebben megvizsgáljuk a következőkben.

A fent említett paraméterek képezik vizsgálatunk kiindulópontját. Azt akarjuk mind makroszkopikus, mind pedig mikroszkopikus méretekben vizsgálni, milyenek a mikrohullámú alkatrész előállítására alkalmas anyagok. A dolgozat címét így is módosíthatnánk: Egy mikrohullámú felhasználási célra előírt félvezető anyag mikor eredményez rossz gyártási kihozatalt?

A legtöbb kihozatalcsökkenést okozó paraméter a következő csoportok valamelyikébe sorolható:

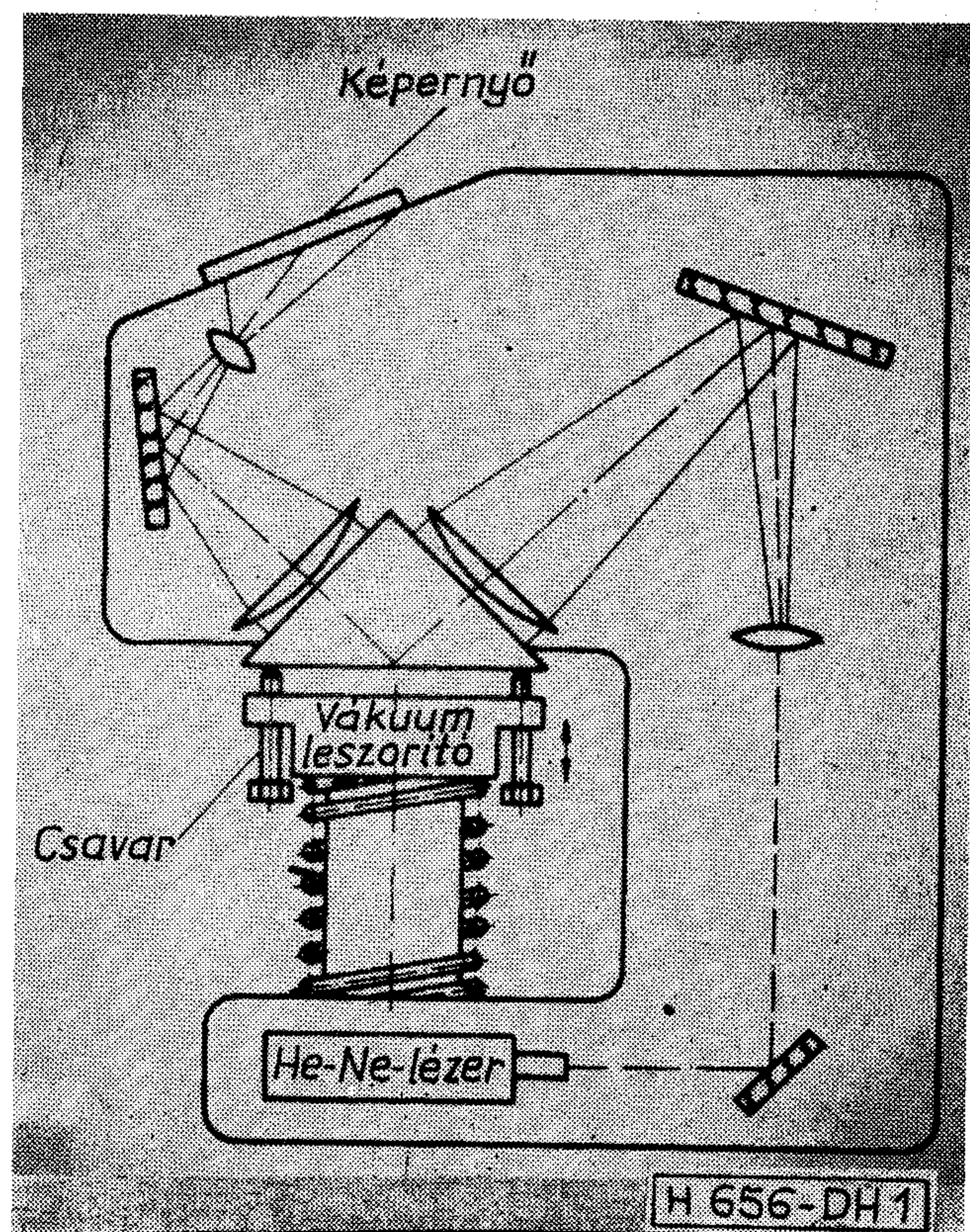
- a megmunkáló művelet minősége: pl. felület síkságának tökéletessége,
- kristályhibák, diszlokációk, oxidáció keltette hibák,

- anyagjellemzők megmunkálás közbeni olyan megváltozása, amely összefügg a kiinduló anyag minőségével.

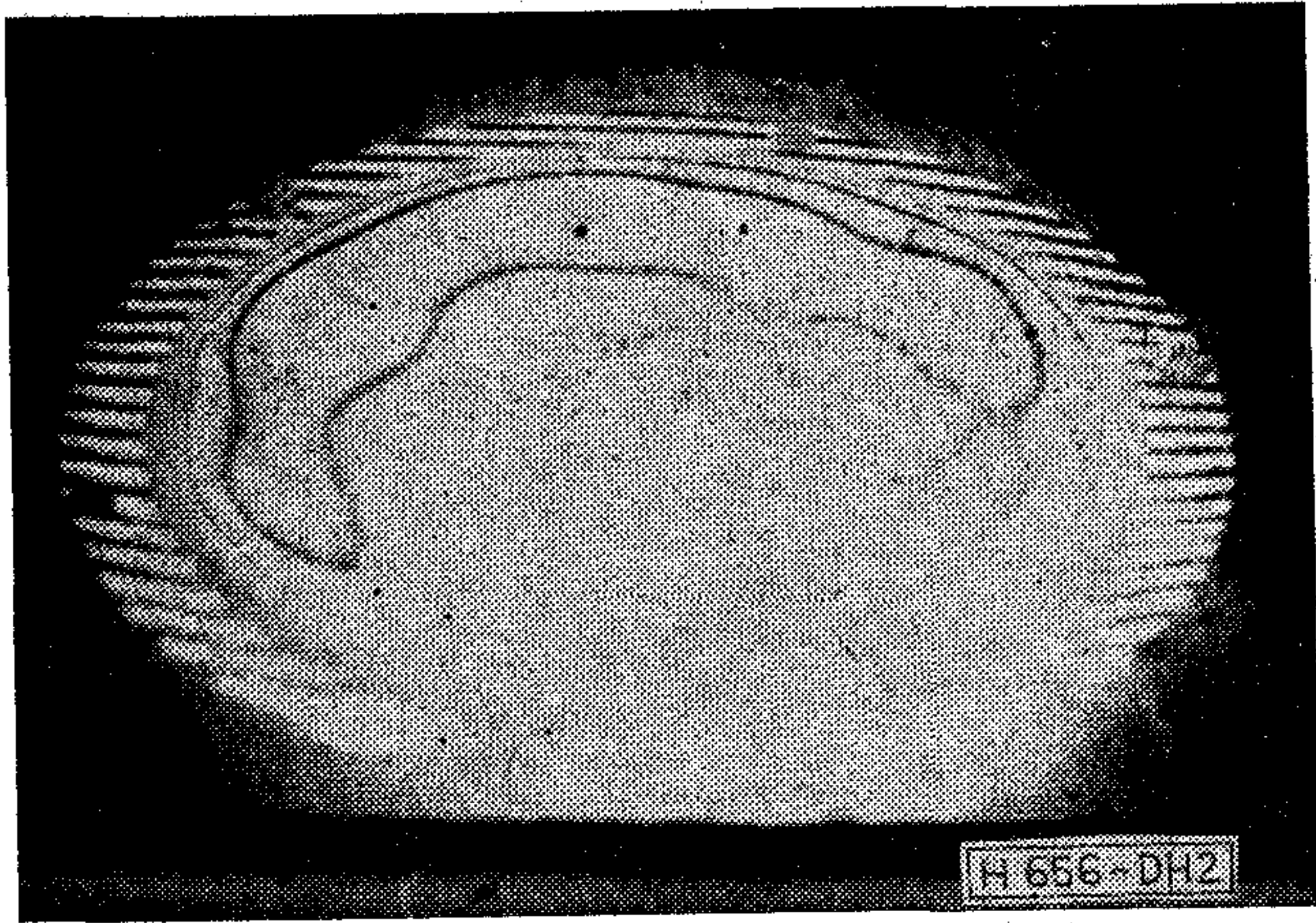
1. Sík felület

A mai félvezetőelem-gyártási folyamatokban az eszközstruktúra kialakítása a jól ismert kontakt vagy projekciós litográfiai módszerekkel történik. Ezek a műveleti lépések viszont rendkívül sík hordozó felületet követelnek. Minél kisebb vonalszélességet kell megvalósítani, annál kisebb az alkalmazott optikai berendezés fókusztávolsága. Ezért alapkövetelmény az, hogy a szelet felületének minden része a leképező rendszer fókusztávolságán belül legyen. Ha a felület nem teljesíti ezt az előírást, akkor az elemméretek nem tarthatók az előírt tűrésekben belül.

A felület síkságának a mérésére különböző mérési módszerek állnak rendelkezésre. Az 1. ábrán egy optikai interferencia elvén működő síkságmérő rendszer vázlatát ismertetjük. Ez a rendszer egy ideális felülettel összehasonlítva méri a valódi szelet felü-



1. ábra. Síkságellenőrző berendezés vázlatos rajza



2. ábra. Szabványos 3 inch átmérőjű Si szelet síkság topogramja

letén lévő domborulatok és mélyedések nagyságát. A rendszer alapvető jellemzői:

a) Valódi képet szolgáltat, vagyis a felület topogramját, így a legmagasabb kiemelkedés- és mélységértékek könnyen számíthatók.

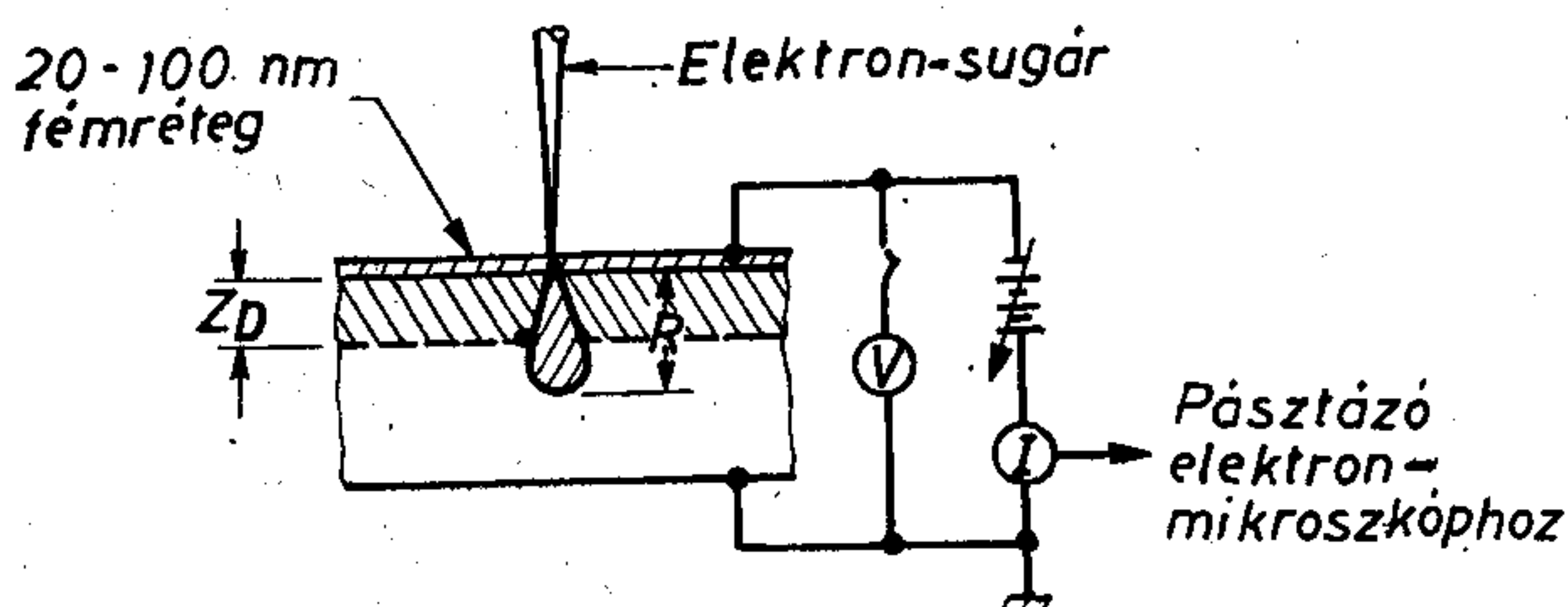
b) Mivel optikailag sík vákuumleszorítót használ a félvezető szelet rögzítésére, a maszk illesztéssel azonos körülmények között mér.

A 2. ábra egy olyan „valódi szelet” felületét mutatja, ami megközelítőleg 2 μm -en belül sík. A szabványos 3 inch-es szeletek síksága ma már jobb, mint 3 μm .

2. Kristályhibák

A töltéshordozók mozgássebességét és az őket mozgató elektromos térerősséget befolyásoló hatásuk miatt a különböző kristályhibák lényegesen leronthatják az elkészült félvezető eszközök jellemzőit és teljesítőképességét. A mai minőségelírások mellett már nem érdemes diszlokációkról, iker képződésről vagy hasonló hibákról beszélni. Mostanában a diszlokációmentes szilíciumban előforduló hibák egy speciális osztálya, a feldolgozási művelet által okozott, ugyanakkor a nyersanyag eredeti tulajdonságaitól is függő hibák közismerten: oxidáció okozta hibák — vagy szörlök — vonták magukra a figyelmet.

A 3. ábrán bemutatunk egy eszközorientált anyagvizsgálati módszert. A módszer pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) elektronsugara által a vizsgált anyagban keltett elektronáramnak a térbeli változását jeleníti meg, innen a módszer angol neve EBIC (Electron Beam Induced Current) [2].



3. ábra. EBIC mérőrendszer elvi vázlata

Az elektronmikroszkóp pásztázó elektronsugara elektron—lyuk párokat gerjeszt a félvezető mintában. Ezek a töltéshordozók fotoáramot hoznak létre a minta felületén kialakított Schottky-kontaktuson, vagy egy p—n átmeneten. A fotoáram térbeli változásait TV-képernyőn megjeleníti a műszer. Ezeket a térbeli változásokat az alapanyag kisebbségi töltéshordozói diffúziós úthosszának, vagy ami ezzel egyenértékű, azok élettartamának térbeli változása okozza.

Egy 1100 °C hőmérsékleten nedves oxigénáramban négy óra hosszú oxidált szilícium szelet EBIC képét mutatjuk be a 4. ábrán. A sötét foltok megnövekedett rekombinációs áramot jelentenek. További, metallográfiai (marási) vizsgálatok kimutatták, hogy ezek a foltok oxidáció által okozott illeszkedési hibák következményei.

Ha ilyen hibák jelennek meg a tértöltésrétegben, akkor az elektromos térerő értékének helyi megváltozását okozhatják, aminek helyi letörés lehet az eredménye. Tovább rontja a helyzetet, ha ilyen illeszkedési hibák összekapcsolódnak a hőkezelési műveletek okozta szennyeződéssel. Ismeretes, hogy az illeszkedési hibák getterezik (azaz környezetükben összegyűjtik) a nehézfém-szennyezőket, mint pl. Au, Fe, Cu, Ni stb. [3].

A getterező hatás idegen anyagkiválásokat (precipitátumokat) okoz, amelyek nemcsak a záróirányú áramot növelik Schockley—Reed—Hall-centrumokat [4] képezve, hanem az elektromos térerősséget is tovább növelik.

A megnövekedett térerő tunel vagy téremisszióval lavinát hoz létre, ami végül úgynevezett másodfajú letörést eredményez, ezzel végleg tönkretéve az eszközt.

Az EBIC-módszerrel kimutatott elektromosan aktív hibák és az oxidáció után alkalmas maratási módszerek feltárt hibák között jó korreláció állapítható meg. Ezért az ilyen anyaghibák szempontjából végzett minőségellenőrzés könnyűszerrel elvégezhető úgy, hogy a feldolgozási művelettel azonosan végzett oxidáció után maratási vizsgálatokat végzünk.

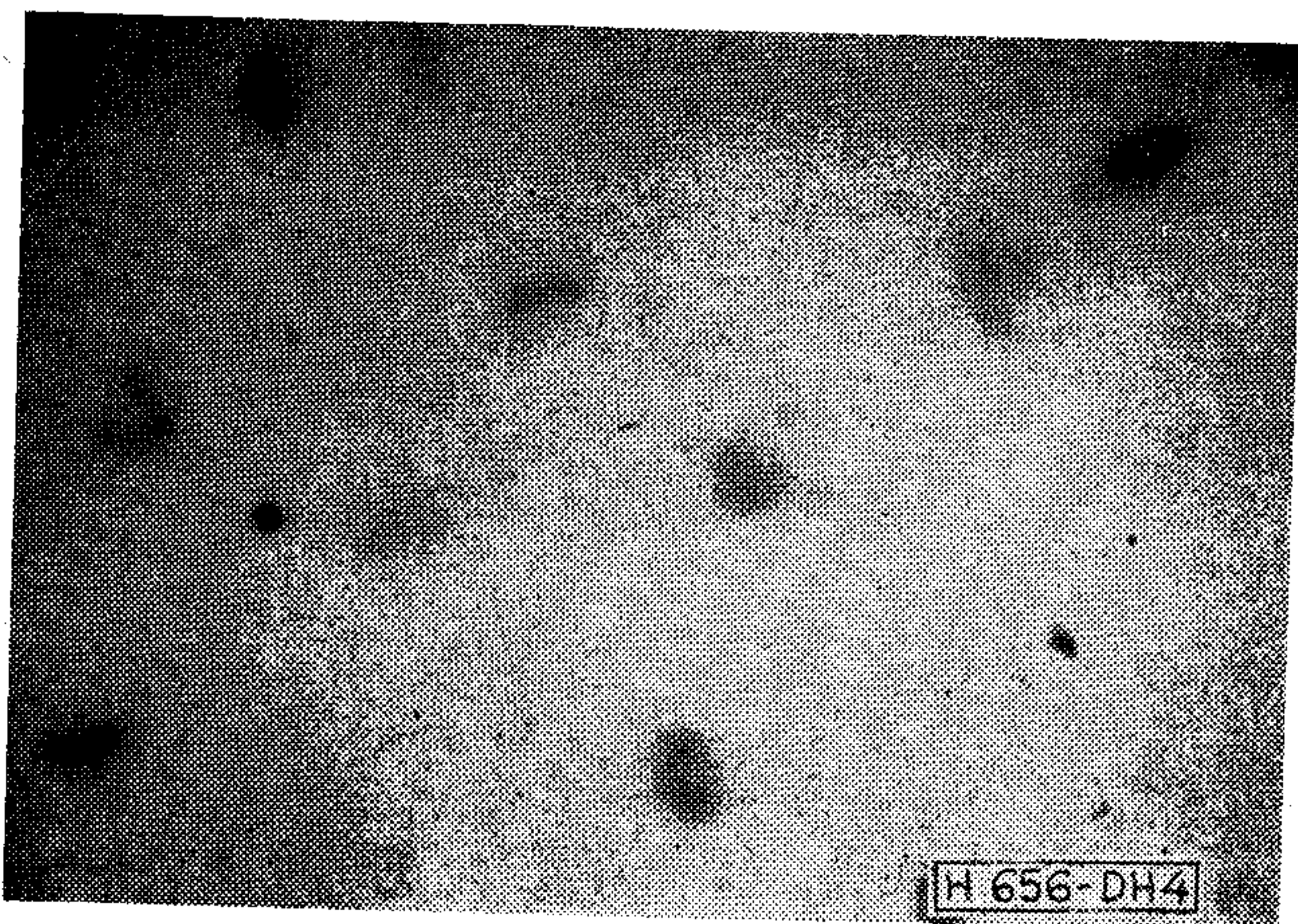
A következő néhány kép ilyen szörlöket mutat különböző oxidációs vizsgálatok után (lásd 5., 6. és 7. ábrák).

Főleg a két következő oxidációt vizsgáltuk:

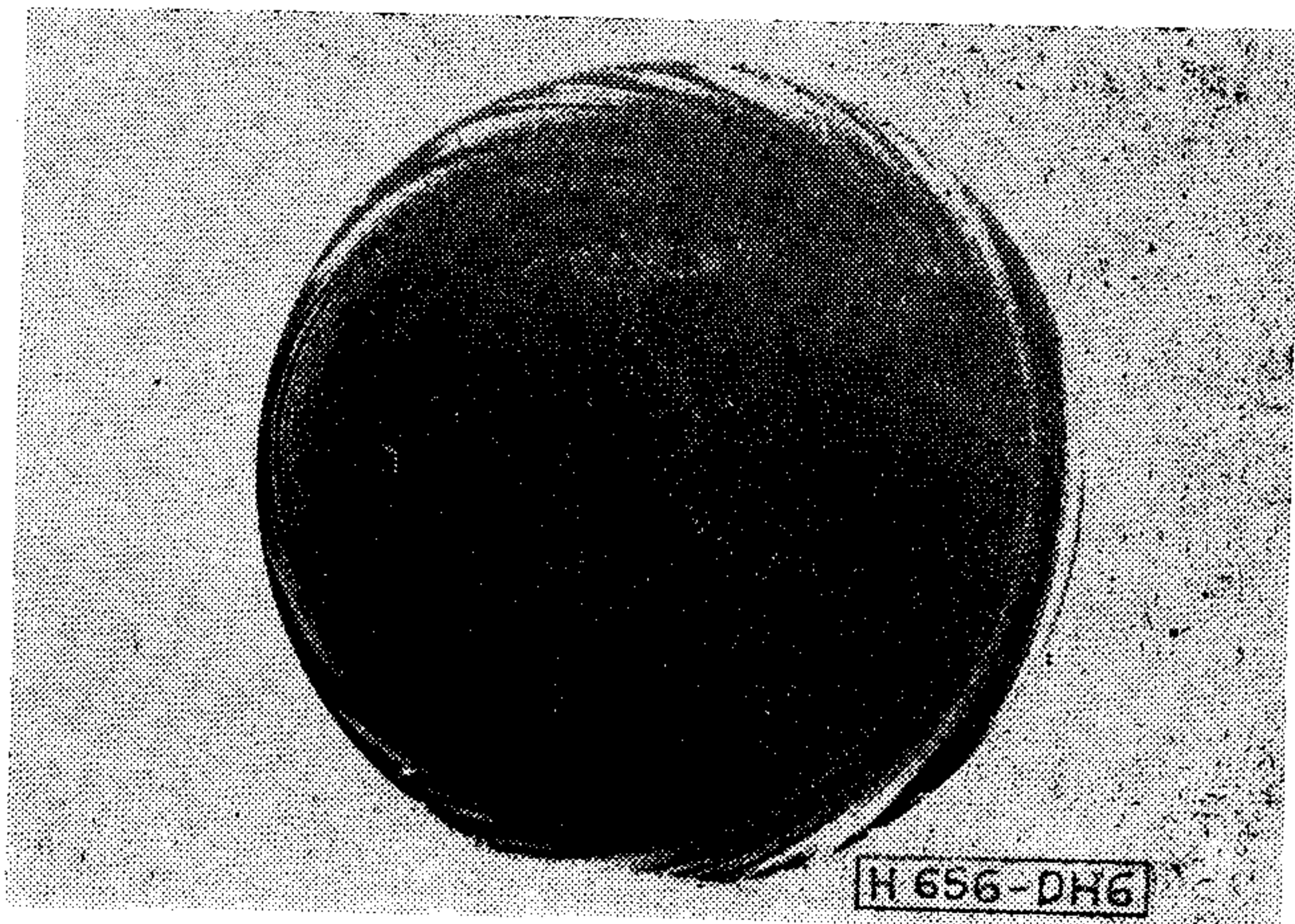
a) 1000 °C-os oxidáció:
betolási és kihúzási sebesség: 10 cm min^{-1} ,
műveletek: 10 min száraz O_2 ,
160 min nedves O_2 ,
10 min száraz O_2 ;

b) Ramp oxidáció:
betolási, kihúzási sebesség: 10 cm min^{-1} ,
parkoló hőmérséklet: 900 °C,
felfűtés 1200 °C-ra száraz O_2 áramban,
120 min nedves O_2 ,
lehűtés 900 °C-ra száraz O_2 -ben.

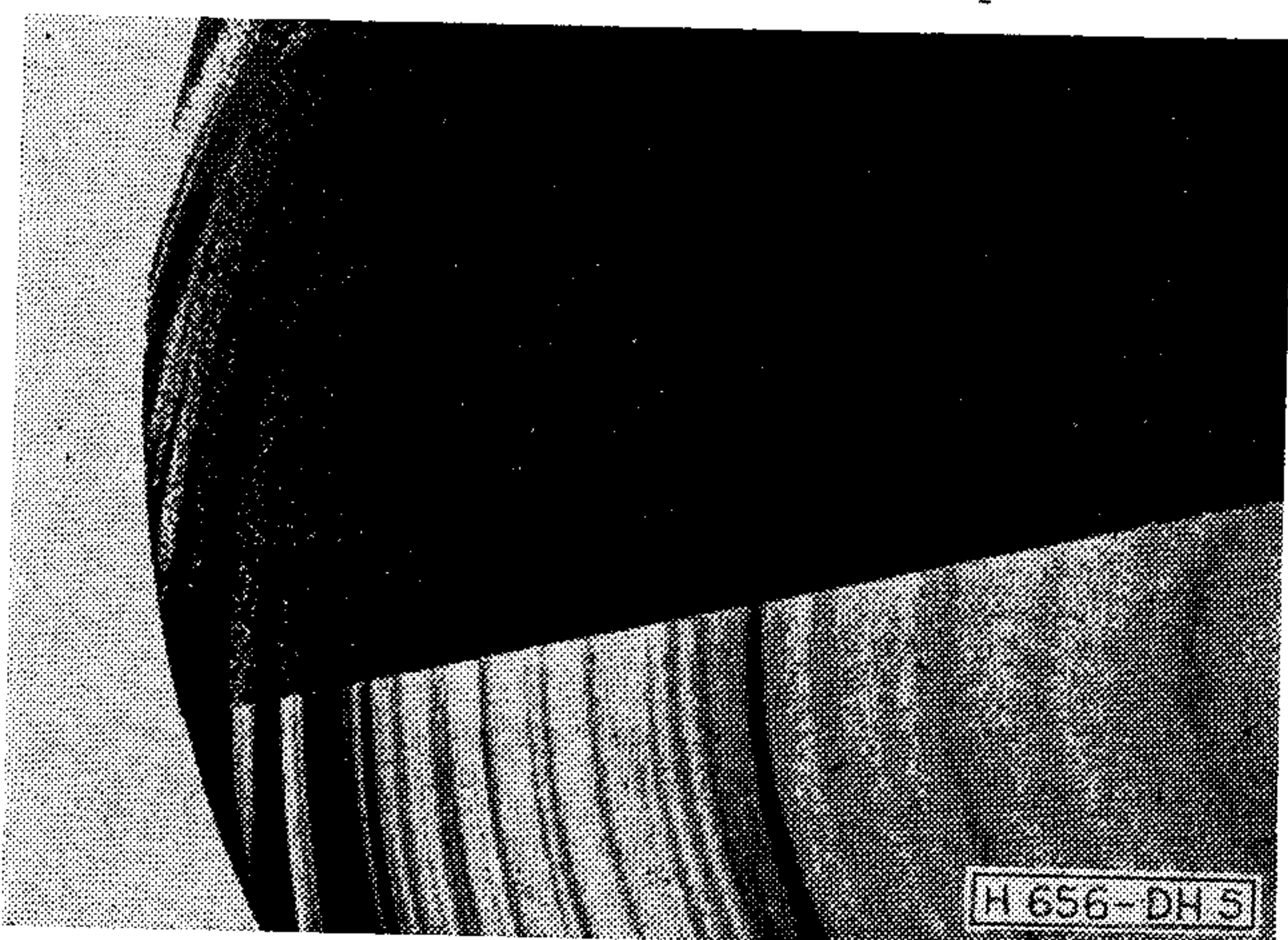
Oxidáció után a keletkezett szilíciumdioxid-réteget HF-ben lemartuk, majd a szeleteket Sirtl- [5] vagy Secco- [6] féle marószerekben kezeltük 10 min-ig. A kristályhibák létrejötte, vagyis a nukleáció folyamata függ az oxidálás hőmérsékletétől és bizonyos mértékben az időtartamától is [7, 8]. Az 5. ábra



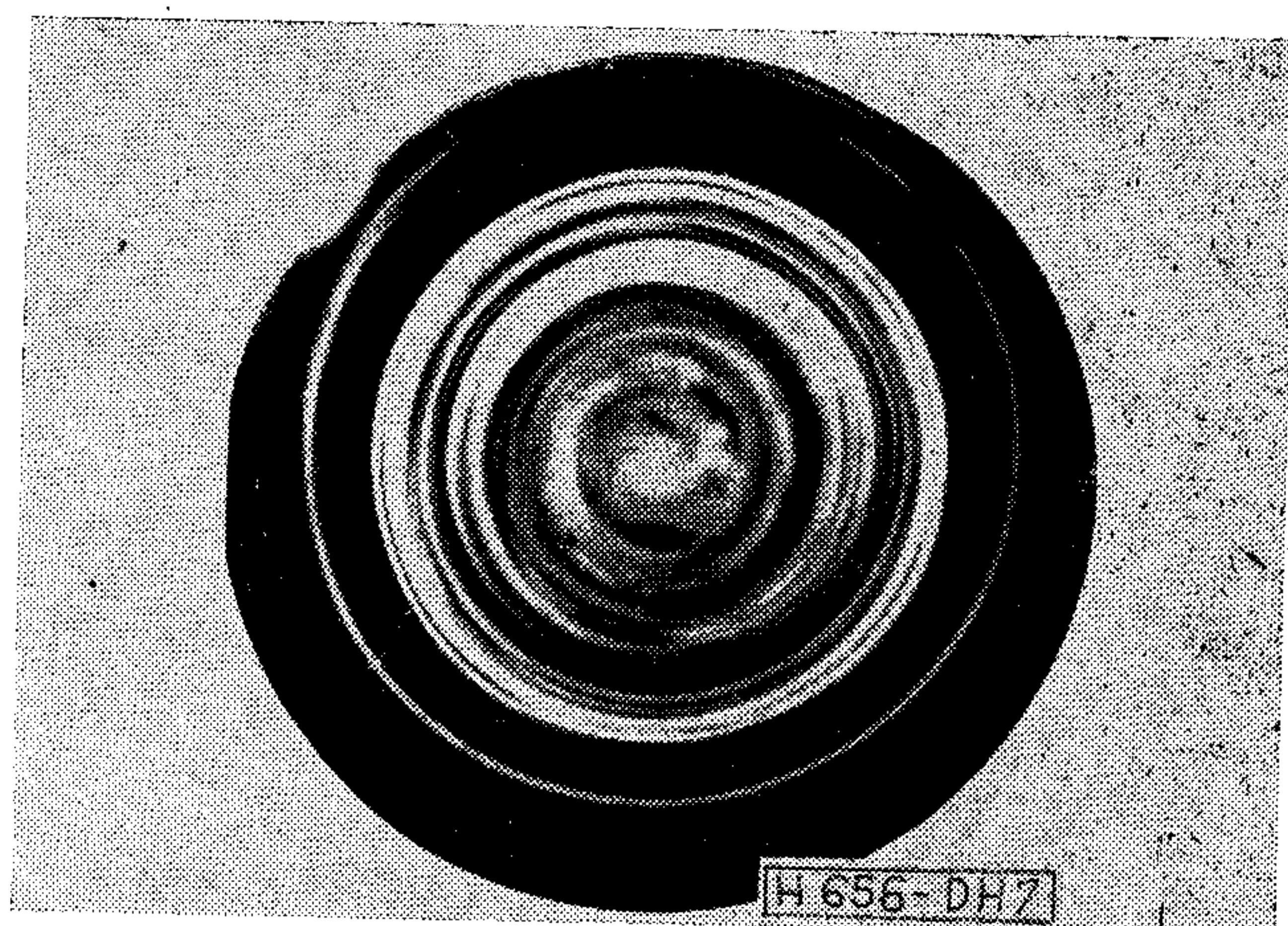
4. ábra. n(100) Si felületén keletkezett oxidáció okozta illeszkedési hibák EBIC képe



6. ábra. Illeszkedési hiba szvörl ramp oxidáció után



5. ábra. Szvörlök különböző típusú oxidáció után



7. ábra. „Hillock” hibákból álló szvörlök 1000 °C-os oxidálás után

ugyanazon szelet két fél darabját mutatja. A felső részt ramp-oxidációnak, az alsót pedig 1000 °C-os oxidálásnak vetettük alá. A felső félkép néhány gyűrűszerűen kontrasztos képződményt mutat, amelyek nagy sűrűségben illeszkedési hibákat tartalmazó tartományok, és az egész felületet sűrűn befedik az ilyen hibák. Ezek a hibák közismert alakú illeszkedési hibák, melyeknek a hossza az oxidálás hőmérsékletére jellemző.

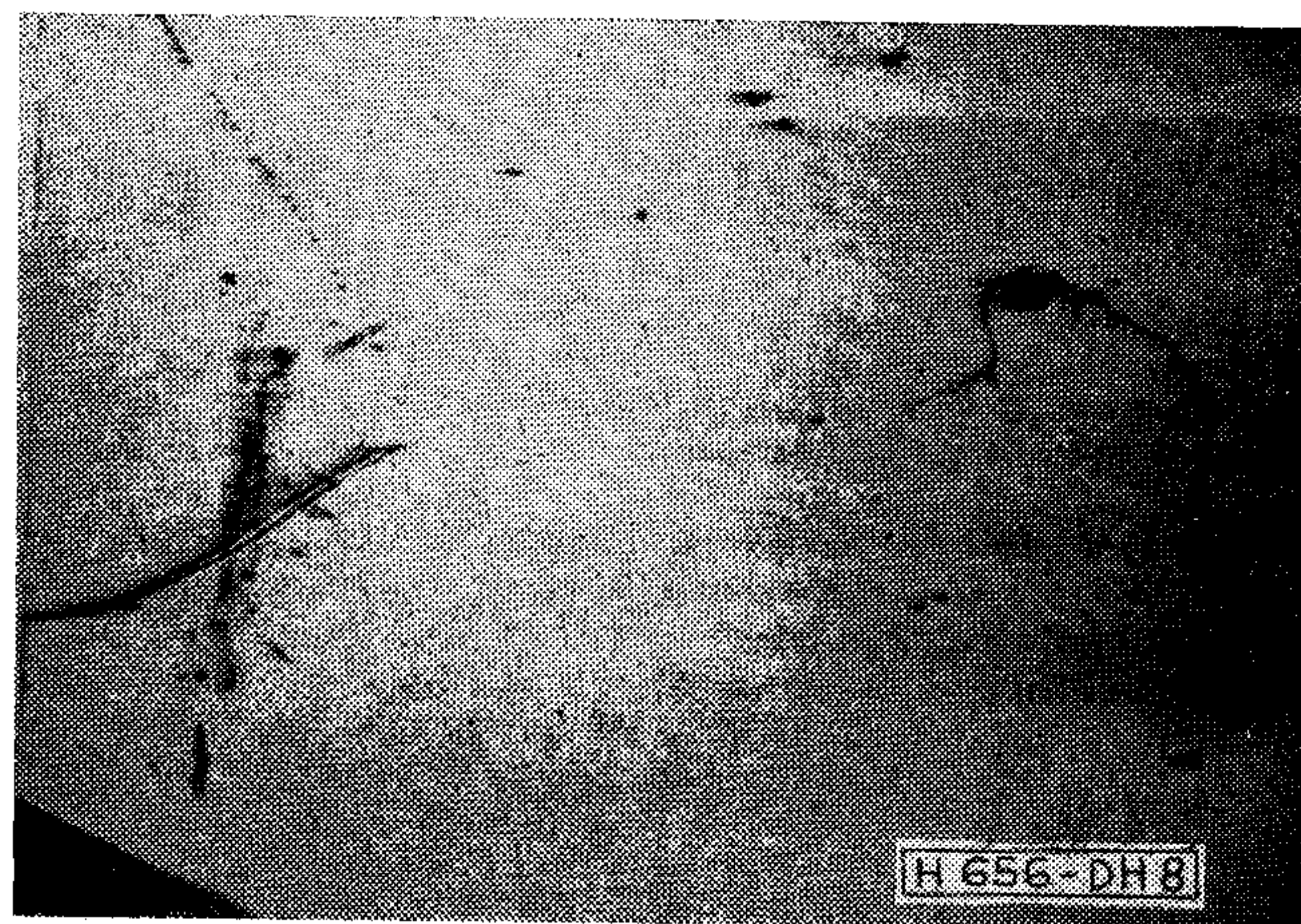
A kép alsó felén nagyszámú keskeny gyűrűvonal látható, amelyeket sűrűn elhelyezkedő „hillock” alakzatok hoznak létre.

A 6. és 7. ábrák további példákat mutatnak a szvörl hibák előfordulására. A 6. ábrán ismét illeszkedési hibákból álló szvörlök, míg a 7. ábrán ugyanabból a kristályrúdból származó 1000 °C-os oxiteszt vizsgált szelet képe látható. A modern szvörlmentes szilíciumgyártás jól ellenőrizhető ezzel a módszerrel.

A következő vizsgált nyersanyag a GaAs, amely mikrohullámú FET céljára a nagyobb töltéshordozó mozgékonyosság miatt jobb, mint a szilícium. Itt is nagyon jól használható az EBIC-módszer a hibaanalízisre.

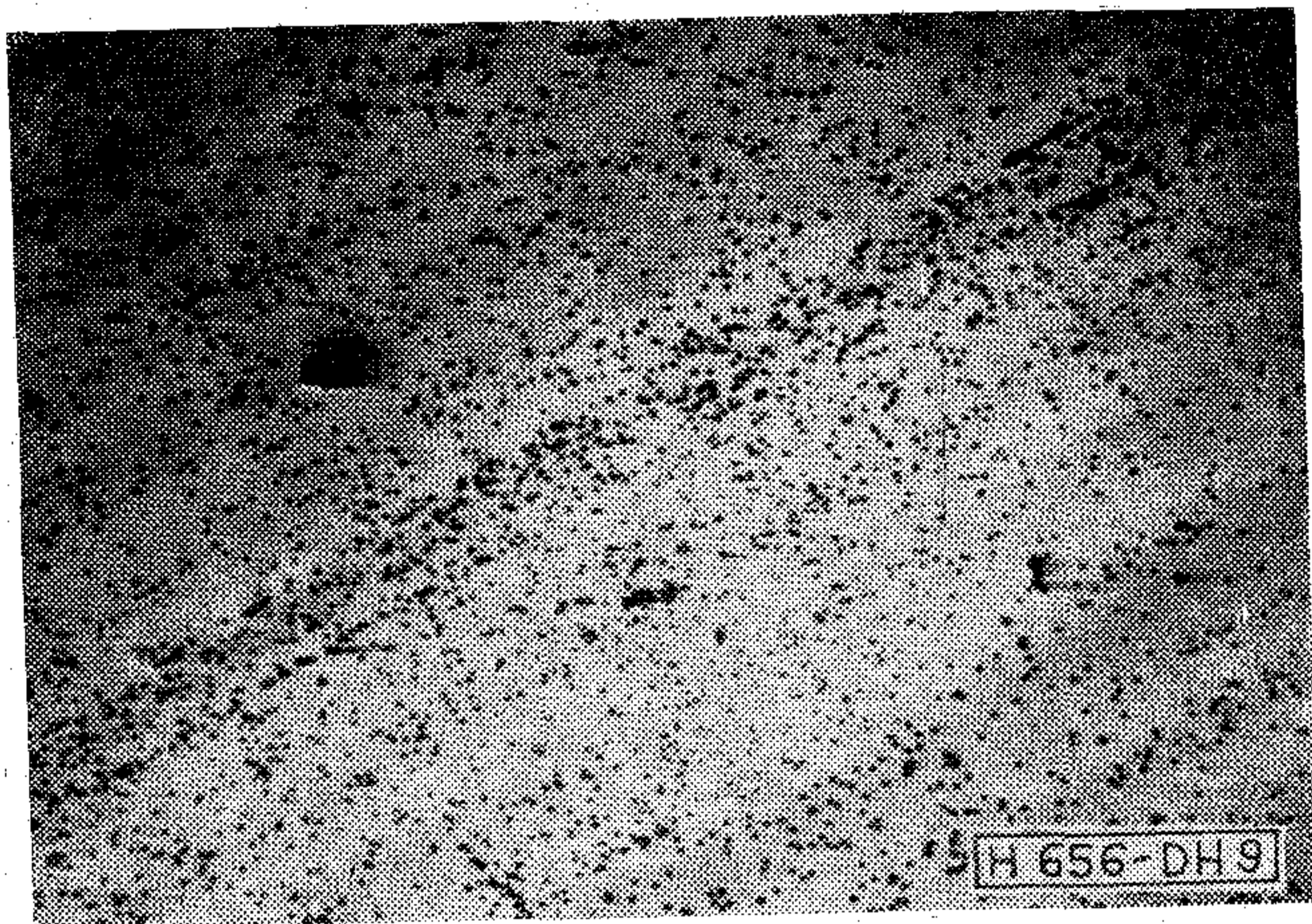
A 8. ábra mikroszkopikus felület alatti karcot mutat a GaAs hordozón (SCHOTTKY-kontaktussal).

A 9. ábrán elektromosan aktív diszlokációk láthatók gőzfázisból növesztett GaAs_{0,6}P_{0,4}-rétegben.



8. ábra. GaAs hordozó felületén lévő mikrokarcolás EBIC képe

A legtöbb mikrohullámú eszköz készítésénél a GaAs-t folyadékfázisból épített epitaxiális réteggel borítják, vagy ionimplantáció után hőkezelésnek vetik alá. A GaAs bináris jellege és a nagy As gőznyomás miatt a felület fajlagos ellenállása, esetleg még a vezetési típusa is megváltozhat. Az ilyen viselkedésmód egyik lehetséges oka a kristály vakancia-



9. ábra. Gőzfázisú epitaxiával épített GaAs_{0,6}Po_{0,4} epiréteg EBIC képe diffúzió után

intersticiós atom arányának a stöchiometrikus értéktől való eltérése [8]. Ez hátrányosan befolyásolja az ilyen tulajdonságú anyagból készített FET-ek csatornaméreteit.

Ezen anyagjellemző minőségellenőrzésének is egy-

szerű a módszere: az eszközkészítés műveleti előírása szerint végzett hőkezelés — a hőkezelés hatására nem szabad ellenállásváltozásnak bekövetkezni.

IRODALOM

- [1] Turner, J. A.—Waller, A. J.—Bennett, R.—Parker, D.: Proc. of the 3rd Int. Symposium on GaAs and related compounds. Inst. of Phys. London; Conf. Series No. 9.
- [2] lásd pl.: deKock, A. J. R.—Ferris, S. D.—Kimmerling, L. C.—Leamy, H. J.: J. of Appl. Phys. Vol. 48. No. 1. (1977. jan.) p. 301.
vagy Kato T.—Koyoma H.—Matsukawa T.—Shimizu R.: J. of Appl. Phys. Vol. 45. No. 9. (1974. szept.) p. 3732.
- [3] Busta, H. H.—Wagner, H. A.: J. of Electrochem. Soc. Vol. 129. No. 9. p. 1424. (1977)
- [4] Hall, R. N.: Phys. Rev. Vol. 83. p. 228. (1951) és Vol. 87. p. 387. (1952),
továbbá: Shockley, W.—Read, W. T. Jr.: ugyanott Vol. 87. p. 835.
- [5] Sirtl, E.—Adler, A.: Z. Metallkunde Vol. 52. p. 529. (1961)
- [6] Secco d'Aragona, F.: J. of Electrochem. Soc. Vol. 119. p. 948. (1972)
- [7] Yue, J. T.—Ruiz, H. J.: Proc. of the 3rd Int. Symposium on Silicon Materials and Technology. Vol. 77—2. The Electrochem. Soc. Princeton. 1977; p. 596.
- [8] Pearce, C. W.—Rozgonyi G. A.: ugyanott p. 606.

SZEMLE

(Folytatás a 202. oldalról)

Az IRO „Lasers in reprographics and communications” c. jelentése szerint a lézerek mai — mintegy 1000 dolláros ára — 1988-ra 20 dollárra vagy talán 10 dollár alá is lecsökken. A 80-as évek közepére a távközlés a száloptikai megoldás felé tolódik el, s e rendszerek tervezői szívesebben alkalmaznak lézereket mint más eszközöket, pl. fényemittáló diódákat. A már ma is létező nagy sebességű lézeres nyomtatók a jövőben az elektronikus postaszolgálat eszközei lehetnek majd. Jelenleg a lézertechnikában és -gyártásban az USA cégek vezetnek, de a Hitachi és esetleg más japán gyárak igen gyorsan tér hódítanak a lézer-piacon, s még Amerikában is elhódítják az USA gyártók piacának egy részét. (*New Electronics*, 1978. szept. [581])

Az USA-beli Energy Conversion Devices cég (ECD) és a Burroughs között létrejött gyártási-együttműködési és licencvásárlási szerződés alapján az utóbbi hamarosan megjelenik a piacon az amorf félvezető anyag alkalmazásán alapuló úgynevezett „Ovoníc memória” egységekkel. Az egységek olvasási idejének nagyságrendje 15 ns, tartalma bitenként változtatható és villamosan újraprogramozható. Az új anyag jelentősen olcsóbb mint a hagyományos elektronikában alkalmazott anyagok, ezenkívül a napenergia közvetlen átalakítására is használható anyagként ismerik. (*Computer Weekly*, 1978. júl. [582])

A különféle elektronikus készülékek bonyolultsági fokának növekedésével rohamosan növekednek a minőségi ellenőrzés költségei is. Integrált áramkörü nyomtatott kártyák ellenőrzését nagy volumen esetén általában már csak mikro- és miniszámítógépek felhasználásával érdemes megoldani. Ebben az esetben azonban a software költségek ma már sok esetben magasabbak a hardware költségeknél. A növekvő költségek késztetik a gyártókat más ellenőrzési módszerek keresésére. Több rétegű nyomtatott áramkörök vizsgálatát például célszerűbb rétegenkénti, összeszerelés előtti vizsgálattal megoldani, hiszen az egész szerelvény vizsgálata mindenképpen drágább lenne, nem is beszélve a selejt egyre magasabb költségéről. Lényeges hatása van a vizsgálati költségekre az ellenőrzési eljárás teljes rendszerének. Például, ha a működési vizsgálatba bevonják a teljes gyártási mennyiséget, ez alkal-

mas a nem működő egységek kiszűrésére, de rendkívül költséges lehet, ha ugyanezt a vizsgálatot alkalmazzák a hiba helyének és jellegének meghatározására is. Az utóbbi célokra helyesebb a gyártás specifikus körülményei figyelembevételével, például alkatrészenkénti rövidzár-ellenőrző módszer használata. Ilyen kombinált módszerekkel jelentősen csökkenthető a vizsgálati költség. (*Electronic Engineering*, 1978. júl. [583])

A General Telephone and Electronics Corporation növelni akarja kutatási erőfeszítéseit a lapos, nagy felületű megjelenítők területén, mivel ez a terület vezet a jövő tv-készüléke felé. A cég hároméves szerződést kötött a Lucitron, Inc. chicagói kutatási szervezettel, amelynek érdekében együtt fognak működni e területen.

George Konkol, a GTE fogyasztói elektronikai csoportjának vezetője szerint a cél olyan technológia kifejlesztése, amelynek alapján olyan lapos megjelenítőket tudnak gyártani, amelyek jól alkalmazhatók nagyképernyős színes tv-készülékekhez és más kommerciális alkalmazásokra.

A Lucitron céget három, korábban a Zenith Radio Corporationnál dolgozott, a lapos nagy felületű technológiában járatos tudós alapította. (*Electronics of America*, 1978. júl. [584])

Az idén tartott szakkiállítások tanúsága szerint a tv-készülék ismét a háztartási szórakoztató készülékek piaca előterébe került, miután megszabadult a rádió-és tv-műsorszóró társaságok által ráhelyezett béklyóktól. Az egyre érdekesebb és bonyolultabb tv-játékok, a video-piac, kazettás rendszerek mind újabb lehetőségeket kínálnak a tv-készülék vonzóbbá tételére. A Fairchild által elsőként kidolgozott „Viewdata” rendszerrel a tv-vevőkészülék kombinált szórakoztató-információs központtá alakul. Azóta ilyen célra alkalmas kiegészítő készülékeket más cégek is gyártanak. A Cherry Leisure (UK) Ltd. cég saját „Atari video computer” rendszerének reklámozására költött mintegy 200 000 £ összeget, és reméli, hogy a kibocsátás első évében el tudnak adni 100 000 készüléket. A Matsushita cég új színes tv-vevőjébe már mikroprocesszort építettek be, amelynek segítségével be lehet állítani a készülék be- és kikapcsolási időit, akár egy évre előre. (*Electronics Weekly*, 1978. máj. [585])

Mintaszámláló berendezés alkalmazása az üzemeltetésben

ETO 621.395.44:654.9

A helyközi távbeszélő-, távíró-, adat- és zeneátviteli jelek továbbítására az átviteli utak szolgálnak, amelyek különböző sáv szélességű és frekvenciaiosztású csatornák. A továbbiakban a kapcsolószerelvények (központok) hatásával nem foglalkozunk.

A helyközi átviteli utak üzemeltetése ilyen kis országban is mint Magyarországon, mintegy 60 erősítő-állomás működtetését kívánja meg.

Már ma is vannak olyan állomásaink, ahol fenntartó személyzet egyáltalában nincs, vagy csak bizonyos napszakban van. Figyelembe véve azonban, hogy nem várható a fenntartó személyzet létszámának növekedése, az üzemben levő berendezések és az összeköttetéseké viszont igen, feltétlenül szükségessé válik a munkaerő koncentrációja. Ennek következtében tovább nő a személyzet nélkül üzemelő állomások száma. Ezt a nagy megbízhatóságú berendezések alkalmazása lehetővé teszi, de csak egy feltétellel: ha az ember ellenőrző szerepét egy arra alkalmas és olcsó berendezés átveszi.

Feltétlenül biztosítani kell ui. a távbeszélő- stb. szolgáltatások jó minőségét akkor is, ha az állomások egy részén nincs vagy csak ritkán, meghatározott feladat elvégzésre van fenntartó.

Ezért olyan megbízható műszaki jellemző ellenőrzését kell megoldani, amely a szolgáltatás minőségét egyértelműen jellemzi.

Nemcsak a személyzet nélküli vagy részlegesen ellenőrzött állomásokon szükséges azonban az emberi ellenőrző tevékenység redukálása, hanem az állandó személyzettel üzemelő nagyállomásokon is, ahol a berendezés mennyisége (az átviteli utak száma) fokozott mértékben növekszik. Mivel a képzett személyzet mennyisége várhatóan nem fog nőni, jó esetben azonos szinten marad, rendkívül fontos, hogy a szolgáltatás minőségének ellenőrzése alapján lehessen meghatározni a fenntartói beavatkozás szükségességének időpontját olyankor, amikor a szolgáltatás romlása még megengedett határokon belül van.

A szolgáltatás minősítése

Egy berendezés megbízhatóságát az adja meg, hogy az üzemidő hány százalékában működőképes.

Ennek analógiájára egy szolgáltatás használhatóságát (rendelkezésre állását) az adja meg, hogy várhatóan az üzemidő hány százalékában vehető igénybe. Ez olyan jellegű mennyiség, mint a hatásfok. Adott üzemidőre vonatkoztatva annak pl. ezrelékében megadja a hasznosítható idő arányát. Ez lényegesen többet mond, mint a megbízhatóság a berendezésnél. Ui. nemcsak a berendezéshiba csökkenti

a hasznos időt, hanem a távkábel elvágása (pl. munkagép által) vagy a fenntartó ellenőrző mérései, a hiba behatárolása érdekében végzett megszakítások, amelyeket a fenntartó kénytelen előidézni stb.

Ezért a CCITT 1978-as tanulmányi bizottsági anyagai egyértelműen az ellenőrzött használhatóság alkalmazását javasolják.

Az ellenőrzött használhatóság meghatározása a következő:

$$A = \frac{M}{M+L}, \quad (1)$$

ahol A (availability) a megfigyelt használhatóság, M a hasznosítható működés időtartama (óra), L a gyöngyöltett üzemképtelen időtartam (óra).

Kiesési időarány (DTR)

A használhatatlanság valószínűsége. A kiesési időarány meghatározása:

$$X = \frac{L}{M+L}, \quad (2)$$

ahol X a megfigyelt kiesési időarány, L a gyöngyöltett üzemképtelen idő (óra), M a hasznosítható működés időtartama (óra).

A kiesési időarány könnyen kezelhető, praktikus mennyiség. Pl. egyenes arányban áll az összeköttetés hosszával és az alkalmazott berendezésegységek mennyiségével.

Ha ismerjük az egyes összeköttetések vagy összeköttetéscsoportok megfigyelt kiesési arányát, akkor ezek átlagolhatók:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}. \quad (3)$$

A megfigyelés időtartamára így számított átlagérték egyértelműen jellemzi a hálózat összeköttetéseit.

Berendezés-hibagyakoriság

Egy adott berendezésegység hibás állapotának valószínűsége. Ez a kiesési időarányhoz egy meghatározott berendezésre szorítkozó, speciális esete. Ezért a (2) és (3) értelemszerűen alkalmazható.

A mintaszámlálóval végzett mérések értékelése

A mintaszámláló tervezésekor figyelembe vették, hogy a korszerű vivőfrekvenciás berendezések hibás állapotát az egységek riasztásával jelzik a fenntartó személyzetnek. Ez a riasztás 0V-ot ad egy forr-

csúcsra vagy hüvelyre amelyen előzőleg -24 V vagy -48 V potenciál volt. A mintaszámláló tehát olyan műszer, amely az átviteltechnikai berendezésekbe beépített ellenőrző, riasztó szerelvényeket használja fel a regisztrálás beindítására és annak leállítására.

A mintaszámláló a földpotenciál időtartamát $0,001$ óras egységben és a mérés időtartamát $0,1$ óras egységben méri. A kijelzés számláló jelfogók segítségével történik.

Egyidejűleg 12 független esemény megfigyelésére alkalmas. Minden bemenethez tartozik egy számláló jelfogó, a $13.$ jelfogó méri az összidőt.

A kiesési időarány mérésekor az értékelés módja:

$$X = \frac{n_i}{n_{13}} \%, \quad (4)$$

ahol X a kiesési arány %-ban,

n_i az i -edik számláló jelfogóról leolvasott szám,
 n_{13} a $13.$ számláló jelfogóról leolvasott szám (összidő).

A mérési időt (t_m) úgy kapjuk meg n_{13} számértékéből, hogy az utolsó számjegyet elhagyjuk (kerekítünk). Ez esetben t_m értékét órában kapjuk. Ha ennek felhasználásával számítjuk a kiesési időarányt, akkor ezrelékben kapjuk meg:

$$X = \frac{n_i}{t_m} \%, \quad (5)$$

ahol X a kiesési időarány ezrelékben,

n_i az i -edik számláló jelfogóról leolvasott számérték,
 t_m a $13.$ számláló jelfogóról leolvasott szám az utolsó jegy elhagyásával.

A használhatóság meghatározása:

$$A = 1000 - X \%, \quad (6)$$

ahol A értékét ezrelékben kapjuk, ha X ezrelékben van kifejezve.

A mintaszámláló alkalmazásának indokai

Miért akarunk a szolgáltatás, ill. a berendezések folyamatos ellenőzésére éppen mintaszámlálót használni, miért nem központi számítógépet vagy $30-40$ mikroprocesszort? Ennek több oka van, amelyek közül néhány:

- A berendezéstől érkező földpotenciált a mintaszámláló bemenete közvetlenül érzéklni tudja, és a megszűnése esetén fellépő -24 V vagy -48 V -os potenciál nem okoz az ellenőrző műszer bemenetén semmiféle károsodást. Akár számítógépet, akár mikroprocesszort alkalmaznánk, szükség lenne egy olyan fokozatra, amely a földpotenciált vagy annak hiányát a TTL logikának megfelelő $+5\text{ V}/0\text{ V}$ -ra alakítaná át, és a negatív bemenőjeltől mentesítené. Ez a fokozat minden egyes bemeneti pont részére szükséges.
- A mintaszámláló kialakítása olyan, hogy sem hálózatkimaradás nem okozza az előző észle-

lések elvesztését, sem a tápfeszültség visszaérkezése nem okozza az előzőekhez képest többszámlálást.

Ha számítógépnél vagy processzornál a tápfeszültség kiesésekor biztosítani kell a tárolt információk megmaradását, akkor az jelentős többletköltséggel jár.

- A legkisebb számítógép is két nagyságrenddel drágább egy mintaszámlálónál, és akkor még nem vettük figyelembe az $a)$, ill. $b)$ alattiakat.
- A számítógéphez adatátviteli utakat kell biztosítani az ellenőrzött állomásokról. Az adatátviteli útvonalak közül bármelyik annyi bevettelt hozna egy év alatt, amiből kifizethető a helyette alkalmazandó mintaszámláló.

A fentiek figyelembevételével, amíg egyéb célra nem szükséges számítógép beszerzése, feltétlenül lényegesen gazdaságosabb megoldás a hálózat- és a berendezésellenőrzés megoldása mintaszámlálóval.

Alkalmazási feltételek

Ahhoz, hogy a mintaszámlálót üzemeltethessük, a következőket kell biztosítanunk:

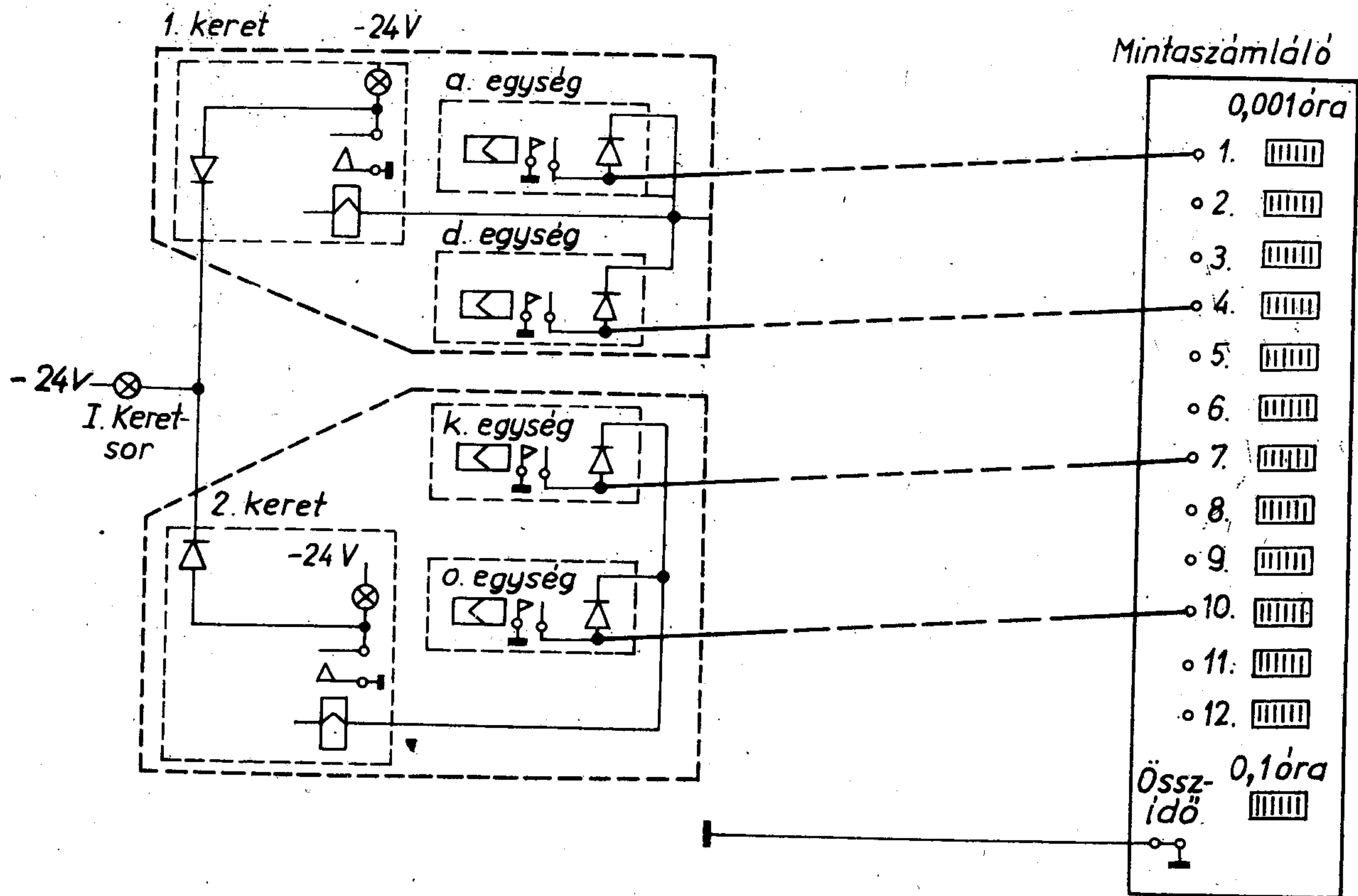
- $220\text{ V} \pm 20\%$ -os tűrésű hálózati váltakozó feszültséget.
- Olyan riasztó érintkezőt (ez akár jelfogóhoz tarthat, akár elektronikus elem lehet), amelyen a megfigyelt rész hibája esetén földpotenciál jelenik meg. Ugyanezen a ponton hibamentes állapotban földpotenciál nem lehet, legfeljebb -24 V vagy -48 V .
- Ezt a riasztó érintkezőt a mintaszámláló egyik bemenetére kell csatlakoztatni.
- Ez a csatlakozás olyan pontról történjék, ahol a különböző pontokról jövő riasztó érintkezők párhuzamosítása még nem történt meg (dióda előtt). U.i. ha csak az egyiken áll elő riasztás, akkor csak az ehhez tartozó számláló jelfogónak szabad lépkednie. Ezért az egyes pontok csatlakoztatását az 1. ábra szerint végezzük el. Ez nem jelent megszorítást, mivel a korszerű berendezésekben a különböző riasztások $1-1$ diódán keresztül vannak csatlakoztatva a közös riasztó szerelvényekhez. Legfeljebb a régi típusú berendezések egy részénél lehet szükség az egyes riasztásoktól a közös riasztó szerelvényhez menő vezetékbe dióda beiktatására.

Alkalmazási példák

A teljesség igénye nélkül néhány jellemző alkalmazási lehetőséget ismertetünk, amelyeknek különféle kombinációja egyidejűleg lehetséges.

Egységek hibagyakorisága

Személyzet nélkül üzemelő állomásokon az 1. ábra szerint csatlakoztathatunk pl. 2 különböző típusú keret $2-2$ egységéről riasztó pontokat. Az ábrán



1. ábra. Az erősítőállomási egységek hibagyakoriság-vizsgálata mintaszámlálóval

H 647-CA1

jelzett állapot a nyugalmi helyzet, amikor az összes egység riasztó jelfogója elengedett állapotban van. Ekkor a keresztriasztó jelfogó telepfeszültsége a megfigyelt egységek diódáin keresztül eljut a mintaszámláló bemenetére, ill. bemeneteire, s ennek hatására az összes számláló jelfogó elengedett állapotban marad. Ha valamelyik megfigyelt egységben (tápegység, főszcillátor, áramgenerátor stb.) hiba áll elő, akkor az egység riasztó jelfogója meghúzás és úgy marad a hiba idejére. A meghúzott jelfogó érintkezőjén keresztül földpotenciált ad a mintaszámláló bemenetére, és a megfelelő diódán át gerjeszti a keret riasztó jelfogóját, amely a keret- és keretsor-riasztást (lát és hangjelzést) vezérli.

A mintaszámlálón, ha pl. a 4. bemenetre jutott 0 V, akkor a 4. számláló jelfogó biztosan lép egyet, ha a riasztás időtartama a 2 mp-et meghaladja. Amíg a riasztás fennáll, a 4. számláló jelfogó 3,6 mp-enként egyet lép.

Az egységek diódái akadályozzák meg azt, hogy a 4. számláló jelfogón kívül másik is működjön, ha csak a d) egységen van riasztás.

Mivel az egységek riasztó jelfogóinak meghúzási és elengedési ideje néhány százalékon belül megegyezik, az így kapott riasztási időtartam a tényleges riasztási idők összegével jól megegyezik, ezért alkalmas az egységek hibagyakoriságának az (5) formula alapján történő meghatározására.

Ha az egység hibagyakorisága 0,3% vagy annál kisebb, akkor a berendezéssel nem kell foglalkozni. Ha azonban a hibagyakoriság kb. 2 hónapos megfigyelési idő után ($n_{13} \approx 14\ 000$) nagyobb 1%-nél, akkor meg kell keresni a hiba okát.

Összeköttetések használhatósága

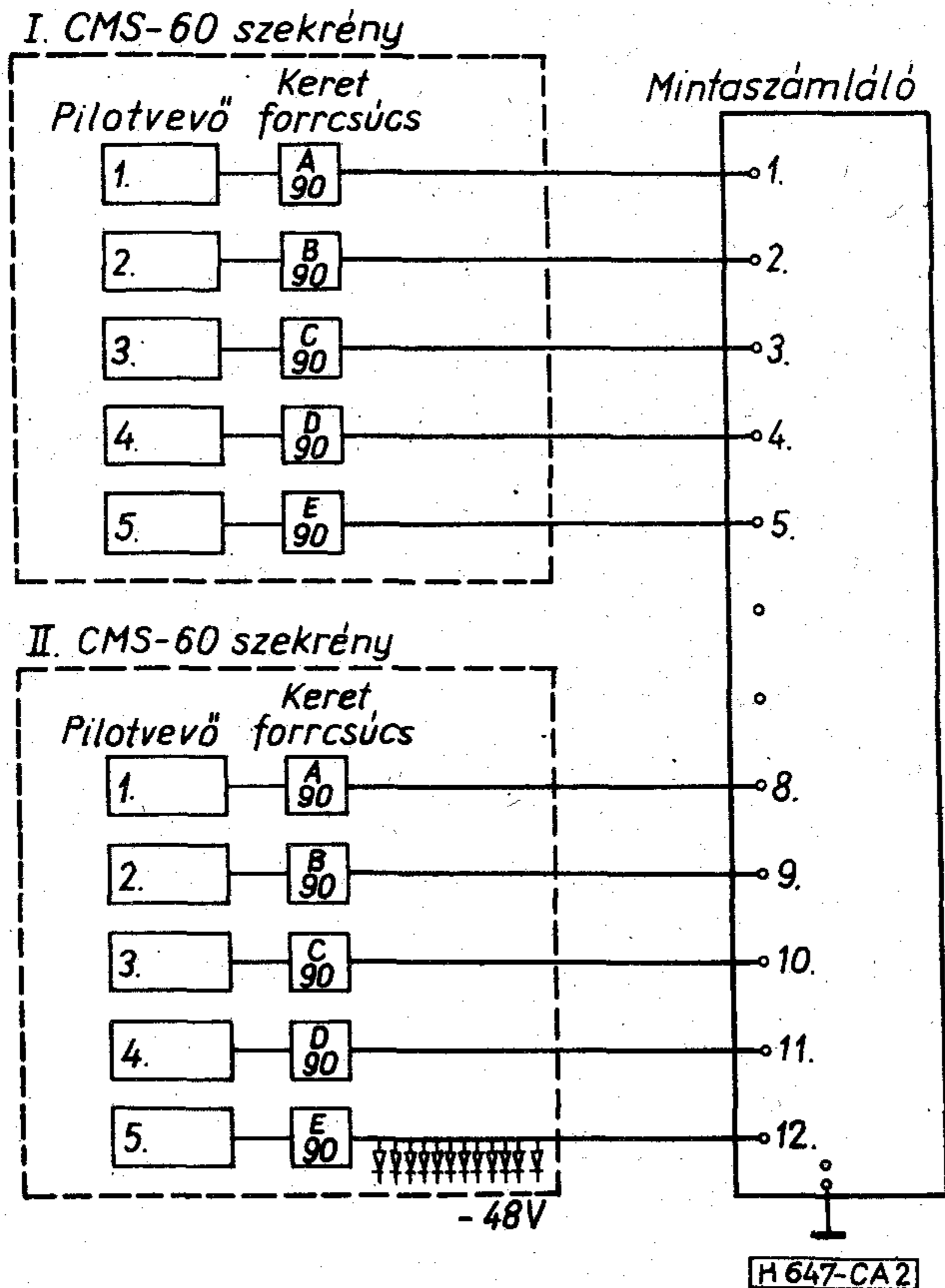
Áramkörnyalábok, pl. alapsoport-összeköttetések ellenőrzött használhatóságának megállapítására is alkalmazható a mintaszámláló.

A korszerű csatornamodem-keretek (CMS-60, CMK-300, LME) csoportpilotjelet adnak a csoportfrekvenciasávba, hogy a vételponton az alapsoport automatikus szintszabályozása és a szintriasztás megoldható legyen. A pilotvevő a vételponton emellett a csoportpilotzárát is működteti abban az esetben, ha a pilotszint ugrásszerűen 4 dB-t vagy fokozatosan 8 dB-t változik. Ekkor a csoportpilotzár blokkolja a csoportot, megakadályozva ezzel a nagy mértékű, hirtelen szintváltozásokat. Blokkolásnál az illető csoporthoz tartozó forrcsúcssáv 90. pontján földpotenciál jelenik meg, erre egyébként a központ -48 V-os feszültséget ad.

A 2. ábrán látható 2 db CMS-60 típusú csatornamodem-szekrény 5-5 csoport-összeköttetésének ellenőrzése mintaszámlálóval. Ugyanez a csoportpilotzár vételirányú hiba esetén adásirányban olyan jelzést ad, amelynek hatására az ellenállomás is blokkolni fog. Ezért elég az összeköttetés egyik végét ellenőriznünk, a mérési eredmény mindkét irány hibáját tartalmazza.

Vegyünk egy példát: a megfigyelés időtartama kb. fél év. 1978. II. 6-1978. VII. 28. A megfigyelés helye: Budapest. A mérési eredményét az 1. táblázat tartalmazza.

A táblázatból jól látható az értékelés módja, és az egyes csoportösszeköttetések használhatósága. További következtetések levonására is van lehetőség:



2. ábra. Alapcsoport-összeköttetések ellenőrzött használhatóságának kiértékelése a csatornamodem-szekrények csoport-pilotzárjainak megfigyelése alapján

- a) A Pécs—Budapest viszonylatú 960-csatornás mikrohullámú rendszer használhatósága legalább 999,8%. U. amelyik pécsi csoport rosszabb a legjobbnál, annál csoporthiba lehet, ha pedig egy főcsoport mindegyik csoportja egyöntetűen rosszabb, akkor főcsoporthiba lehet az oka. A legjobb értéket azonban a rendszer használhatósága szabja meg.
- b) A pécsi 6001/1 és 6002/2 csoport hibás.
- c) A kaposvári csoportok észrevehetően rosszabbak a pécsieknél, de a 6003/4 itt is csoporthibás.
- d) A zalaegerszegi rendszer két különböző főcsoportjának 1—1 csoportja rendszerhibára utal.
- e) A győri rendszer használhatósága 999,3% olyan időpontban, amikor kábelhiba is volt, és csak az egyik főcsoport pótlására volt lehetőség.

Ily módon ellenőrizhető csoport-, főcsoport-, és 15 főcsoport-blokkos összeköttetések, valamint alapáramkörök használhatósága. Ilyen jellegű vizsgálatoknak évenkénti ismétlésével az áramkörnyalábok minőségváltozását az idő függvényében egyértelműen jellemezhetjük, ill. a jövőre vonatkozóan a várható használhatóságot extrapolálhatjuk.

Áramkörnyalábok szórása

A korszerű modem berendezések (csoport, főcsoport, 15 főcsoportos blokk) és a vivős alapáramkör vonalblokkja pilotjelet adnak a vételponton az automatikus szintszabályozás megvalósítása érdekében. Ha a szabályozás utáni ponton a pilotszint a névle-

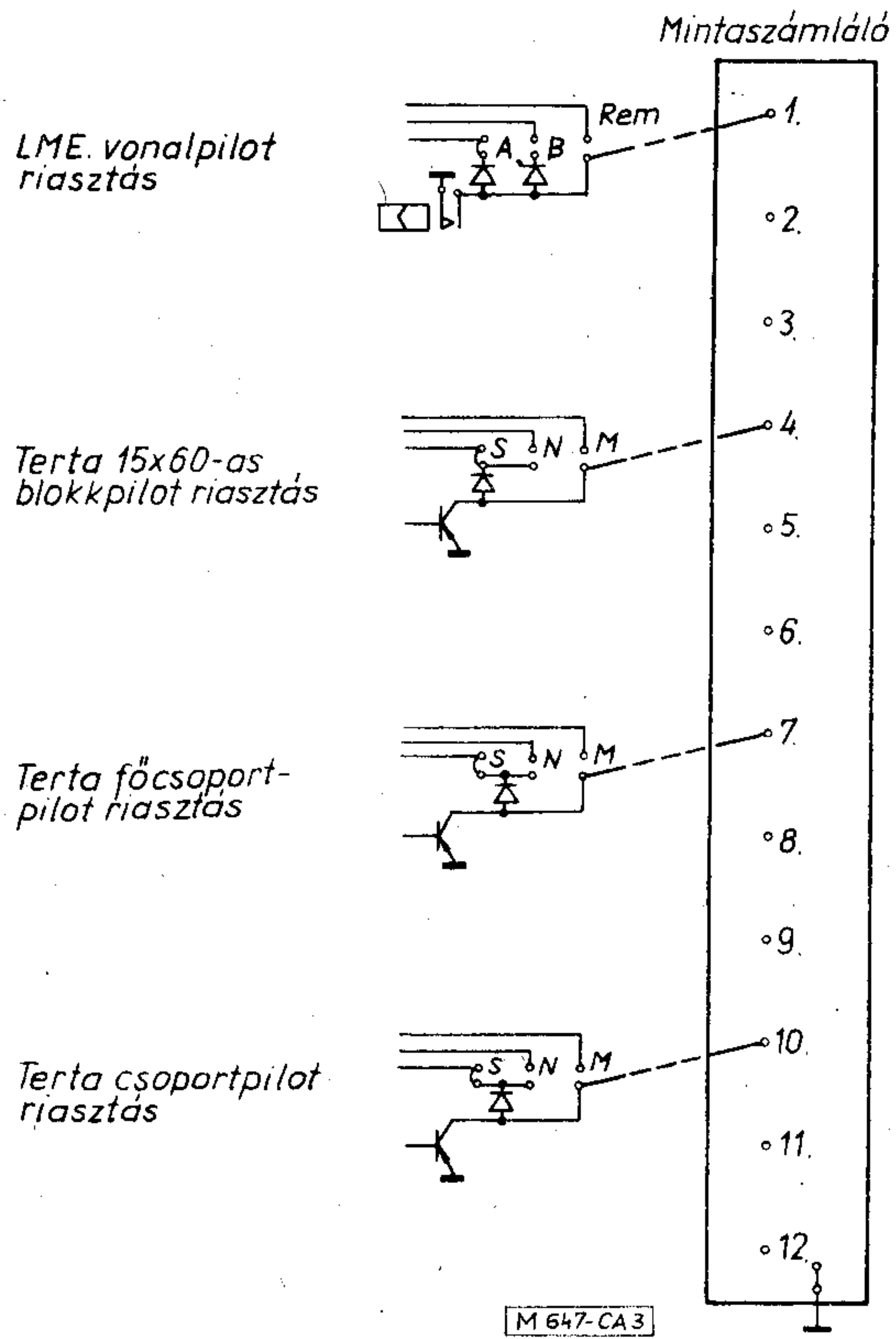
1. táblázat

Csoportösszeköttetések ellenőrzött használhatósága

Leolvasás	Viszonylat		L óra	X %	A %
$n_1 = 14\ 070$	Pécs—Bp.	6001/1	14,07	3,5	996,5
$n_2 = 4020$		/3	4,02	1,0	999
$n_3 = 804$		/5	0,804	0,2	999,8
$n_4 = 3216$		6002/2	3,216	0,8	999,2
$n_5 = 4824$		/3	4,824	1,2	998,8
$n_6 = 16\ 482$	Kaposvár—Bp.	6003/1	16,482	4,1	995,9
$n_7 = 26\ 532$		/3	26,532	6,6	993,4
$n_8 = 40\ 200$		/4	40,2	10,0	990
$n_9 = 23\ 718$	Zalaeg.—Bp.	6001/2	23,718	5,9	994,1
$n_{10} = 36\ 984$		6002/5	36,984	9,2	990,8
$n_{11} = 2814$	Győr—Bp.	6003/1	2,814	0,7	999,3
$n_{12} = 16\ 884$		6004/3	16,884	4,2	995,8
$n_{13} = 40\ 200$	Összidő		4020,0		
Átlagolva			15,9	3,95	996,05

2. táblázat

k	0,02	0,1	0,37	1,00	3,6	9	17	23	37	49	62	85	92
S [dB]	0,13	0,15	0,17	0,19	0,24	0,29	0,36	0,42	0,56	0,71	1	2,5	5



3. ábra. Áramkörnyalábok normál szórásának ellenőrzése mintaszámlálással

gestől $\pm 0,5$ dB-nél nagyobb mértékben eltér, akkor szintriasztás áll elő. Ekkor az összeköttetések még üzemképesek, de a maradécsillapításuk változása jelentős.

Ezért a CCITT Narancs Könyv M.160 Ajánlása a szintstabilitás biztosítása érdekében a következő normálszórás-értéket adja meg minimumként a különféle áramkörnyalábokra:

átkapcsolási ponton:	$S = 1,3$ dB,
vételi végen csoport:	0,6 dB,
főcsoport:	0,5 dB,
főmestercsoport:	0,3 dB.

Ha mintaszámláló 1. bemenetét pl. a 3. ábra szerint egy főcsoport pilotvevő szintriasztására csatlakoztatjuk, akkor mérni tudjuk annak gyakoriságát, hogy a főcsoportpilot milyen gyakran van a $\pm 0,5$ dB-es tartományon kívül.

Tudva, hogy a maradécsillapítás jó közelítéssel normális eloszlású, a 2. táblázatból lehet meghatározni a normális szórás értékét.

Az eljárás a következő:

- Csatlakoztatjuk az ellenőrzendő áramkörnyalábokat a mintaszámlálóra a 3. ábra szerint. Legalább 1 hónapos megfigyelés után leolvassuk a számláló jelfogókat. Ekkor $n_{13} \cong 7000$ legyen.
- Kiszámítjuk a kiesés gyakoriságát: $k_i = \frac{n_i}{n_{13}} \%$.
- Kikeressük a 2. táblázatból a normális szórás értékét, amely közvetlenül dB-ben van megadva.
- A kapott szórás értékét a megadott CCITT követelményével összevetve megállapítjuk, hogy az összeköttetés minősége megfelelő-e.

SZEMLE

(Folytatás a 206. oldalról)

Újabb kapott értesülések szerint a világűrben végrehajtott szovjet kísérletek egy része, amelyben különböző félvezető anyagok ötvözésével foglalkoztak, egy nagyszabású szovjet-lengyel kutatómunka fontos eleme volt. A Szaljut 6 űrállomás gravitációs szempontból stabilizált állapotában, minden irányító hajtómű kikapcsolása után kadmium-szelenid, gallium-arszenid és indium-antimonid anyagokkal végeztek kísérleteket. A feltételezések szerint a nulla-gravitációjú térben tisztább és jobb irányítottágú félvezető kristályokat lehet előállítani, amelyekkel gyártott készülékek működési tulajdonságai is jobbak lesznek. Az IC gyártók egyébként már most úgy tekintenek az indium-antimonidra, mint olyan anyagra, amely hamarosan elfoglalja a szilíciumos készülékek helyét az integrált áramkörökben. (Computer Weekly, 1978. okt. [586])

*

A Siemens AG kutatólaboratóriumaiban intenzíven foglalkoznak távközlési lézerek és fényemittáló diódák fejlesztésével. Elsősorban a viszonylag nagy élettartam és a működési paraméterek változatlanságának elérése a cél, amely jellemzők rendkívül fontosak a száloptikás távközlési rendszerek megbízhatósága szempontjából. A Siemensnél kidolgozott Ga/GaAlAs lézerciódákkal mintegy 100 000 óras élettartamot sikerült elérni. A cég laboratóriumában végzett kísérletek szerint 560 Mbit/s átviteli ütem mellett csak $\pm 3\%$ impulzusamplitúdó változást mértek. A berlini Heinrich Herz Távközlési Intézetnél végzett mérések szerint a diódák megfelelő modulációs üzemet mutattak 1,2 Gbit/s mellett is. (Telecommunication Journal, 1978. okt. [587])

*

A hanglemezek egészen új koncepciójú változatát mutatta be a Philips cég, amikor megjelentette a „Compact Disk” lemezt. Ez a „jövő hanglemeze”, amely technológiai szempontból nagyon hasonlít a Philips video-lemezére, sokkal jobb hangminőséget biztosít, mint a hagyományos hanglemezek. A rendszer a lemez-lejátszóból és az optikailag leérezkelt lemezekből áll. A lemezre a jelet digitálisan, PCM-modulációval (impulzus-kód-moduláció) viszik fel. A Philips jelenleg 14 bites lineáris kódot használ. Az optikai leolvasás előnye, hogy a lemezeket megóvjá és igen nagy zavarérzékletlenséget biztosít. A lemezrendszer 85 dB-es jel/zaj viszonyt biztosít a 20 Hz... 20 kHz-es sávban. Többcsatornás rendszereknél rendkívül nagy áthallási csillapítás biztosítható meglehetősen egyszerű módon. A jelsűrűség meglepő lejátszási időket eredményez. Az egyik oldalán teleírt, 110 mm-es átmérőjű hanglemez lejátszási ideje 1 óra. A tangenciális sebesség 1,5 m/s, ez azt jelenti, hogy a fordulatszám 400 ford/perctől 700 ford/percig lineárisan nő. (Elector, 1978. szept. [588])

*

Csak 9,5 kp a súlya és $28 \times 15 \times 36$ cm a mérete a japán Iwatsu Electric cég svájci képviselője (Dewalt AG) által bemutatott 100 MHz-es oszcilloszkópnak. Ez az oszcilloszkóp valóban a legjobbak közé tartozik, amit a következő adatai is bizonyítanak: mérési tartománya egyenszinttől 100 MHz-ig terjed; 5 mV/osztástól 5 V/osztásig; ill. DC-től 20 MHz-ig: 1 mV/osztástól 1 V/osztásig. A műszer pontossága $\pm 2\%$, az impulzus emelkedési idő 3,5 ns. A kettős vízszintes eltérítés maximálisan 5 ns/osztási sebességet (ill. 125 ms/osztás sebességet) tesz lehetővé. Az eltérítés pontossága $\pm 2\%$ a kalibrált tartományban. A könnyen kezelhető műszer 3 üzemmódban működhet: „normál”, „automatikus” és „teljesen automatikus” üzemben. A 20 kV-os utógyorsítás rendkívül éles sugárnyaláb és kis fénypont előállítását biztosítja. Amikor a sugár nem jelenik meg a képernyőn, kis lámpák jelzik, hogy melyik irányban csúszott ki az eltérítés a képernyőről. Tartozékként osztókat is szállítanak hozzá. (Technische Rundschau, 1978. okt. [587])

Relék (jelfogók) tranziens lengéséből eredő zaj

ETO 621.318.5-752:621.391.822

Olyan elektromos hálózatokban, amelyek jelfogó-kontaktusokat tartalmaznak — egyéb zavarások mellett — a jelfogó mechanikai rezgései is lehetnek zavarforrások. Ilyen mechanikai zavaró tényezők keletkezhetnek kapcsológépek működése, épület lengése vagy szomszédos jelfogók (vagy jelfogósorok) működése következtében. Jelen esetben ez utóbbi zavarok keltését és hatásait kívánjuk elemezni.

A jelenség nem elhanyagolható, mivel a működött jelfogók, ez esetben a jelfogó-szerelősíneket képező rudak lengéseit okozzák. Ez a lengés olyan mértékű lehet, hogy a működő jelfogóval azonos rúdra szerelt, nyugalomban levő (villamosan nem gerjesztett) jelfogó relatív elmozdulásához vezethet. Az ilyen nemkívánatos mechanikai csatolás a nyugalmi helyzetben levő jelfogó tranziens együttrezgését váltja ki. Extrém esetben a kontaktusállapot annyira változik, hogy zárt kontaktusok nyitnak, nyitott kontaktusok rövid ideig beremegnek. Nem elhanyagolható továbbá az sem, hogy a mechanikai lengés — zavarás — következtében a nyugalomban levő jelfogó rugórezgéseiből adódó átmeneti ellenállás változása meg nem engedhető pszofometrikus zajfeszültséget okozhat (különösen zavarólag hat ez a jelenség pl. beszédáramkörökben).

Kritikus tranziens állapot következhet be nagy forgalom-koncentrációjú áramkörökben, ahol a jelfogók működésének nagy a valószínűsége akkor, amikor pl. nyugalomban levő jelfogók érintkezői éppen egy vagy több beszédáramkör aktív állapotában vannak.

A kontaktusok mechanikai tranziens lengése

- monofrekvenciás (színusz),
- polyfrekvenciás,
- ugrásszerű,
- lökésszerű (impulzus jellegű) zavarás nyomán keletkezhet.

A következőkben az impulzus jellegű zavaró rezgésekkel foglalkozunk. Ez esetben egy meglehetősen széles frekvenciatartományú zavarás léphet fel a jelfogóknál. Különösen a kis frekvenciák okozhatnak mechanikai lengésekből, illetve berezgésekből adódó zavarokat.

A lengés jelensége

A rezgékeltők (jelen esetben működtetett jelfogók) által okozott lengések jellege, a rezgések hullámformája és amplitúdója, valamint a gyorsulás több paramétertől függ. Tény az, hogy a szomszédosan beültetett és elektromosan működtetett jelfogók (sorok)

a fölöttük vagy alattuk szerelt, nyugalmi helyzetben levő jelfogókon a talppontban levő csavaró lengésből kiindulva a lapos jelfogó rugóinak a kontaktusnyomás irányába ható zavaró rezgését okozzák. A rugók zavaró rezgése az érintkezők átmeneti ellenállásának változását okozza, és ez a zajszint növekedése mellett kellemetlen zörejeket idézhet elő (analog módon, mint a mikrofonáramnál).

Előjáróban a jelfogó mechanikai modelljét és a szerelés módját szemléltetjük. A működési ütközéseket követően a jelfogósín keresztmetszetében nyomatékimpulzus keletkezik. A vasmagot és a horgonyt merev rudaknak tekintjük.

Esetünkben a szerelt S típusú jelfogó csavaró lengése a következők szerint lép fel (1. ábra).

Az S típusú jelfogónál fellépő elmozdulás vizsgálata során — a vasmag és jelfogósín csatlakozását szemantikusan ábrázolva — a szerelt sínre ható csavaró lengő nyomatékimpulzus maximumának abszolút értéke kifejezhető és értelmezhető (2. és 3. ábra).

Tekintettel arra, hogy a jelfogótalpfelfekvő felületén az anyamenet tengelye általában nem szimmetrikusan helyezkedik el, ezért a csavaró impulzus erőpár — amely a jelfogósín lengését okozza — más lesz a meghúzási és az elengedési ütközés hatására.

Ha P_e -vel, ill. P_h -val jelöljük a jelfogóvasmag végén az ütközési erőimpulzusokat és M_e -vel, ill. M_h -val a talppontban keletkező nyomatékimpulzusokat, akkor a 2. és 3. ábrák alapján a forgatónyomatékok egyenlőségéből felírhatók a következők:

Legyen rendre: $l_1=85$ mm; $l_2=4$ mm; $l_3=6$ mm; akkor:

Elengedésre: $M_e=85 \cdot P_e$, $M_h=85 \cdot P_h$
Meghúzásra:
az erőpár $r_e=l_2+4,5=8,5$ mm, $r_h=l_3+4,5=10,5$ mm,
karja

az erő $P_2=\frac{l_1}{r_e} P_e=10 P_e$, $P_3=\frac{l_1}{r_h} P_h=8,1 P_h$

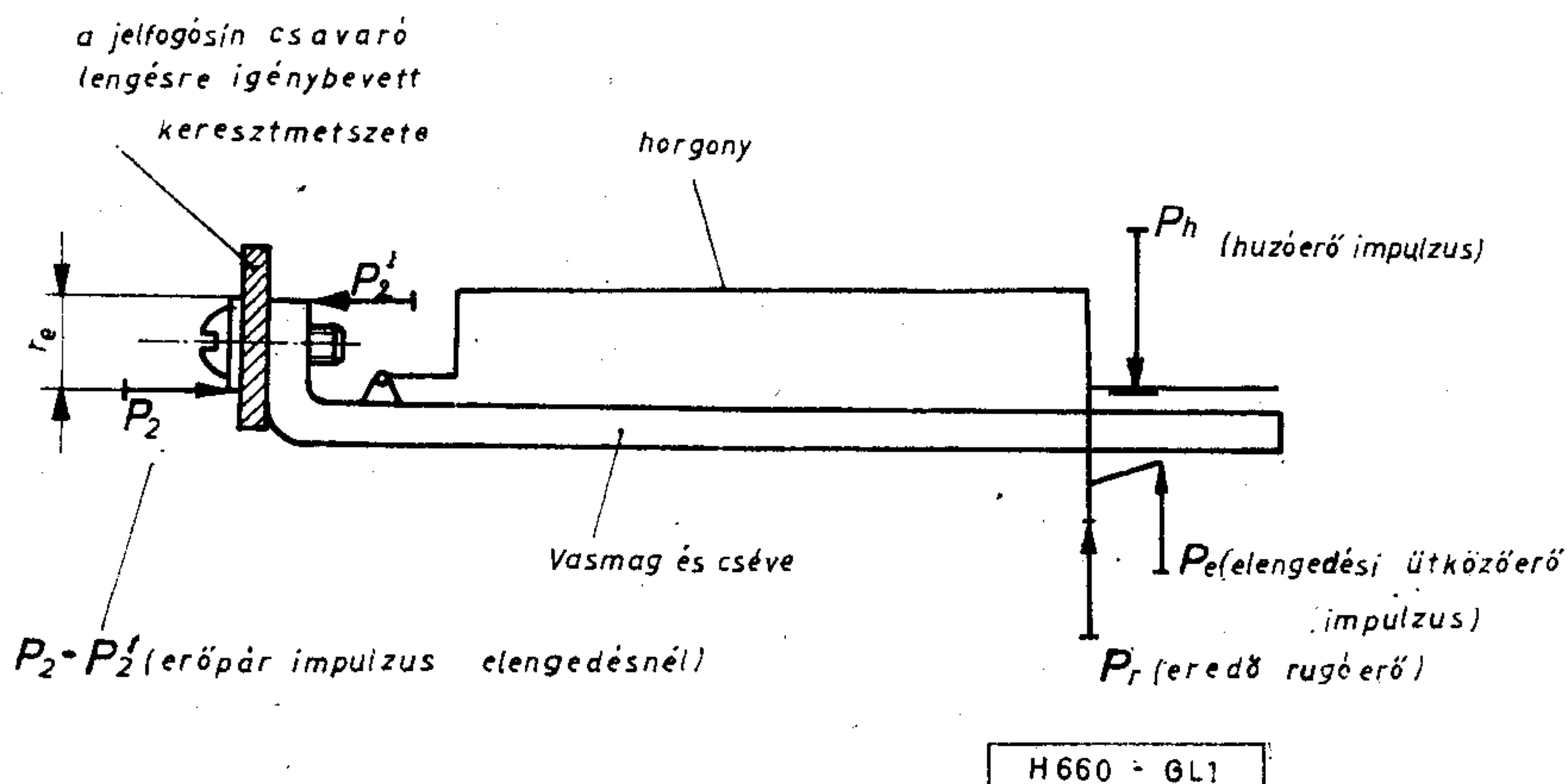
a forgatónyomaték $M_e=85 \cdot P_e$, $M_h=85 \cdot P_h$

A fentiekben azt az egyszerűsítő feltevést alkalmaztuk, hogy az impulzuserőpár a jelfogótalpfélel és az éllel szemben levő kerületi pontok közvetítésével hat a jelfogósínre.

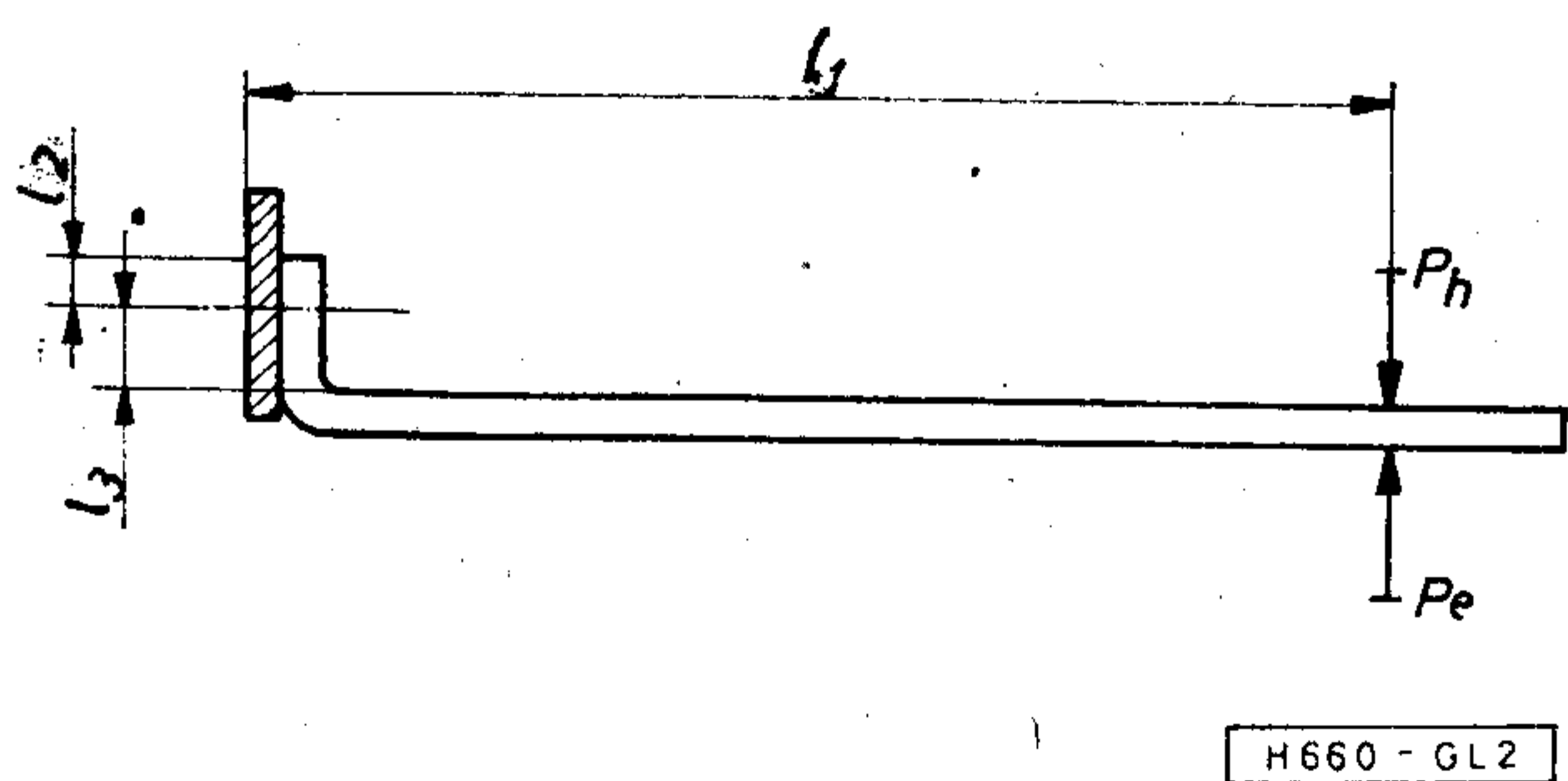
A csavaró lengés mértékére is jellemző az egységnyi hosszúságra eső elcsavarodási szög, amely egyenesen arányos a forgatónyomatékkal.

Képletben kifejezve:

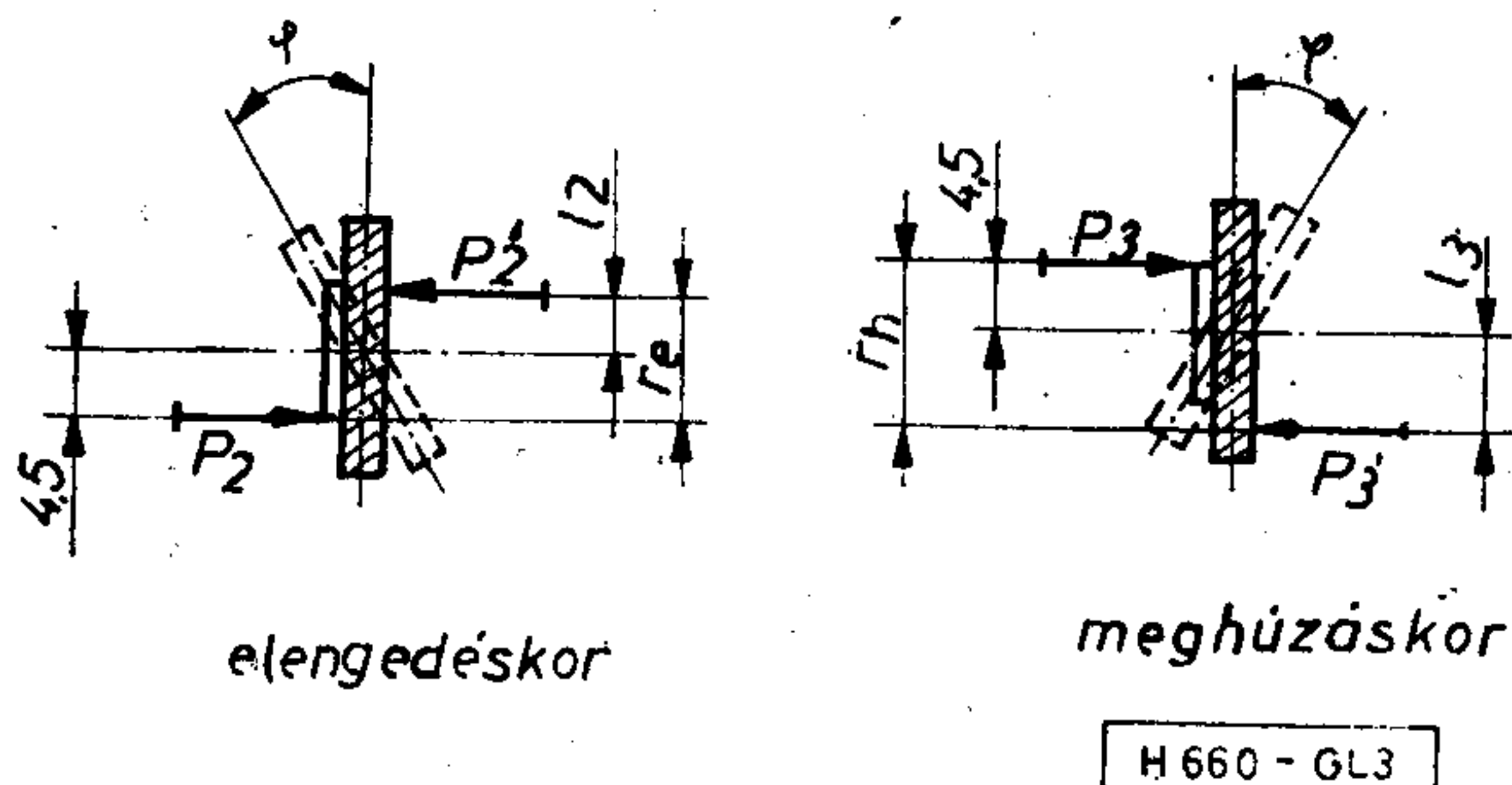
$$\varphi \approx \frac{M_{\text{forg}}}{I_t G}$$



1. ábra. Erők értelmezése a jelfogó vaskörnél



2. ábra. Merev rúdnak tekintett vasmag



3. ábra. A jelfogósín-hordozó keresztmetszetének igénybevétele

ahol:

G = az anyag E rugalmassági modulusának kb. 40%-a,

I_t = tetszőleges, de tömör keresztmetszetre számított közelítő másodrendű nyomaték.

A továbbiakban a jelfogó mágneskörét merev rendszernek tekintjük (vasmagos tekercs a szerelt horgonnyal), amely a rezgésben levő szerelősín lengését közel azonos mértékben követi. A relé szerelt rugócsomagja azonban már távolról sem merev, hanem rugalmas rendszer, amely a rezgéseket csillapított amplitúdóval, a rezgéskeltő lökéseinek erősségéhez mérten és a rugók állapotának megfelelően átveszi. A rugórezgést az egyes rugók grammnyomásának beállítása és a szerelt rugócsomagban levő rugók száma is befolyásolja.

Nem elhanyagolható a rugók érintkezési és szerelési helyzete. Ez a konstrukció felépítéséből adódik.

Már az 1960-as években a nemzetközileg elismert Siemens cég nagy figyelmet fordított a rezgésekkel zavart jelfogó-érintkezőkre, és vizsgálatokat folytatott mechanikai rezgéskeltőkre visszavezethető rezgések és különböző zavaró feszültségek tárgyában. Kimutatták, hogy a Siemens lapos jelfogó nagy tehetetlenségű, de könnyen beremegő horgonya meg nem húzott állapotban igen fogékony zavaró rezgések követésére a horgonymozgás irányában (a horgony rezgéséhez már $3\text{-}g$ gyorsulás elegendő). Mivel a normál horgonyerő 5 pond alatt van, az egyik végén befogott (talppont) merev jelfogó-mágneskör átveszi a csavarólengést, és horgonya a rezgéskeltőtől függően rezeg. Természetesen a merev felerősítés helyett valamilyen rugós felerősítés alkalmazása csökkenti a zavaró rezgést, de csak előre nem látható mértékben.

A rugórezgésre befolyással van az érintkező rugók beállítása is. A Siemens-mérések esetében a záró érintkezők nyomásának 10 pondról 30 pondra való növelése a nemkívánatos zavarás határértékét $5\text{-}g$ -ről $50\text{-}g$ -re emeli. Nem így a bontó érintkezőknél, ahol 10 pond érintkezőnyomásnak 40 pondra való beállítása az érzékelhető káros zavarás határértékét $3\text{-}g$ -ről csak $20\text{-}g$ -re növeli. A zavaró rezgéseknek kitett bontó érintkezőknek a zárónál érzékenyebb voltát vizsgálati tapasztalataink is igazolták.

A tranziens együttlendések

A jelfogókkal működő híradástechnikai berendezéseknél fellépő zavaró feszültségek részben a szerelési apparátusok (állvány, keret, sáv, szekrény stb.) zavaró és együttrezgéseire, részben az elektromos kapcsolási folyamatoknak más (szomszédos) beszed vagy vezérlő áramkörökre történő, nem kívánt induktív vagy kapacitív hatása révén jönnek létre.

A mechanikai rezgéseknek a jelfogó-rugókon jelentkező hatását kétféle módszerrel vizsgáltuk.

1. Villamos zaj mérése

Az érzékelés igen plauzibilis formáját választottuk, amikor a zavaró lengések következtében a rugó-érintkezőkön fellépő pszofometrikus zajfeszültséget mértük.

Ez a módszer első közelítésben képet ad a rezgés-keltő elhelyezésének és erősségének a nyugalmi állapotban levő jelfogó-rugókra kifejtett hatásáról.

2. Mechanikai lengés mérése

Nem gerjesztett, nyugalomban levő jelfogók mágneskör-elmozdulásainak mérése, amikor szomszédosan szerelt jelfogók működnek. A lökészerű zavarás nem periodikus gerjesztés, hanem impulzusszerű meghúzás vagy elengedés.

Ennek során relatíve kicsiny — ezred, illetve század mm — nagyságrendű, nagy sebességgel változó elmozdulások mérése történt az idő és a hely függvényében.

Szeretnénk megvilágítani azt a feltételezést, hogy ha villamosan nem működő jelfogók (S típusú) nem kívánt, zavaró tranziens lengésének kitérés amplitúdó-maximuma $\frac{k}{2}$ nagyobb, mint a jelfogó rugólábak minimális holtjáték-értéke (h), akkor a mozgató kártya feltétlenül eléri a mozgó rugók lábait.

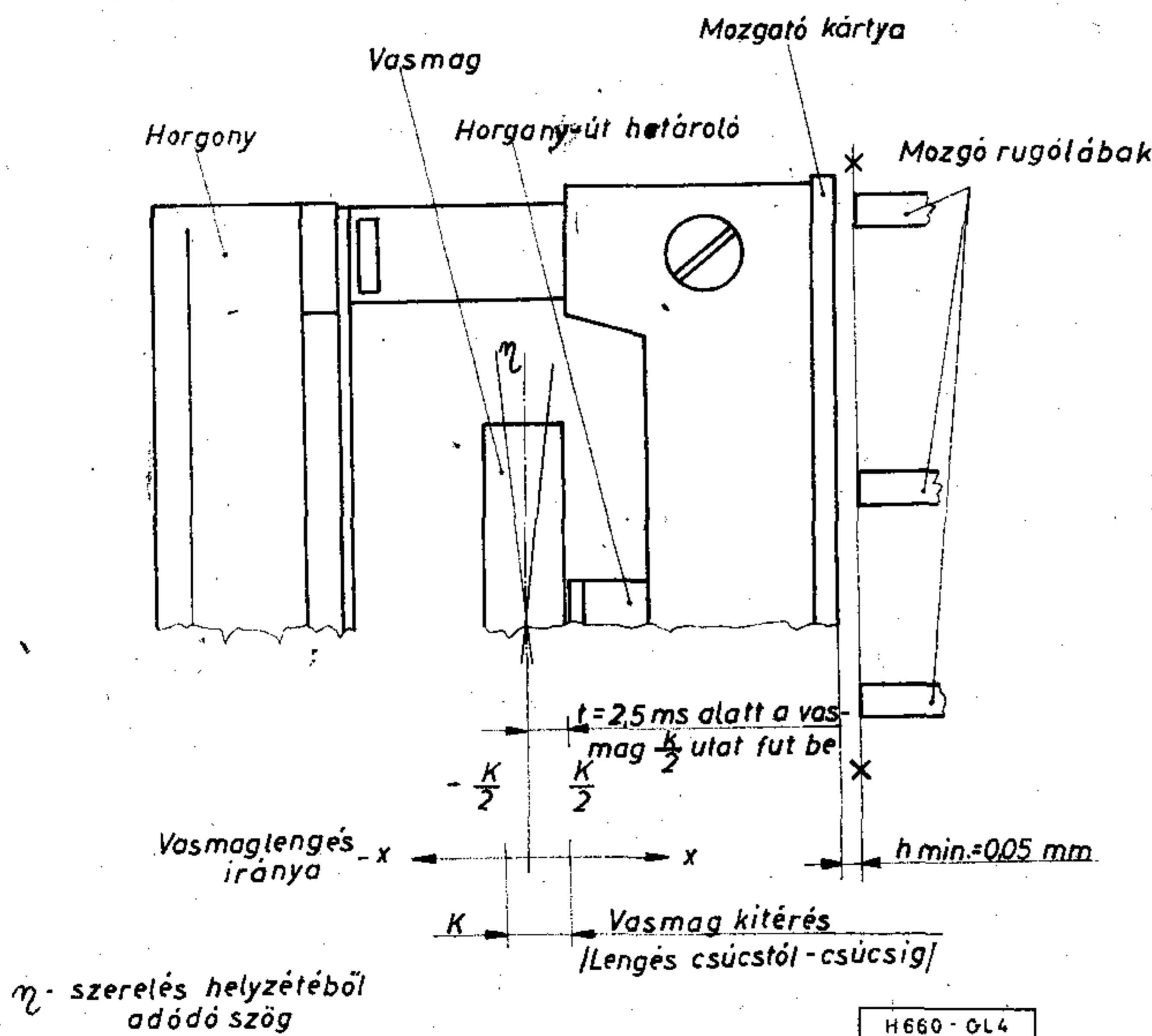
Ezt a zavarmentes mechanikai konstrukcióra vonatkozó megállapítást a következő összefüggés fejezi ki:

$$\frac{k_{max}}{2} < h_{min} \pm \epsilon,$$

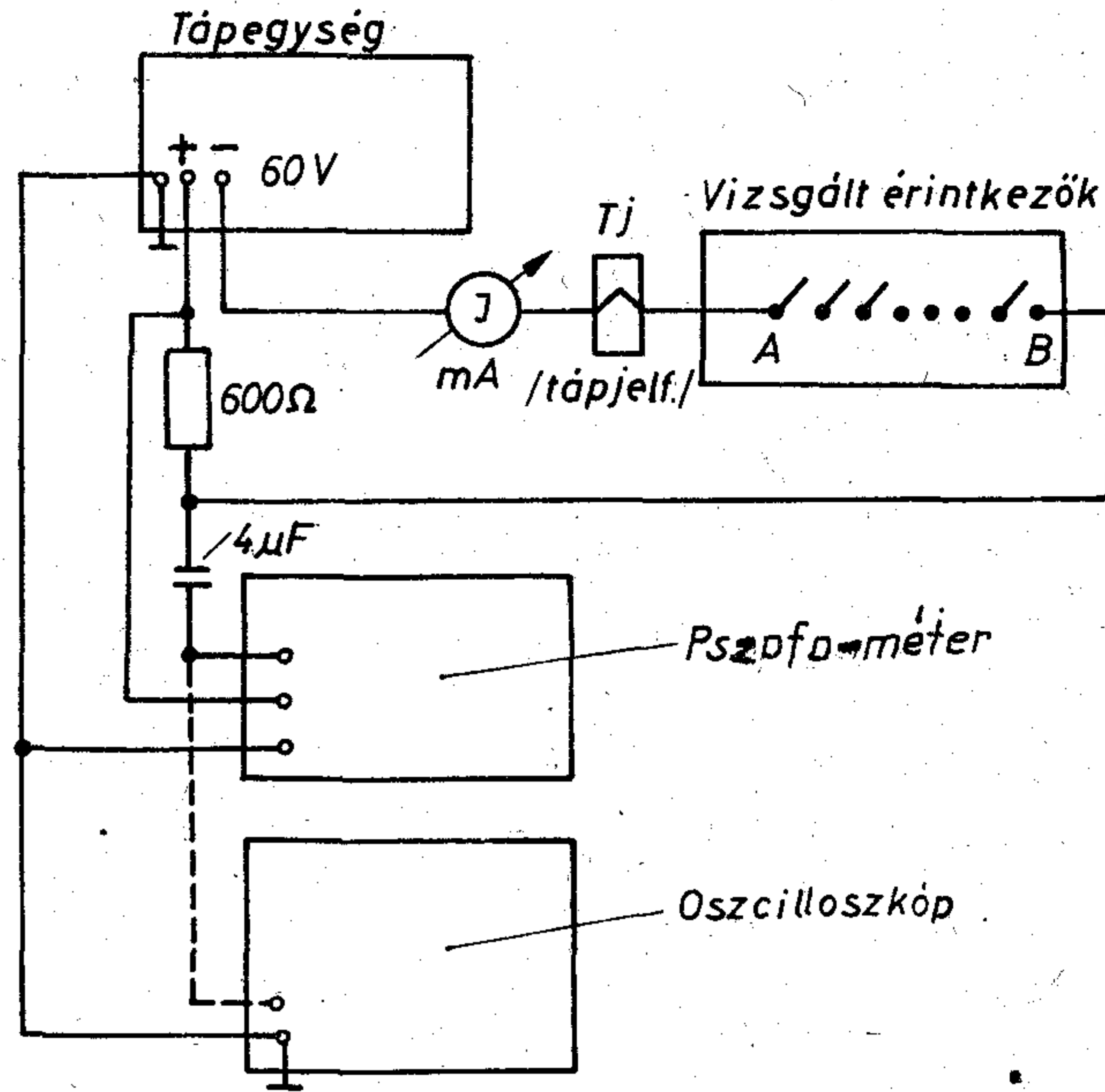
ahol $\epsilon > 0$ a cséveoldallap élének érdességéből és a rugólábak szórásából adódó állandó.

Szemléltetés céljából a 4. ábrán az elmondottakhoz felvázoljuk az S típusú jelfogó vaskörének és rugómozgató rendszerének kinagyított részletét.

A vizsgálat tárgyát képezte — mint már előljáróban említettük — a nyugalomban levő jelfogó rugórezgéseiből adódó átmeneti ellenállásváltozás és az ebből következő pszofometrikus zajfeszültség mérése, amely a zavaró rezgések intenzitásától és a zavart jelfogók konstrukciós (és szerelési) körülményeitől függ. Egyes esetekben a zajfeszültség csúcsai



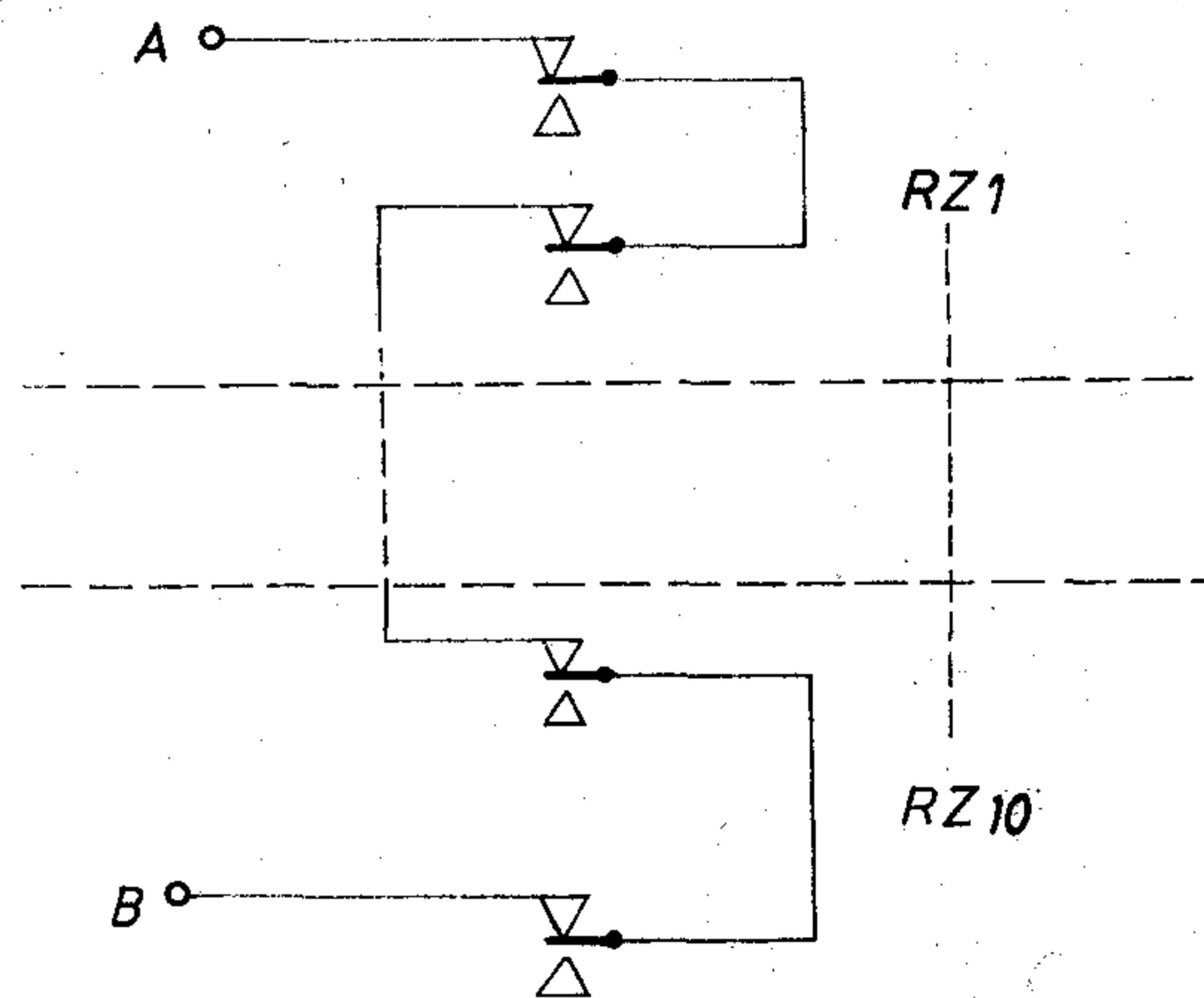
4. ábra. S típusú jelfogó vasköre és rugómozgató-rendszere



H 660 - GL 5

5. ábra. A mérés kapcsolási vázlatja

olyan nagy értéket vettek fel, hogy a bekötött nyugalmi érintkezőkön pillanatnyi bontás következett be. A mérési kapcsolás az 5. ábra szerinti volt.



RZ1 - RZ10 - zavart relék (10 db)

H 66 - GL 6

6. ábra. A mért érintkezőpárok kapcsolása

1. táblázat

Sor	Jelfogók megnevezése	Jelf. rugók száma (db)	Megjegyzés
1.	A ₁ - 10	16	A működtetett jelfogókat M jelzéssel, a zavart (mért) jelfogókat Z jelzéssel látjuk el.
2.	B ₁ - 10	16	
3.	R ₁ - 10	6	
4.	C ₁ - 10	18	

Jelfogók megnevezése		Működés fázisa	I mérő-áram [mA]	Pszofometrikus zajfesz. szintje [mV]	Szerelés módja	Megjegyzés	
működtetett	zavart						
C ₁₋₁₀ M	R ₁₋₁₀ Z	meghúzás	25	0,35	Normál merev felerősítés	C jelfogók tekercsel párhuzamos diódával működésre készletetve	
		elengedés		0,22			
		period. műk.		0,40			
		meghúzás	50	0,40		—''—	
		elengedés		0,25			
		period. műk.		0,70			
C ₁₋₁₀ M	R ₁₋₁₀ Z	meghúzás	50	0,28	Rugós alátét a gerjesztett C ₁₋₁₀ alatt		Üzemszerűen nem alkalmazható, bizonytalan meghatározású szerelés
		elengedés		0,45			
		period. műk.		0,80			
		meghúzás	50	0,28	Ua. fellazított csavarokkal		
		elengedés		0,27			
		period. műk.		0,70			
B ₁₋₁₀ M	R ₁₋₁₀ Z	meghúzás	25	0,45	Normál merev felerősítés		
		elengedés		0,60			
		period. műk.		1,00			
B ₁₋₁₀ M	R ₁₋₁₀ Z	meghúzás	50	0,55	Normál ált. szerelés	A gerjesztett jelfogók elengedésekor a fesz. csúcsok érintk. bontást is előidéznek egyes R-eknél	
		elengedés		300—500			
		period. műk.		300—500			
A ₁₋₁₀ M C ₁₋₁₀ M együttesen	R ₁₋₁₀ Z	meghúzás	25	0,60	Normál általános szerelés	Bontás esetenként	
		elengedés		300—500			
		period. műk.		300—500			
		meghúzás	50	300—500 ⁹		Gyakori megszakítások	
		elengedés		300—500			
		period. műk.		300—500			
C ₆₋₁₀ M	B ₆₋₁₀ Z	meghúzás	50	0,45	Normál (merev) szerelés	Megszakítás nincs	
		elengedés		0,60			
		period. műk.		0,90			
A ₆₋₁₀ M	B ₆₋₁₀ Z	meghúzás	50	0,90	Normál (merev) szerelés	Megszakítás nincs	
		elengedés		0,45			
		period. műk.		1,30			
C ₁₋₅ M	B ₁₋₅ Z	meghúzás	50	0,22	C ₁₋₅ rugalmas alátéttel szerelve	Érintk. bontás nincs	
		elengedés		0,45			
		period. műk.		0,70			
A ₁₋₅ M	B ₁₋₅ Z	meghúzás	50	0,40	A ₁₋₅ rug. alátéttel szerelve	Érintk. bontás nincs	
		elengedés		0,40			
		period. műk.		0,60			
C ₁₋₅ M	B ₁₋₅ Z	meghúzás	50	0,05	B ₁₋₅ (zavart) rugók alátéttel szerelve		
		elengedés		0,15			
		period. műk.		0,20			
A ₁₋₅ M	B ₁₋₅ Z	meghúzás	50	0,19		Csak környezeti zaj	
		elengedés		0,011			
		period. műk.		0,20—0,25			
C ₆₋₁₀ M	B ₆₋₁₀ Z	meghúzás	50	0,23	Normál (merev) szerelés mellett		
		elengedés		0,40			
		period. műk.		0,80			
A ₆₋₁₀ M	B ₆₋₁₀ Z	meghúzás	50	0,14			
		elengedés		0,10			
		period. műk.		0,70			

A mérőkörbe beállított áram 50 mA (egy esetben 25 mA). A vizsgálatot a biztosabb érzékelés miatt működtetett (zavaró) és nyugalmi állapotban levő (zavart) jelfogó sorokkal végeztük. A működtetett jelfogó sorok gerjesztését külön áramkörben, önálló telepről kapcsoltuk, a tekercskivezetéseket párhuzamosan kötöttük.

Mint az előzőekben már megállapítottuk, a zavaró lengésekre érzékenyebb bontó érintkezőket vizsgáltuk (a jelfogón előforduló váltó érintkezők bontó oldalát) egymással sorba kötve, és az így nyert bontó érintkezősorokat az A és B pontokon csatlakoztattuk a mérőáramkörbe (6. ábra).

A zavart és mért jelfogóknak egyenként két váltó rugó kombinációjuk volt, amelyeknek bontó oldalát jelfogón belül is sorba kötöttük, így egy mérésnél összesen 20 db bontó rugópár volt sorba kötve.

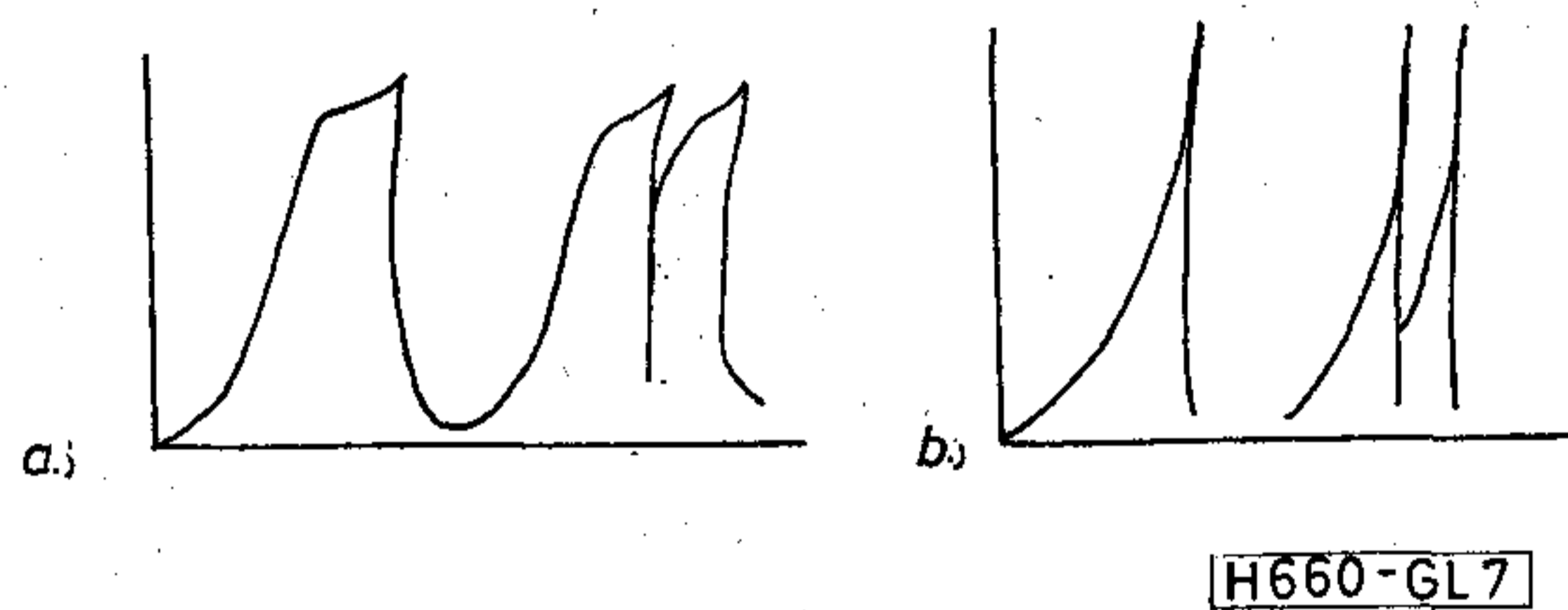
A vizsgálatokhoz felhasznált jelfogók geometriai elrendezése az 1. táblázat szerinti volt.

Mind a működtetett (gerjesztett), mind a zavart (mért) jelfogók normálisan, az általános szórásnak megfelelően voltak mechanikusan beállítva.

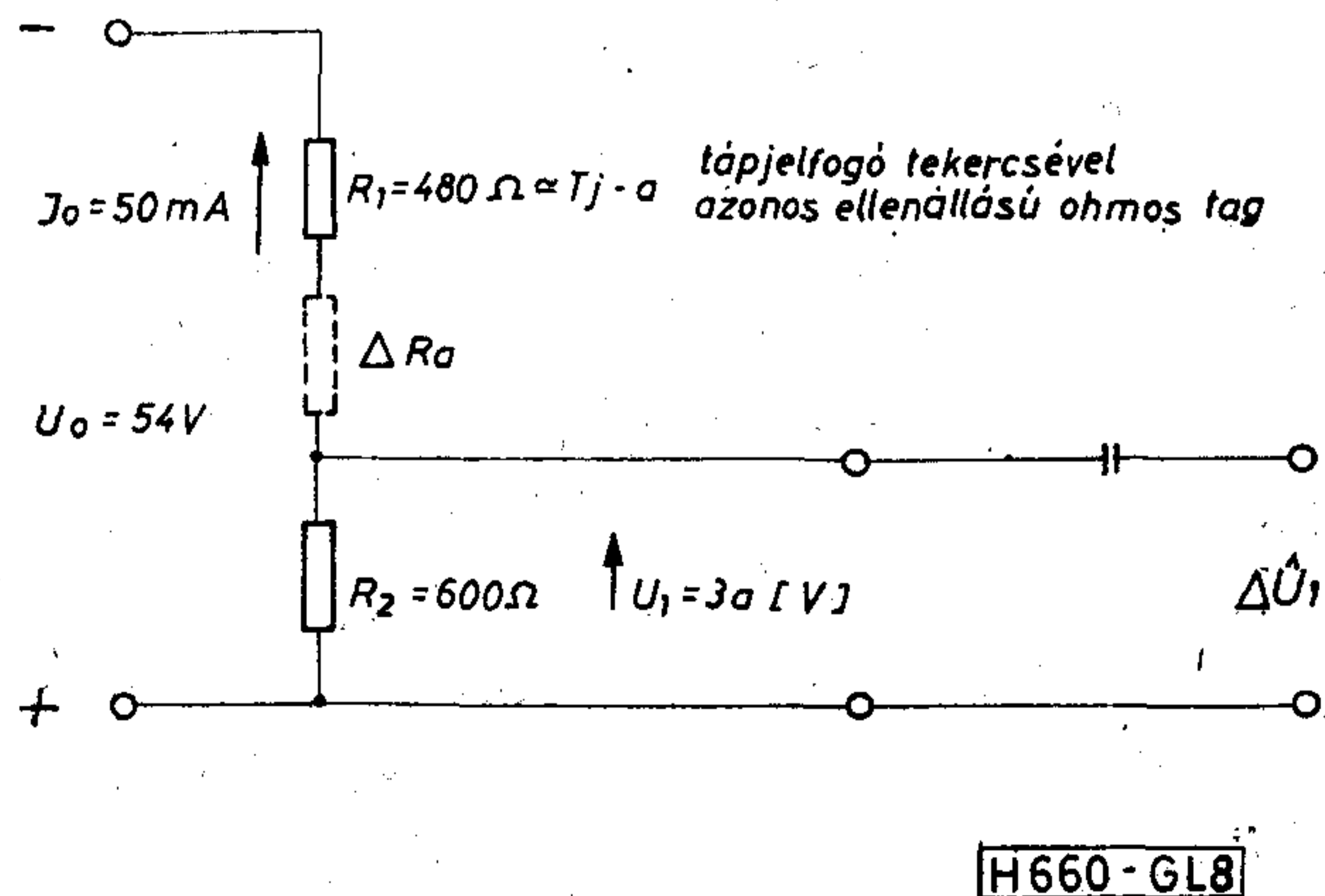
A vizsgálati eredményeket a mérés körülményeinek megjelölésével a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A 2. táblázat természetesen a mérés pontatlanságát is magában foglalja, ami annál nagyobb, minél kisebb pszofometrikus zajfeszültséget mérünk. Az viszont következetesen megállapítható, hogy a zavarás szintje függ a rezgékeltető geometriai elhelyezésétől, erejétől (nagyobb rugócsomagú jelfogó sor meghúzáskor és elengedéskor nagyobb intenzitású zavaró impulzusokat okoz) és a vevő (zavart) jelfogó sor konstrukciós kialakításától is (kisebb rugószámú jelfogó érintkező rugóin a zavaró lengések nagyobb mértékben érvényesülnek).

A rugalmas szerelési mód csillapítja, de meg nem szünteti a lengéseket. A pszofométeren levő zajfeszültség érzékelése mellett oszcilloszkópon figyeltük



7. ábra. Oszcilloszkópon megjelenő hullámformák: a) érintkező bontás, b) feszültségcsúcsok



8. ábra. Helyettesítő mérőkapcsolás

a megjelenő hullámformákat. Jellegzetes az érintkezőbontás és a feszültségcsúcsok alakja (7. ábra).

Megjegyezzük, hogy a 8. ábrán látható feszültségcsúcsok is pillanatnyi megszakadást (bontást) jelentenek, csak igen rövid az idejük (ms törtrésze), ami lényegesen kisebb, mint az áramkörbe kapcsolt Tj jelfogó elengedési ideje.

A 8. ábra alapján az oszcilloszkópon mért feszültség $\Delta \hat{U}_1$ csúcserőértéke számítható mint a ΔR_a átmeneti ellenállás-változások függvénye.

Ha $\Delta R_a = 0$, akkor

$$U_1 = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 54 \cdot 0,555 = 30 \text{ V,}$$

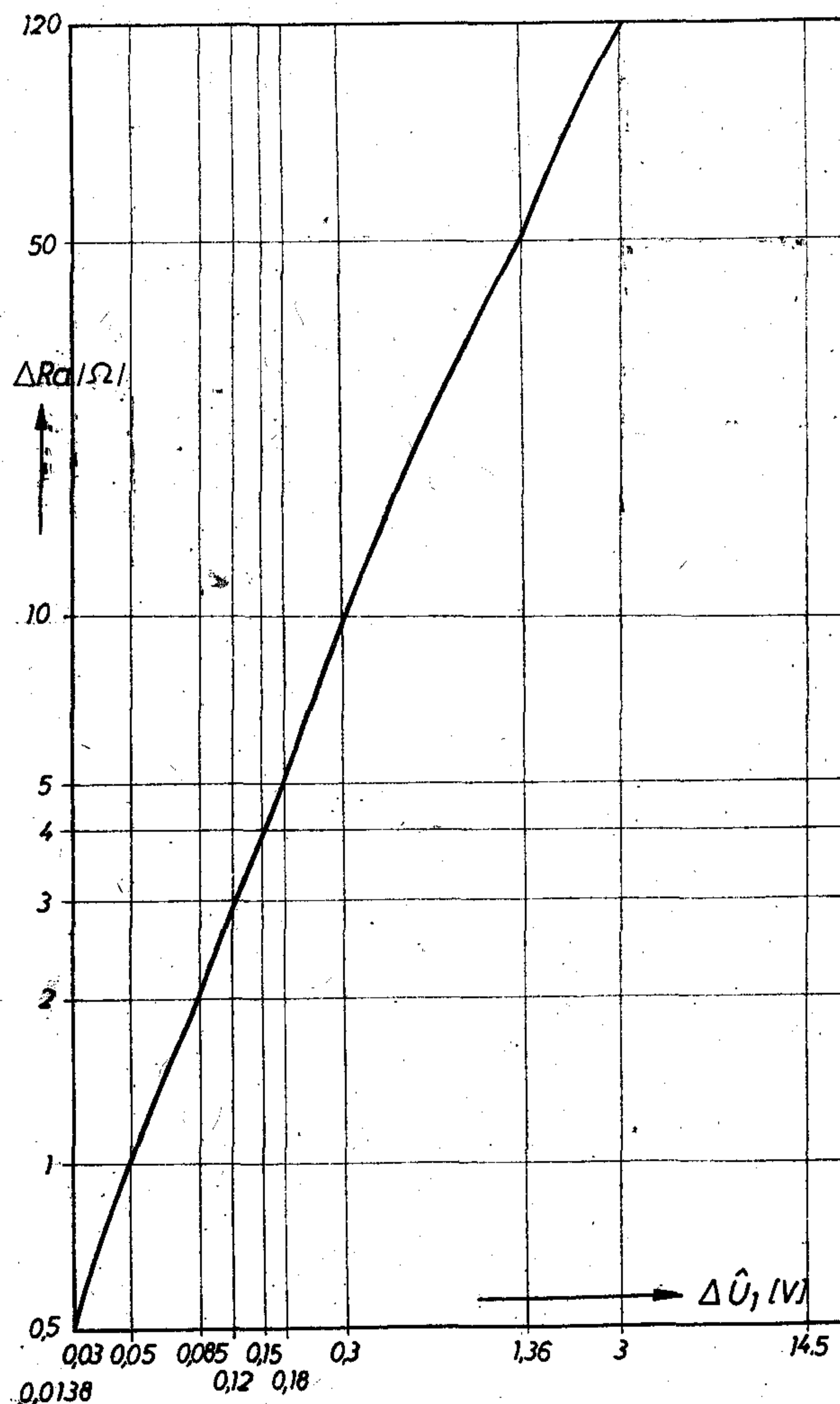
$$U_1 - \Delta \hat{U}_1 = U_0 \frac{R_2}{(R_1 + R_a) + R_2},$$

$$\Delta \hat{U}_1 = U_1 - U_0 \frac{R_2}{(R_1 + \Delta R_a) + R_2}.$$

A mért $\Delta \hat{U}_1$ értékekhez tartozó ΔR_a értékek összefüggése a 3. táblázat szerinti.

3. táblázat

$\Delta R_a [\Omega]$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	10	50	120	1000
$\hat{U}_1 [V]$	0,03	0,05	0,85	0,12	0,15	0,18	0,3	1,36	3,0	14,4



9. ábra. ΔR_a és $\Delta \hat{U}_1$ összefüggés grafikonja

Ugyanezen összefüggés adatai grafikusan ábrázolva a 9. ábrán szemléletes képet nyújtanak.

$\Delta \hat{U}_1$ két szélső értéke:

$$\lim_{R_a(t) \rightarrow \infty} \Delta \hat{U}_1(t) = U_1 - U_0 \frac{R_2}{R_1 + \Delta R_a(t) + R_2} = U_1,$$

valamint $\lim_{R_a(t) \rightarrow 0} \Delta \hat{U}_1(t) = 0,$

ami a 9. ábra grafikonjának tendenciáját igazolja.

A teljesség kedvéért megvizsgáltuk a bontó rugópárokon mérhető pszofometrikus zaj szintjét abban az esetben is, ha a zavart jelfogók horgonya rögzítve van. Ez a mérés kimutatta, hogy a horgony lengésétől függetlenül is fennáll a zavart jelfogó egészének — mint rendszernek — a rezgése, ami a rugók rezgésének pszofometrikus zajfeszültség-változásával kimutatható.

A mért (összehasonlító) vizsgálati eredményeket a 4. táblázat tartalmazza, rugalmas szerelési mód esetén (merev szereléskor arányosan nagyobb zajfeszültség volt a várható).

A tranziens együttlengésnek kitett (zavart) relék igen különböző állapota és működési körülményei mellett adódó mérési eredményeket összevetve arra a megállapításra jutottunk, hogy a jelfogóknak a lengések csillapítása szempontjából kedvező, speciális beállításával a zajszint mértéke, illetve a bontó érintkezők pillanatnyi megszakítása csökkenthető, de maga a mechanikai lengés nem szüntethető meg.

A zavarás a rezgéskeltő és a lengésre zavart egyiség elhelyezésétől (geometriai távolságtól), a rezgés frekvenciájától, a lengő rendszer hosszától, a működés sebességétől, a rezgés gyorsulásától, a kitérés amplitúdójától stb. függ.

A másik vizsgálati módszerrel nem a lengések következtében keletkező pszofometrikus zajfeszültséget, hanem a lengéstranziensek által okozott vasmagkitéréseket, valamint a rezgések gyorsulását regisztráltuk. E vizsgálat igen hosszadalmas gyorsfilmzési eljárást is tartalmazott, amelynek kiértékelése lehetővé teszi a működő szerelt jelfogók elfordulási szögének meghatározását.

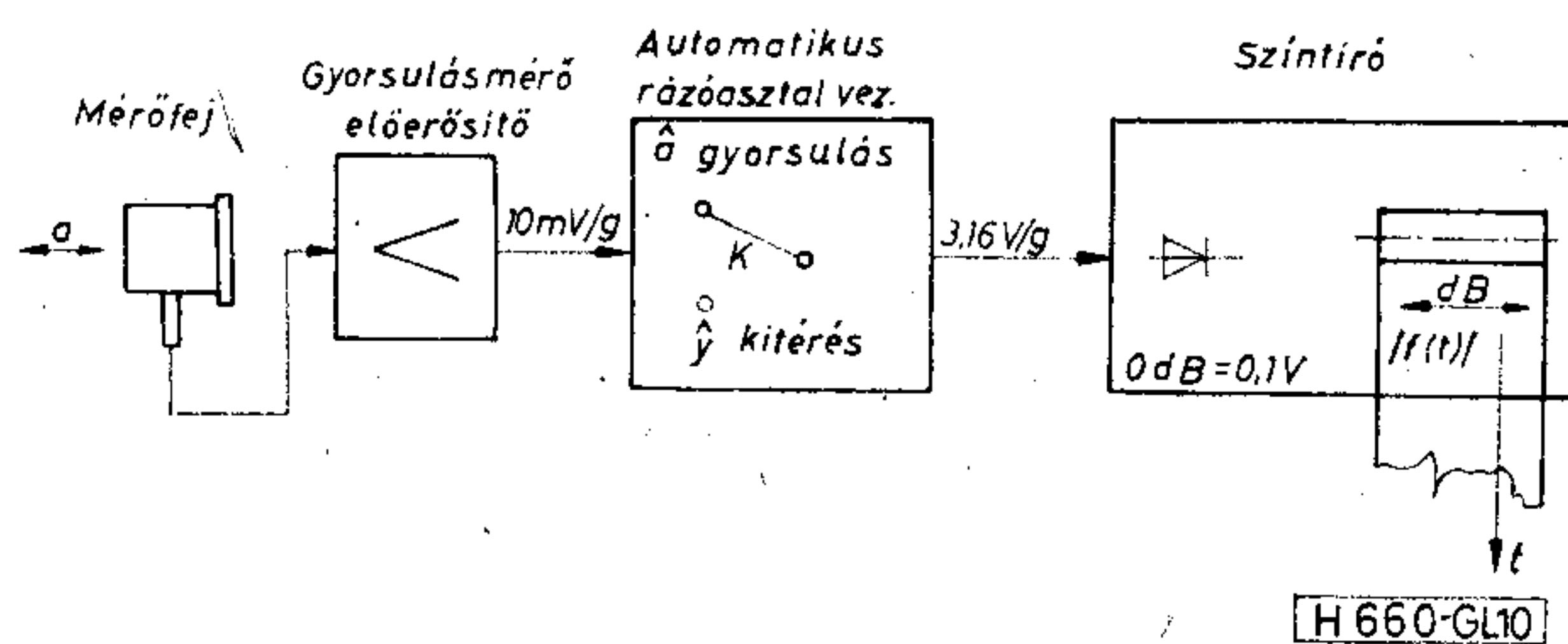
E vizsgálati módszerrel és eredményeivel csak érintőlegesen foglalkozunk e tanulmány keretében.

A jelfogó vasmag elmozdulásainak méréséhez a 10. ábrán vázolt mérési rendszert használtuk fel.

A mérő apparátus segítségével olyan sínen szerelt, elektromosan nem gerjesztett (nyugalmi állapotban levő) jelfogó-vasmag elmozdulásainak mérése történt, amelyen valamelyik másik jelfogó impulzusszerű meghúzása vagy elengedése tranziens lengéseket idézett elő.

4. táblázat

Jelfogók megnevezése		I [mA]	Működés fázisa	Pszofometr. szint [mV]	Megjegyzés
működ-tetett	zavart				
C	B	50	meghúzás	0,15	B 8, 9, 10 jelfogók horgonya rögzítve
8, 9, 10	8, 9		elengedés	0,20	
	10		meghúzás	0,17	B 8, 9, 10 jelf. horgonya normál lengő állapotban
			elengedés	0,28	



10. ábra. Mérőrendszer tömbvázlata

A gyorsulást érzékelő mérőfej érzékenysége a hosszszanti tengely irányában maximális, ezért célszerű a mérés helyét úgy megválasztani, hogy a gyorsulásvektor hatásvonala és a mérőfej tengelye párhuzamos legyen.

Az automatikus rázóasztal-vezérlő a *K* kapcsoló a gyorsulás állásában a bemenő időfüggvényt 50 dB-lel erősíti; a kitérés állásában pedig a bemenő időfüggvényt erősíti, és az idő szerint kétszer integrálja.

A szintirő az *a(t)* vagy az *y(t)* függvényeket egyenirányítja, és az *a(t)*-t vagy az *y(t)*-t regisztrálja.

Az összetartozó elmozdulás- és feszültségértékekre a következő arányosság érvényes a 10. ábra szerinti mérőrendszerben:

$$\frac{\hat{U}}{\hat{Y}} = \frac{1 \text{ (V)}}{0,08 \text{ (mm)}}, \quad \text{ebből kifejezve}$$

$$\hat{U} = 12,5 \frac{\text{(V)}}{\text{(mm)}} \cdot \hat{Y} \text{ (mm)}, \quad \text{és}$$

$$\hat{Y} = 0,08 \frac{\text{(mm)}}{\text{(V)}} \cdot \hat{U} \text{ (V)}.$$

Az elmozdulás \hat{Y} értéke a kitérés két szélső értéke közötti távolságot jelenti, míg a feszültség \hat{U} értéke a szintirő egyenirányítása következtében előállított maximális amplitúdó. Az összetartozó elmozdulás- és feszültségértékeknek különböző frekvenciákra vonatkozó grafikus ábrázolását a 11. ábra tartalmazza 1-g gyorsulás mellett, amelyet — mint paramétert — változtatva azonos jellegű görbesereget kapunk.

A 11. ábrán bemutatott összefüggő tényezők elméleti ellenőrzésére írjuk fel a harmonikus rezgőmozgás kitérés és gyorsulás csúcserkéire vonatkozó összefüggéseket:

Kitérésre: $y = Y \cdot \sin \omega t;$

Sebességre: $V = Y \omega \cos \omega t;$

Gyorsulásra: $a = y''(t) = -Y \omega^2 \sin \omega t = -A \cdot \sin \omega t,$

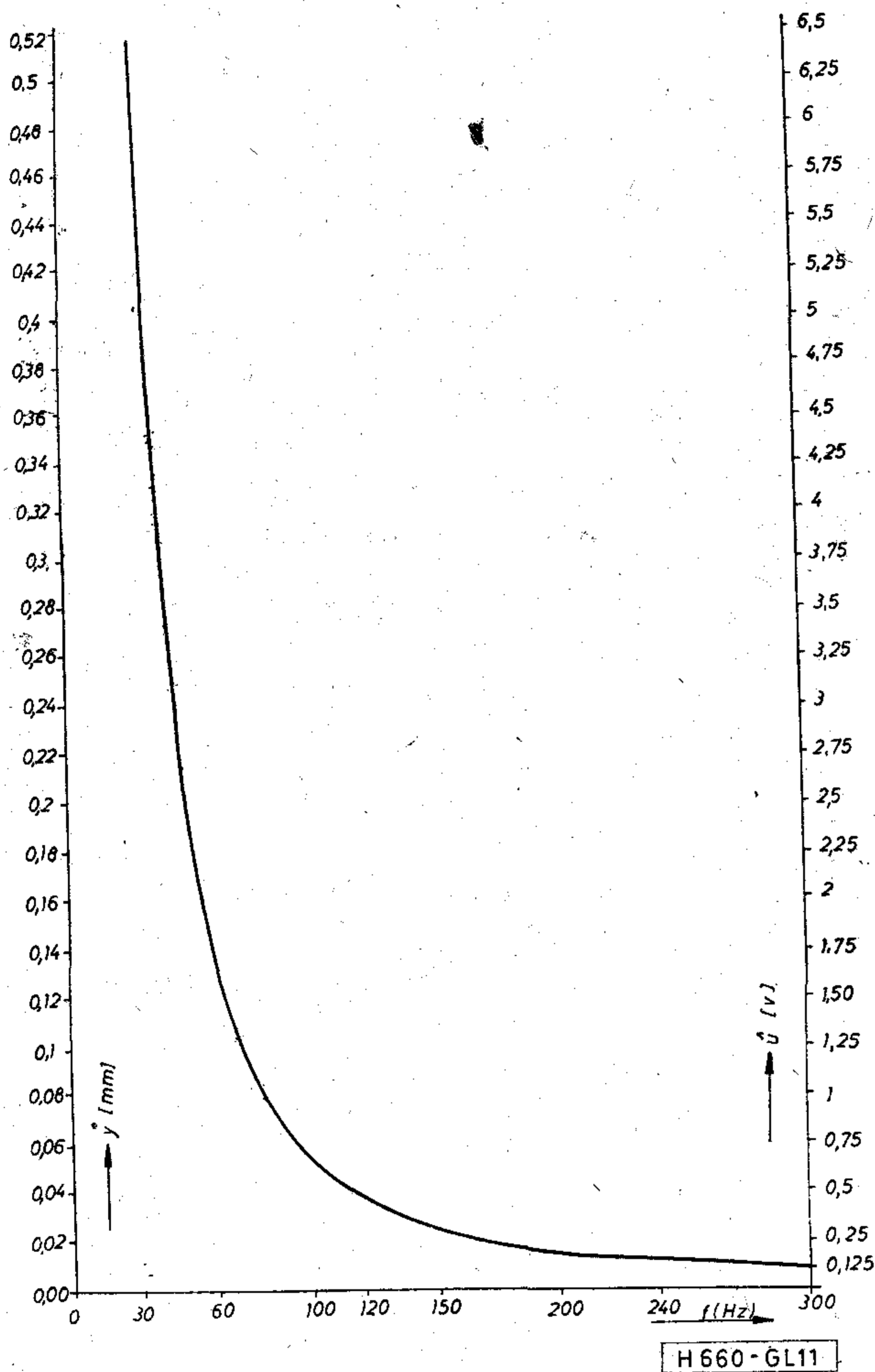
amelyből $Y = \frac{A}{\omega^2}. \quad (1)$

Mivel a harmonikus rezgőmozgást az jellemzi, hogy a kitérés az időnek szinuszos függvénye, a gyorsulással arányos feszültség:

$$U_a = -\hat{U}_a \cdot \sin \omega t.$$

A sebességgel arányos feszültség:

$$U_v = -\hat{U}_a \int \sin \omega t \, dt = \frac{\hat{U}_a}{\omega} \cdot \cos \omega t.$$



11. ábra. Összetartozó elmozdulás- és feszültségértékek

A kitéréssel arányos feszültség pedig:

$$U_y = \frac{\hat{U}_a}{\omega} \int \cos \omega t \, dt = \frac{\hat{U}_a}{\omega^2} \cdot \sin \omega t. \quad (2)$$

A kitéréssel arányos csúcshőfeszültség értéke:

$$\hat{U}_v = \frac{\hat{U}_a}{\omega^2}. \quad (3)$$

Az (1)-ből és a (3)-ból felírható:

$$\frac{\hat{U}_a}{\hat{U}_y \cdot \omega^2} = \frac{A}{Y \omega^2} = 1,$$

$$\frac{\hat{U}_a}{\hat{U}_y} = \frac{A}{Y} = (2\pi)^2 f^2,$$

$$Y = \frac{A}{(2\pi)^2 f^2} = \frac{\hat{U}_y A}{\hat{U}_a}.$$

Elektromos és mechanikus lengésjelenségek összefüggése

Végezetül foglalkozni kívánunk a mechanikai és villamos lengések között felállítható analógia egyes kérdéseivel.

Ha már ismerjük a kérdéses mechanikai probléma egyenletét, az analóg villamos egyenletet és annak

megoldását megtalálva, a mechanikai megoldást is ismerjük.

Pl. az egydimenziós hullámegyenletet tekintve:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t).$$

A fenti differenciálegyenlet több fizikai folyamatot írhat le, csak u és $f(x, t)$ függvénynek más fizikai jelentést és dimenziót kell tulajdonítani, valamint a c^2 konstansnak más a számértéke és dimenziója. A t változó jelentése mindig az idő.

Aránylag egyszerű mechanikai lengőrendszerek vizsgálatához sokszor bonyolult számítások szükségesek. Ha analóg villamos kapcsolást tudunk felállítani, és azon a vizsgálat mechanikus lengésjelenségnek megfelelő üzemállapotban méréseket végzünk, az analóg villamos modell tulajdonképpen az automatikus számológép szerepét tölti be (a villamos kapcsolat állandóit lényegesen nagyobb pontossággal lehet beállítani). A számolásban azután felhasználhatjuk a már kialakult számítási módszereket: pl. impedanciaszámítás, villamos helygörbék, átviteltechnikai, négypóluselméleti és egyéb számításokat.

Mechanikai lengőrendszerek gerjesztett lengése esetén a gerjesztő hatás amplitúdóját a gerjesztett rendszer tulajdonságaitól függetlenül állandó értéken tartó, előírt sebességet szolgáltató berendezést sebességforrásnak, az előírt erőt szolgáltató szerkezetet pedig erőforrásnak tekinthetjük. Ezen fogalmak az állandó feszültséget, illetve az állandó áramerősséget szolgáltató elektromos energiaforrás analógiáját jelentik. A valóságban a berendezések gerjesztő hatásának amplitúdója általában függ a gerjesztett rendszer tulajdonságaitól.

Egy homogén, állandó keresztmetszetű, E rugalmassági modulusú, ρ sűrűségű, longitudinális lengést végző rúd x keresztmetszetének az időtől is függő $y(x, t)$ hosszirányú elmozdulását a

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

parciális differenciálegyenlettel lehet meghatározni. Hasonló differenciálegyenlet írja le az azonos tulajdonságú, csavaró lengést végző rúd x helyen levő keresztmetszetének az időtől is függő $\varphi(x, t)$ szögelfordulását is:

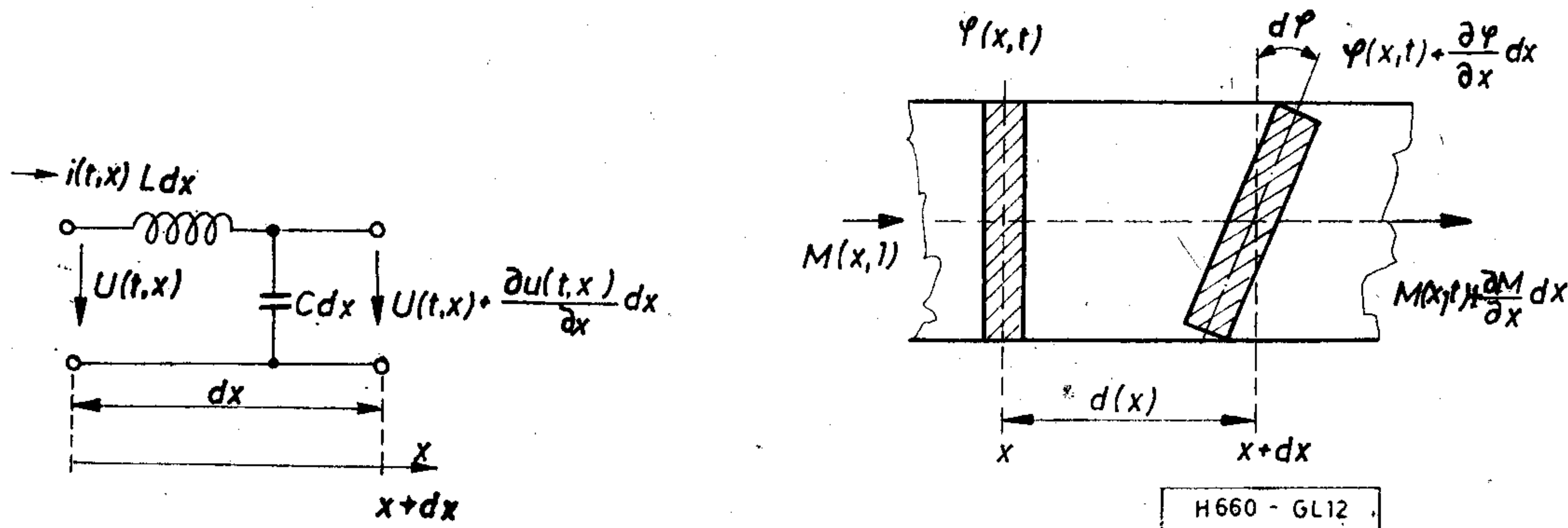
$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}.$$

Ezen analóg mechanikai egyenleteknek homogén, ellenállás- és levezetésmentes vezeték x és $(x+dx)$ helyén levő két pontja között fennálló du feszültséget leíró differenciálegyenlet a villamos analógiája. Az erre felírható differenciálegyenlet a következő:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{1}{LC} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad \text{ahol}$$

L és C a vezeték hosszegységre jutó induktivitása és kapacitása.

Természetesen a mechanikai és villamos jelenség csak akkor analóg minden tekintetben, ha a kezdeti és határfeltételek is megegyeznek.



12. ábra. Villamos és mechanikai modellek

Az eddig felírt összefüggések csak akkor értelmezhetők szemléletesen, ha a két modellből indulunk ki.

Villamos távvezeték Homogén keresztmetszetű prizmatikus rúd

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = LC \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = \frac{\Theta_0}{I_t G} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}$$

Így eljutottunk az előzőekben bemutatott hullámegyenletekhez, amelyek analógiája a jelölések értelmezése után teljesen triviálissá válik.

Az analóg állandók és függvények

Villamos

$$c^2 = \frac{1}{LC}$$

$u(x, t)$ feszültség,
 $i(x, t)$ áram,

L induktivitás,

C kapacitás,

Mechanikai

$$c^2 = \frac{I_t \cdot G}{\Theta_0}$$

$\varphi(x, t)$ szögelfordulás,
 $M(x, t)$ nyomaték,

$\frac{1}{I_t G}$ csavaró rugalmasság,

Θ_0 csavaró lengés tengelyéreszámított tehetetlenségi nyomaték,

ahol:

G (csúsztató) rugalmassági modulus,

I_t — a keresztmetszet csavaró igénybevételre vonatkozó poláris inercia-nyomatéka.

Majd keressük a határfeltételeket:

Villamos

rövidzár: $u=0$

szakadás: $i=0$

feszültséggenerátor

áramgenerátor

Mechanikai

megfogás: $\varphi=0$

szabad vég: $M=0$

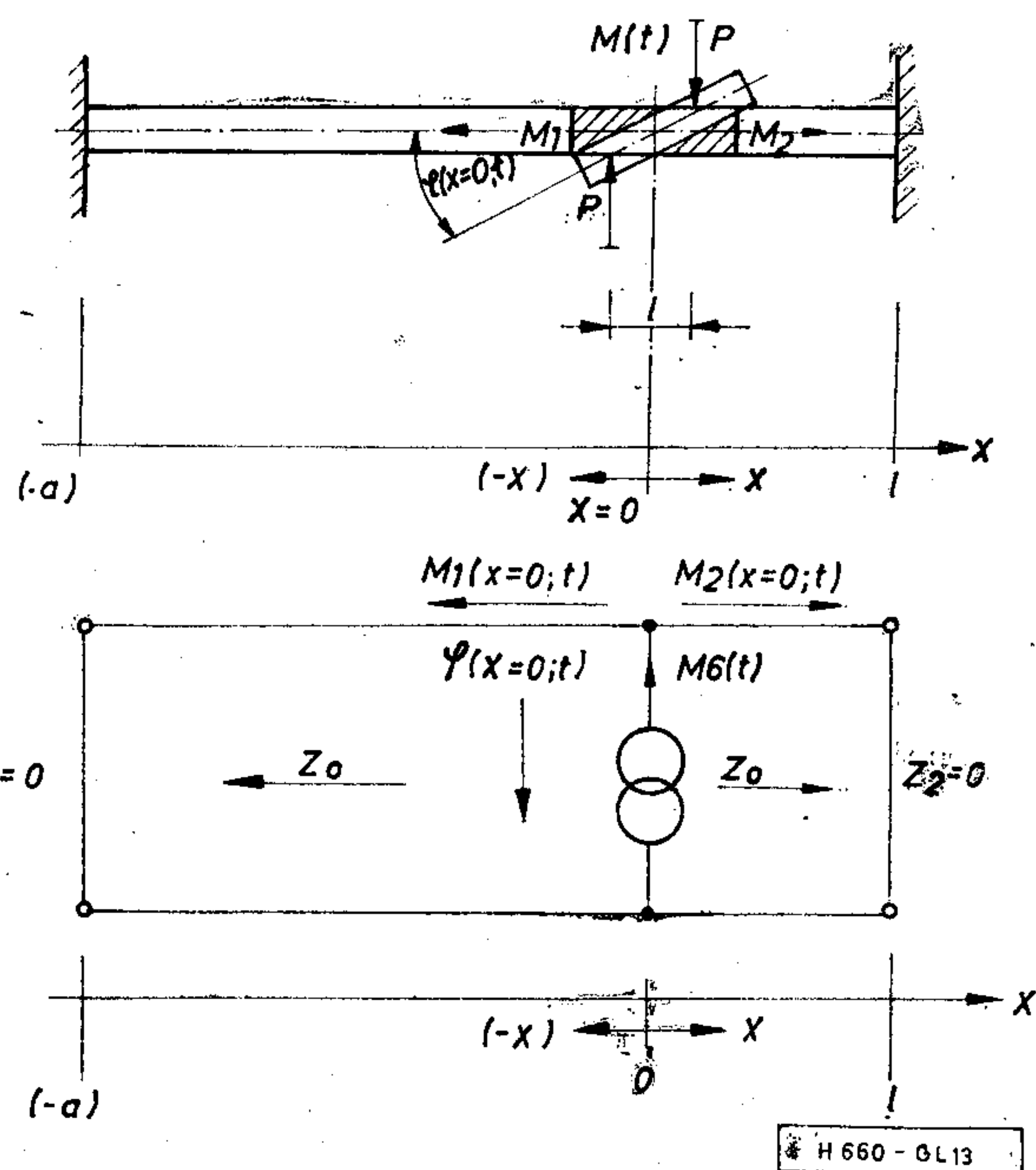
kényszerített szögelfordulás

kényszerített nyomaték

A 13. ábra szerint az analóg villamos modellünk ideális távvezeték, $R=0$ és $G=0$, ezért a hullámel-lenállás:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad Z_0 = \frac{1}{\sqrt{I_t G \cdot \Theta_0}}$$

A fentiek gyakorlatilag hasznosíthatók, ha a két végén befogott homogén prizmatikus rúdnak — amely megfelel a jelfogókat tartó szerkezeti elem-



13. ábra. Mechanikai és villamos analógia jellemző paramétereinek fizikai értelmezése

nek — az (x) -hely és (t) -idő független változók szerinti $\varphi(x, t)$ szögelfordulását és $M(x, t)$ nyomatékát keressük a tér és idő szerint, ha a rudat valamilyen kényszerített $M_0(t)$ nyomatékkal terheljük különböző (x) -helyen.

A továbbiakban a villamos analóg modellt könnyebben kezelhető alakra lehet hozni, és végeredményben feszültséggenerátoros leképezéssel a hullámegyenletnek adott feltételek esetén a megoldását meg lehet adni.

A tárgyalt témakör és ezen belül a konkrét vizsgálati eredmények — az elméleti indokolásokkal együtt — alátámasztják, hogy érintkezős kapcsoló elemekkel felépített (főleg távbeszélő-technikai) híradástechnikai áramkörök konstrukciós felépítésénél nem hagyható figyelmen kívül a zavaró rezgések hatásának kérdése.

Nem véletlen, hogy az Aacheni Technikai Főiskolán az utóbbi időben messzemenő elemzést és vizsgálat-sorozatot folytattak az illetékes szakemberek, viszonylag széles frekvenciasávot figyelembe véve, főleg impulzusjellegű zavarások okának és hatásainak

értelmezése és felismerése céljából. Ezek során került megfigyelésre a relék érintkezőinek nem kívánt zavaró igénybevétele; impulzusjellegű mechanikai lengése és azok gyorsulása; kapcsolómezők által előállított zavaró feszültségek és egyes relékkel szomszédosan szerelt, elektromosan működő szerelvények elektromos és mágneses zavaró — impulzusszerű (együttrezgés) hatása.

Számos oszcilloszkópos vizsgálat kimutatta, hogy a lökésszerű (impulzusjellegű) zavaró rezgések különböző amplitúdójú zavaró feszültségek alakjában jelennek meg. Egyébként a mechanikai zavarforrás okozta zavaró feszültségek jellegükben analóg módon jelentkeznek az elektromos zavaró feszültségekkel. Ez a tény is hozzájárult ahhoz, hogy a mechanikai lengésjelenség villamos analógiájával is kezdtünk foglalkozni.

A fennálló, de elemzésében mégis újszerű, igen sok

további megvilágításra váró témakört (pl. villamos analógia kifejtése és konkrét alkalmazása, leképezés stb.) igyekeztünk elméleti és gyakorlati oldaláról tárgyalni, de annak tudatában, hogy még számos megoldatlan, kifejtésre váró kérdés marad fenn.

Mindezek ellenére az eddig leírt vizsgálatok és a problémakör elméleti értelmezése elősegíti a cikkben tárgyalt zavarhatóság olyan kis értéken tartását, amely a telefonközpont üzemét károsan nem befolyásolja.

IRODALOM

- [1] Dr. Bosznay Á.: Mechanikai rezgésstan
- [2] Guttenmacher: Elektromos modellek
- [3] Sz. D. Ponomorjov: Szilárdtesti számítások a gépészetben
- [4] M. Eckmeyer—J. Nadenau—D. H. Lüke: Impulsförmige Störungen konventioneller Fernmeldeanlagen
- [5] G. Weinmann—A. Holz: Erfahrungen mit der Vibrationsprüfung

EGYESÜLETI HÍREK

Negyedik Európai Optikai Hírközlés Konferencia (4th European Conference Optical communication), Genova, 1978. szeptember 12—15.

Több mint 600 kutató és mérnök vett részt ezen a konferencián, közülük meglehetősen nagy részben érkeztek a tengeren túlról. A témakör iránti világszerte egyre fokozódó érdeklődést már az is mutatja, hogy a konferencia-kiadvány oldalszáma az előző harmadikhoz viszonyítva mintegy megduplázódott. Egy közelítő statisztika a résztvevők megoszlásáról: USA 44, BRD 81, Hollandia 38, Franciaország 76, Olaszország 114, Nagy-Britannia 72, Dánia 16, Svájc 16, Japán 65, Svédország 13, Belgium 9, Norvégia 12, Kanada 7, Spanyolország 1, Ausztrália 3, Finnország 3, Kína 4, Jugoszlávia, 2, DDR 5, Magyarország 1.

Személyi összetételt tekintve valamennyi nagy céget vezető kutatói képviselték.

A konferencián 95 előadás hangzott el, egymás utáni szekciókban. 3 kerekasztal-megbeszélés volt, és 8 postdeadline paper hangzott el. Ezek anyaga a konferenciakiadvány függelékében megtalálható. A kiadvány maga a TKI könyvtárban található.

A témakör részletes ismertetésétől itt eltekintünk, felsoroljuk viszont azokat a problémaköröket, melyeket a viták ill. az ott felvetődő kérdések alapján a témakörben vezető kutatók problémájának látunk.

A konferencia mellett néhány, Olaszországban leányvállalattal rendelkező cég ill. olasz kutatóhelyek gyártmánybemutatót tartottak.

Komplett átviteli rendszert — multiplexszel és vonallal — az angol GEC és az amerikai GTE olaszországi leányvállalatai mutattak be. A GEC 8 Mb/s sebességű rendszert készíti, a vonali berendezések és multiplexek nem azonos konstrukciójúak.

A GTE 34 Mb/s-os rendszere azonos azzal, amit a Belga Posta számára jelenleg telepítenek. Műszaki kidolgozottsága az előbbinél feltétlenül magasabb színvonalú. Az optika jeladó elem (laser) élettartam-problémái miatt LED-et alkalmaztak adó elemként.

Említésre méltó még az optikai kábeleket gyártó Pirelli cég. Főbb kereskedelmi cég forgalmaz különböző forrásokból származó alkatrészeket.

Hazánkban még nem mondhatók általánosan ismerteknek azok az új és messze ható eredmények, amelyek az elektronikai ipar ezen új ágában születtek. Az óriási befektetett szellemi és gazdasági erők hatására, a konferencia alapján ma már úgy tűnik, hogy a vezeték nélküli jelátvitel számos területén a hagyományos megoldásoknál gazdaságosabb megoldást fog kínálni, vagy kínál már ma is, az optikai technológia.

Rövid távolságú, nem távközlési célú alkalmazásoknál már ma is sok helyen alkalmaznak optikai összeköttetést. Ilyen berendezések általános kereskedelmi forgalomban kaphatók.

Ami az átviteltechnikát illeti, valószínű a koaxiális és szimmetrikus távkábelek teljes kiszorítása. Amennyiben a hazai távközlési ipar 10—15 év múlva a világpiacra gazdaságosan előállított versenyképes termékekkel akar megjelenni, már ma is lényegesen nagyobb erőforrásokat kell mozgósítani a tervezési és alkatrészgyártási kultúra elterjesztésére, vagy a későbbi licenc-vásárlás megalapozására. A helyzet kicsit hasonló a félvezető technológia hazai indulására, ezért fontos a műszaki perspektíva helyes felmérése és az időben hozott megfelelő intézkedések.

A konferencia alapján az alapvető fejlesztési területeken a következő megoldandó kérdések állnak a figyelem középpontjában.

Az optikai szál gyártás területén a szál mechanikai és optikai paramétereinek közötti kompromisszum a szálak érzékenysége a hőfok ugrásra, a nagy energiájú sugárzások kedvezőtlen hatásainak vizsgálata, csökkentésének módjai, alapanyag minőségi (tisztasági) kérdések, és főleg a szálak megbízható tömeggyártását segítő technológiai és mérési módszerek fejlesztése. Az optikai szálakból készített kábelek jelentős problémája a csillapításváltozás. A csillapítás romlása a különböző kábelkonstrukcióknál eltérő. Általános vélemény, hogy megfelelő módszerekkel kiküszöbölhető.

Alapvető kutatások folynak az optikai kábelek kötési módszereinek fejlesztésére. Fontos megoldásra váró részletkérdések a kötések termikus és mechanikus stabilitása a jelforrás és az optikai szál csatoló elemeinek legjobb módszere, és itt is az elágazási és csatoló elemek kézben tartható sorozatgyártásának technikai részletei.

Az adó és vevő félvezető elemeknél még mindig probléma az élettartam, a nemlinearitás, valamint kutatások állandó tárgya az elektromos optikai paraméterek és a gyártási eljárások közötti szakvátozós, szakismeretlen összefüggés.

Jelentős összeköttetési kísérletekről számoltak be az AEG-TFK fejlesztői, akik egy 1 Gb/s sebességű 1,7 km ismétlő távolságú rendszert ismertettek, míg az NTT (Japán) cég szakemberei egy 32 Mb/s sebességű 50 km ismétlőtávolságú kísérleti összeköttetést létesítettek 1,3 km körüli fényhullámhosszon, laboratóriumi körülmények között.

Befejezésül megemlítenénk, hogy a következő V. Európai Optikai Hírközlés Konferenciát 1979. szeptember 17—19. között Amszterdamban rendezik a Második Nemzetközi Integrált Optikai Konferenciával együtt.

A technológia gyártásba vitele a korlátozó tényező

Az ISSCC '75 konferencián A. S. Grove magyar származású mérnök, az Intel egyik műszaki menedzserje „A technológia gyártásba vitele a korlátozó tényező” címmel igen érdekes előadást tartott a technológiai fejlődés általános kérdéseiről. A téma hazánkban is renkívül aktuális, hiszen nemzeti jövő-

vedelmünknek több mint 3%-át költjük évente kutatásfejlesztésre és számunkra sem közömbös, hogy az eredmények milyen gyorsan realizálódnak a gyakorlatban. A kifejlesztett eljárások illetve termékek hasznosításának kérdését nemcsak közgazdasági, szociológiai oldalról, hanem irányítás, műszaki szervezés szemszögéből is célszerű vizsgálni.

A technológia gyártásba vitelét számtalan tényező nehezíti. Ezek közül a legfontosabb, hogy „maga a fejlesztési eredmény átadási-átvételi folyamat nem képez egy jól elhatárolt tevékenységi kört. Épp ezért nem is igen léteznek olyan szakemberek, akik szakértői lennének ennek a munkának. A technológia-átadási munka sokoldalú műszaki-technikai ismeretekkel, és mind a tervezési mind a gyártási kérdésekben nagyfokú jártassággal rendelkező tapasztalt szakember”. A megszokott munkarendben az ilyen sem nem fejlesztő, sem nem gyártó szakember a megfelelő megbecsülés híján többnyire nem a legnagyobb tapasztalatú munkatársak közül, hanem kontra-selekción útján kerül kiválasztásra. Végül az is nehezíti a helyzetet, hogy az ilyen interdiszciplináris tevékenységet rendkívül nehéz jól megszervezni.

Grove szerint a fejlesztési eredmények átültetésének nem kielégítő voltára szemléletes képet ad a termelékenység időbeli alakulását mutató „kihozatali U görbe”.

A fejlesztési eredmények átadásának kezdeti, ill. korai szakaszában a gyártási kihozatal viszonylag nagy. Ilyenkor a legtöbb műveletet a fejlesztő gárda tagjai saját maguk végzik, és az ilyen jól képzett szakemberek egyrészt megkülönböztetett figyelemmel és fegyelemmel végeznek minden egyes műveletet, másrészt a még nem tökéletesen kidolgozott műveleteket intuícióik alapján is képesek jól megcsinálni. Mikor azután a gyártó szakemberek próbálják a fejlesztési eredményt megvalósítani, akkor a még nem tökéletesen kialakított konstrukció vagy a részleteiben még nem eléggé kimunkált művelet sor elkerülhetetlenül a kihozatal csökkenéséhez vezet (az U görbe mélypontja) és csak a termelésben dolgozó szakemberekkel összehangolt koncentrált erőfeszítése következtében válik a termelés oly mértékben kézben tartott folyamattá, hogy az a kihozatal ill. termelékenység fokozatos növekedéséhez vezet.

A fejlesztési eredmények átadásával kapcsolatos másik jelenség a termékek specifikációs és megbízhatósági adatainak túlbecsülése. Az „U görbe” mélypontja körül korai gyártási szakaszban gyakoribb a gyengébb minőségű termékek előfordulása, ami később a kifejlett technológiával már nem tapasztalható.

A fejlesztési eredmény-átadás folyamatának nemismerete miatt az „U görbe” fellépése gyakran váratlanul éri az illetékes üzemvezetőket. Az ilyenkor gyakori bűnbakkeresés során gondoljunk arra, hogy az termelékenységi U görbe sokkal inkább a gyártó szervezetek együttműködési színvo-

nalának mutatója, mint az azokban dolgozó szakemberek vélt műszaki képzettségének.

A fejlesztési eredmények átadási feladatának végrehajtásakor jó tudni, hogy nem létezik semmiféle bűvös trükk, aminek segítségével az átadási folyamat buktatói elkerülhetők lennének. Különböző szervezési és ösztönzési módszerekkel azonban csökkenthetők a nehézségek.

A. S. Grove tapasztalatai szerint jó megoldás például, ha „az új technológiát gyakorlatilag magán a termelő bázison fejlesztik ki”. Ezt sokan ellenzik mert a termelő tevékenységet óhatatlanul akadályozza, de „nagy előnye először is az új eljárás simább bevezetése, másrészt előnyösen növeli a fejlesztő szakemberek felelősségtudatát az a tény, hogy ugyanazon a gyártó vonalon végzik a fejlesztő munkát amin a gyártási folyamat is majd végbemegy” mondha Grove.

Lényeges az is, hogy a fejlesztési eredmények átültetésében érdekeit felek világosan tudatában legyenek annak, hogy mit várnak tőlük. „Különösen a gyártásban dolgozó személyeknek kell megérteni, hogy az ő munkahelyükön folyó fejlesztési tevékenység támogatása munkájuknak elválaszthatatlan része.” Ennek tudatosítására elegendő ösztönző lehet a „segítség néhány számszerű paraméterének megfelelő ellenőrzése”.

Fontos az a tapasztalat is, hogy „a kutatásfejlesztési és az eredmény átültetés fázisában a tervező-gyártó lánc mellől irányított szervező munka a leghatékonyabb” (terv, project ill. témalánc felelős) míg végül a gyártási fázisban a „feladat-orientált szervezés (funkcionálisan orientált) a hatékonyabb”.

Grove szerint — „a technológiaátadás előrehaladtával az ellenőrzési rendszerről alkotott elképzeléseinket is felül kell vizsgálni. Ez nemcsak műszaki szükségszerűség, hanem az egyre bonyolultabb problémakör világos áttekintése miatt is fontos. A folyamat-ellenőrzési módszerek minél korábbi bevezetése nemcsak a fejlesztés során elhanyagolt változók (meghatározás) definiálását segíti, hanem segít azon változók kiválasztásában is amelyeket majd a gyártó szakemberek ellenőrizniük kell.” Itt komoly szerepe lehet a gyakran mellőzött statisztikai módszerek alkalmazásának.

Számos félkvantitatív feltáró módszer alkalmazható meg amelyekkel mérni lehet a művelet átadási folyamatok előrehaladtát, valamint az átadást befolyásoló faktorokat. Ezen módszerek közül a legfontosabbak egyike a „tanulási görbe elmélet” megfelelő alkalmazása a műveletátadás túlnyomórészt fejlesztési szakaszainak megszervezésekor. Ezen szakaszokban az elsajátítás kulcs paramétere a mérnöki változtatások közelítéseinek a száma, míg a technológiaátadás túlnyomórészt gyártási fázisában a halmozott gyártott mennyiség válik az elsajátítás kulcs paraméterévé.

A fentiekben vázlatosan ismertetett módszereket az Intel LSI technológia- és alkatrésztípus fejlesztései során alkalmazták elfogadható sikerrel.

Mikroszámítógépek és Mikroprocesszorok és Alkalmazásuk Szimpózium μP 79

Nemzetközi részvételi szimpózium lesz 1979. október 17—19. között Budapesten a Mikroszámítógépek és Mikroprocesszorok és Alkalmazásuk címmel. A szimpózium a Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság támogatásával kerül megrendezésre. A szimpózium főbb tématerületei

- a mikroszámítógépek és mikroprocesszorok,
- alkalmazásaik, beleértve a mikroprogramozást,
- a mikroszámítógépes rendszerek és hálózatok,
- az elosztott számítási feldolgozási rendszer,
- annak struktúrája és felépítése,
- az integrált hardware- és software-rendszer tervezése,
- annak a szimulációja,
- annak az emulációja,
- a programnyelvek,
- a felhasználással kapcsolatos oktatási és gyakorlati kérdések.

A fenti témakörben ez az első szimpózium, amelyet szocialista országban tartanak.

A szimpóziumot

- a Híradástechnikai Tudományos Egyesület,
 - a Mérés és Automatizálási Tudományos Egyesület és
 - a Neumann János Számítógéptudományi Társulat
- rendezi.

A háromnapos szimpózium programjában sok előadás szerepel egyes kulcskérdésekről, meghívott előadókkal; néhány ezek közül:

- prof. S. Budkovsky a Varsói Műszaki Egyetemről: A mikroprocesszorok ellenőrzési módszerei,
- prof. R. W. Hartenstein a Kaiserslauterni Egyetemről (NSZK): Az LSI chip tervezés a fejlődéstől a forradalomig,
- prof. H. W. Lawson Jr. Linköpingi Egyetemről (Svédország): A rendszerfejlesztés LSI és VLSI elemekkel,
- prof. B. N. Naumov akadémikus MSZR főkonstruktor (Szovjetunió): Mikroprocesszorok hatékony alkalmazása probléma-orientált számítástechnikai komplexumokban
- prof. H. Schmid, General Electric (USA): A mikroprocesszorok szabványosítási kérdései,
- prof. B. Souček a Zágrábi Egyetem Matematika Tanszékéről: Gigantikus információs rendszerek a 80-as években mini- és mikroszámítógépes rendszerekre alapítva.

Felvilágosítás HTE Titkárság, 1066 Budapest, Kossuth Lajos tér 6—8. Tel.: 113-027

Előadás a száloptikáról a Technika Házában

A Corning Glass Work franciaországi vállalatától M. Kline és J. Edward mérnökök, nagy érdeklődéssel kísért előadást tartottak a száloptikák gyártási és felhasználási problémáiról. A zsúfolt terem és a rengeteg hozzászólás mutatták a tárgyalt kérdések aktualitását. A hallgatóság soraiban ott volt az optikai híradástechnika minden hazai érdekeltje az egyetemi oktatóktól a kutatóintézeti fejlesztőkön és az ipari gyártókon keresztül a postai felhasználókig.

A jól felépített, érdekes előadás értékét növelte dr. Haimann Ottó szakszerű, élvezetes tolmácsolása.

Az előadást a Budavox és a HTE Optikai Híradástechnika Bizottsága közösen rendezte.

Déri Sándor

Optikai hullámvezetők inkonogenitásai

1979. június 20-án az Optikai Híradástechnika Bizottság szervezésében tartotta meg előadását Dr. Haimann Ottó „Optikai hullámvezetők inkonogenitásai” címmel. Az ELTE Atomfizikai tanszékén docensként dolgozó előadó igen érdekesen ismertette a tárgyalt problémák elméleti és gyakorlati szempontok szerinti felosztását.

Megmutatta az inkonogenitások tárgyalására ma használatos matematikai módszereket és megközelítési lehetőségeket. Különösen a száloptikagyártásban és a kábelezésnél döntő fontosságú ezek alkalmazása, mert a gyakorlati eredmények közvetlen befolyásolását teszik lehetővé.

A lelkes és érdeklődő hallgatóság az előadás után hosszabb ideig beszélgetett az előadóval.

Déri Sándor

A műszaki és gazdasági irányítás alapján szélesíteni kívánjuk háttérpári tevékenységünket.

Ezen belül kistranszformátorok, mágnes- és egyéb tekeresek gyártására szakosodunk.

TIPIZÁLT KISTRANSZFORMÁTORAINK

felhasználásával kapcsolatban készséggel állunk információval és tanácsadással rendelkezésükre.

Felvilágosítással szolgálunk mind a hagyományos M, EI és MAM típusú, mind pedig a nyakba illesztett és a tekereselt vas-magos transzformátorok területén.

Puskus Tivadar

Műszer és Gépipari Szövetkezet
1388. Bp., Pf. 62. Tel.: 137-458

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.3.049.774.2:621.382.3.011.7:681.3.06

Monostori L.:

MOS tranzisztorok kétdimenziós numerikus analízise

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 7. sz.

A dolgozat, összefoglalva a témával kapcsolatos elméleti anyagot, a folytonossági egyenletek Scharfetter—Gummel-féle diszkretizációs eljárásának kétdimenziós változatát vezeti be MOS tranzisztorok számítógépes analízisére. Ismerteti egy program-rendszert, amely grafikus-outputjával az eszközök sokoldalú elemzését teszi lehetővé. A szerző hosszú- és rövidcsatornájú tranzisztorok áramcsatornájának vizsgálatára is felhasználja a programot.

ETO 621.315.592.029.6.001.36

Huber D.:

Mikrohullámú alkatrész gyártásához használható félvezető anyagok minősítése

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 7. sz.

A cikk a szerzőnek a 6. Mikrohullámú Összeköttetések Kollokviumon, Budapesten elhangzott előadása alapján készült. A különböző félvezető hibaokok és ezek felismerésének tárgyalása során példák illusztrálják a szerző állításait.

ETO 621.395.44:654.9

Czeiner A.:

Mintaszámláló berendezés alkalmazása az üzemeltetésében

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 7. sz.

Olyan eszköz felhasználási területét ismerteti, amely az üzemeltetett vívőfrekvenciás berendezések önellenőrző (riasztó) szerelvényeitől kapva a rendellenes állapotra jellemző földpotenciált, mintavételezéssel méri a riasztás időtartamát. Az így kapott adatokkal lehet a szolgáltatást minősíteni, ill. a berendezés állapotát jellemezni. Ismerteti a mintaszámlálóval végzett mérések értékelési módját. Megindokolja a mintaszámláló alkalmazásának célszerűségét. Megadja az alkalmazás feltételeit. Egy-egy ábra alapján, példa kapcsán ismerteti egységek hibagyakorosság-mérését összeköttetés használhatóságának és szórásának meghatározását.

ETO 621.318.5—752:621.391.822

Gudenus L-né:

Relék (jelfogók) tranziens lengéséből eredő villamos zaj

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 7. sz.

A cikk foglalkozik a rezgékeltető mechanikai lengés leírásával, majd ismerteti a tranziens együttlengések következtében a jelfogó érintkező rugóin fellépő villamos zaj értékét. Bemutatja a mérési módszereket, és ismerteti az elméleti megfontolásokat. Végül összefüggést állít fel az elektromos és mechanikus lengésközlések analógiájáról.

Обобщения

ДК 621.3.049.774.2:621.382.3.011.7:681.3.06

Моноштори, Л.:

Двухмерный цифровой анализ МОП-транзисторов

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 7

Автор статьи обобщая связанный с темой теоретический материал, вводит двухмерный вариант метода дискретизации по Шарфеттеру—Гуммелу уравнений неразрывности для анализа МОП-транзисторов на ЭВМ. Излагается программная система, которая при помощи своей графического выхода создает возможность многостороннего анализа приборов. Программа автором применяется и для анализа токопроводящего канала транзисторов с длинными и короткими каналами.

ДК 621.315.592.029.6.001.36

Хубер, Д.:

Аттестация полупроводниковых материалов для производства микроволновых деталей

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX (1979) № 7

Статья написана на основе лекции автора, прочитанной на 6. Коллоквиуме о Радиорелейной Связи в г. Будапешт. В ходе изложения и опознания различных причин дефектов полупроводников с помощью примеров иллюстрируются утверждения автора.

ДК 621.395.44:654.9

Цзеинер, А.:

Применение устройства счетчика квантования в эксплуатации

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX (1979) № 7

Излагается область применения такого устройства, которое приняв потенциал земли неисправного состояния от блока самоконтроля (сигнализации) эксплуатируемой аппаратуры уплотнения, измеряет длительность сигнализации с помощью квантования. Полученные таким образом данные годны для квалификации обслуживания и также для характеристики состояния аппаратуры. Излагается метод оценки измерений, полученных при помощи счетчика квантования. Обосновывается целесообразность применения счетчика квантования. Даются условия применения. На основе рисунков и примеров излагаются измерение частоты отказа блоков, определение применяемости и рассеяние параметров связи.

ДК 621.318.5—752:621.391.822

Гуденуш Л.-не:

Электрический шум возникающий из-за переходных колебаний контактов реле

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX (1979) № 7

После описания возбуждения механических колебаний, автором излагается величина электрического шума, появляющегося на контактных пружинах реле из-за переходных колебаний. Даются методы измерения и излагаются теоретические соображения. Наконец проводится аналогия между явлениями электрических и механических колебаний.

Zusammenfassungen

DK 621.3.049.774.2:621.382.3.011.7:681.3.06

Monostori, L.:

Zweidimensionierte numerische Analyse von MOS Transistoren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 7.

Der Aufsatz, zusammenfassend das mit dem Thema zusammenhängende theoretische Material, leitet die zweidimensionierte Variation des Scharfetter—Gummel'schen Diskretionsverfahrens der Kontinuitätsgleichungen zur Computeranalyse von MOS Transistoren, ein. Er erörtert ein Programmsystem, das mit seinem graphischen Ausgang die vielseitige Analyse der Transistoren, ermöglicht. Dieses Programm wird auch zur Prüfung der Stromkanäle von lang und kurz Kanäligen Transistoren, aufgenützt.

DK 621.315.592.029.6.001.36

Huber, D.:

Qualifizierung von Halbleitermaterialien, welche zur Herstellung der Mikrowellenbauelemente anwendbar sind

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 7.

Der Aufsatz wurde auf Grund des Vortrages, den der Verfasser anlässlich des 6. Kolloquiums für Mikrowellenkommunikation in Budapest gehalten hat, geschrieben. Im Laufe der Besprechungen der verschiedenen Halbleiter-Fehlergründe und deren Erkenntnis, illustriert der Verfasser seine Behauptungen durch Beispiele.

DK 621.395.44:654.9

Czeiner, A.:

Anwendung der Musterzählereinrichtung während der Betrieb

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) N. 7.

Das Gebiet von der Anwendung solcher Instrument wird erörtert, welches die Zeitdauer des Alarmes mit Probenentnahme misst usw. so, dass es von den Selbstkontrollvorrichtungen (Alarm) der funktionierenden Trägerfrequenzeinrichtungen das regelwiedrige, den Zustand charakterisierenden Erdpotential bekommt. Mit diesen Angaben kann man die Leistung qualifizieren und den Zustand der Einrichtung charakterisieren. Die Bewertungsmethode der durch den Musterzähler ausgeführten Messungen wird erörtert. Die Zweckmäßigkeit der Anwendung des Musterzählers wird motiviert, und die Bedingungen der Anwendung werden gegeben. Auf Grund einzelner Figuren und durch Beispiele wird die Fehlerverteilungsfunktion Messung der Einheiten dargestellt, und die Bestimmung der Anwendbarkeit der Verbindung, und der Strenung, beschrieben.

DK 621.318.5—752:621.391.822

Gudenus, L.:

Elektrische Geräusche erregt durch die transiente Oszillation von Relais

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 7.

Der Aufsatz befasst sich mit der Beschreibung von Schwingung erregenden mechanischen Oszillation. Ferner wird der Geräuschwert, welcher infolge der transienten Mitschwingungen auf den Kontaktfedern des Relais auftreten, erörtert. Die Messmethoden werden beschrieben und die theoretischen Überlegungen geschildert. Zuletzt wird ein Zusammenhang zwischen der Analogie von elektrischen und mechanischen Oszillationserscheinungen, aufgestellt.

Sommaires

UDC 621.3.049.774.2:621.382.3.011.7:681.3.06

Monostori, L.:

Two-dimensional numerical analysis of MOS transistors

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

This paper summarizes the theoretical background related to the subject, introduces a two-dimensional version of Scharfetter—Gummel discretization method of continuity equations for computer analysis of MOS transistors. It presents a program system, with a variety of graphic output tools enabling the user to analyse MOS devices from various aspects. The author uses the program for current-channel examination of long and short channel transistors as well.

UDC 621.315.592.029.6.001.36

Huber, D.:

Qualification of Semiconductor Materials Suitable for the Production of Microwave Components

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

The paper has been made on the basis of the author's lecture delivered at the 6th Colloquium on Microwave Interconnections in Budapest. In course of the discussion of different semiconductor failure reasons and their recognition, the statements of the author are illustrated by examples.

UDC 621.395.44:654.9

Czeiner, A.:

Application of Sample Counter Equipment During Operation

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

The field application of such an instrument is presented, which getting the ground potential — characterizing abnormal state — from the self-checking (alarm) apparatus of operated carrier frequency equipments, measures the duration of alarm by sampling. With the obtained data the service can be qualified and the state of the equipment characterized. The evaluation method of the measurement made by the sample counter and the practicability of the use of the sample calculator is emphasised. The conditions of the application are given. On the basis of figures and by examples the measurement for the fault-frequency of units is presented and the determination of the availability and standard deviation of the link is described.

UDC 621.318.5—752:621.391.822

Mrs. Gudenus, L.:

Electrical Noise Arising from the Transient Oscillation of Relays

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

The paper deals with the description of the mechanical oscillation arising vibration, further presents the value of electrical noise occurring on the contact springs of the relay in consequence of transient parallel oscillations. It presents the measuring methods and theoretical considerations. Finally builds up a correlation between the analogy of electrical and mechanical oscillation phenomena.

Résumés

CDU 621.3.049.774.2:621.382.3.011.7:681.3.06

Monostori, L.:

Analyse numérique à deux dimensions des transistors MOS

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

L'article, en résumé la théorie s'ajoutant à ce sujet, introduit la variante à deux dimensions du procédé à discretisation de Scharfetter—Gummel des équations de continuité pour l'analyse d'ordinateur des transistors MOS. Il décrit un système de programme dont la sortie graphique permet l'analyse multiple des composants. L'auteur emploie aussi le programme pour examiner le canal de courant des transistors à long canal et ceux à court canal.

CDU 621.315.592.029.6.001.36

Huber, D.:

Qualification des matériaux semi-conducteurs qui se prêtent à être utilisés pour la production des composants à faisceaux hertziens

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

L'article est rédigé sur la base de la communication donnée sur la Sixième Conférence de Liaison à Faisceaux Hertziens. Les affirmations d'auteur sont illustrées en cours du traité des défauts et leur reconnaissance.

CDU 621.395.44:654.9

Czeiner, A.:

Emploi du dispositif comptant des échantillons dans l'exploitation

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

L'article décrit la champ d'application d'un dispositif, qu'en recevant un potentiel de terre, indiquant le fonctionnement irrégulier du système d'alarme des équipements porteurs exploités, mesure la durée d'une alarme par échantillonnage. On peut qualifier le débit respectivement l'état d'équipement par des renseignements obtenus de cette manière. Il explique le procédé d'exploitation des mesures prises. Il motive l'utilité du compteur des échantillons. Il donne des conditions d'emploi. Il montre la mesure du taux d'erreur des organes, la détermination d'utilité et d'écart des caractéristiques de la sonde sur la base des figures et exemples.

CDU 621.318.5—752:621.391.822

Mm. Gudenus, L.:

Bruit électrique dû à l'oscillation transitoire des relais

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 7.

L'article s'occupe de la description de l'oscillation mécanique du vibreur ainsi qu'il fournit la valeur du bruit électrique se produisant sur des ressorts des contacts de relais grâce aux oscillations résonnantes. Il expose des méthodes de mesure et explique des considérations théoriques. Enfin il établit une relation sur l'analogie entre des vibrations électriques et mécaniques.

Lapunk példányonként megvásárolható

V., Váci utca 10.

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