

*Székelyi
Pozsonyi*



20

**A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA**

**XXXIII. évfolyam
BUDAPEST**

1982

8

HÍRADÁSTECHNIKA

XXXIII. ÉVFOLYAM 1982. 8. SZÁM

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

TARTALOM

DR. GEFFERTH LÁSZLÓ:	Elektronikus áramkörök gyártási selejtjének csökkentése a névleges értékek és toleranciák megváltoztatásával a kihozatali érzékenység alapján ...	337
TERJÉKI JÓZSEF:	Tájékoztató megbízhatósági szakmérnökök képzéséről	343
PERLAKI GYÖRGY:	Többkimenetű kapcsolóüzemű tápegységek tervezési szempontjai	344
	PCM rendszerek alkalmazása a budapesti távbeszélő-hálózatban	348
	BHG ORION TERTA MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK	
VERESS TIBOR:	A hibátűrő rendszerek elvi kérdései	361
VALLÓ PÉTER— SASS SÁNDOR— FRIDRIK MÁRTA— PÁL IMRE:	Nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő alrendszerek számítógépes tervező, gyártó, ellenőrző (TGE) rendszere a Telefongyárban. III. rész.	368
PRIEBELSZKY GYÖRGY— ESZTÓ PÉTER— DR. HETÉNYI LÁSZLÓ:	A műholdas műsorszórás	379
	Hírek üzeminkből	383
	Tartalmi ismertetők	384

A SZÁM SZERZŐI:

DR. GEFFERTH LÁSZLÓ okl. villamosmérnök, egyetemi adjunktus, TERJÉKI JÓZSEF okl. villamosmérnök, a HIKI tud. munkatársa, PERLAKI GYÖRGY okl. villamosmérnök, a Postai Tervező Intézet tud. munkatársa, VERESS TIBOR okl. villamosmérnök, a BHG Fejlesztési Intézet fejlesztőmérnöke, VALLÓ PÉTER hír. ip. technikus, a TERTA-TEFO fejlesztőtechnikusa, SASS SÁNDOR okl. vegyészmérnök, a TERTA vegyilabor kutatómérnöke, FRIDRIK MÁRTA gépészmérnök, a TERTA-TEFO fejlesztőmérnöke, PÁL IMRE okl. gépészmérnök, okl. gazd. mérnök, a TERTA-MTFT csoportvezetője, PRIEBELSZKY GYÖRGY okl. villamosmérnök, a TKI tudományos főmunkatársa, ESZTÓ PÉTER okl. villamosmérnök, a TKI tudományos munkatársa, DR. HETÉNYI LÁSZLÓ okl. villamosmérnök, a TKI tudományos főmunkatársa.

Felelős szerkesztő: BOGLÁR GYULA

Szerkeszti a szerkesztő bizottság

A szerkesztő bizottság elnöke: HORVÁTH IMRE

Szerkesztő: ANGYAL LÁSZLÓ

A szerkesztő bizottság tagjai:

Angyal László, Balogh Pál, Bánsághi Pál, Boglár Gyula, dr. Flesch István, Forintos György, Hermann Ákos, Horváth Imre, Jakubik Béla, Laczkó Endre, May Péter, Mérey Imréné, Nagygyörgy Gábor, Tóthmátyás István.

Szerkesztőségi ügyekben és kéziratokkal kapcsolatban 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 138,— Ft, egész évre 276,— Ft. Egyes szám ára 23,— Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H—1839 Budapest, Postafiók 149.

HU ISSN 0018—2028



Egyetemi Nyomda — 82.8259 Budapest, 1982. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

Index: 25 375

HÍRADÁSTECHNIKA

Elektronikus áramkörök gyártási selejtjének csökkentése a névleges értékek és toleranciák megváltoztatásával a kihozatali érzékenység alapján

D R. G E F F E R T H
L Á S Z L Ó
BUDAPESTI MŰSZAKI
EGYETEM
HÍRADÁSTECHNIKAI
ELEKTRONIKA
INTÉZET

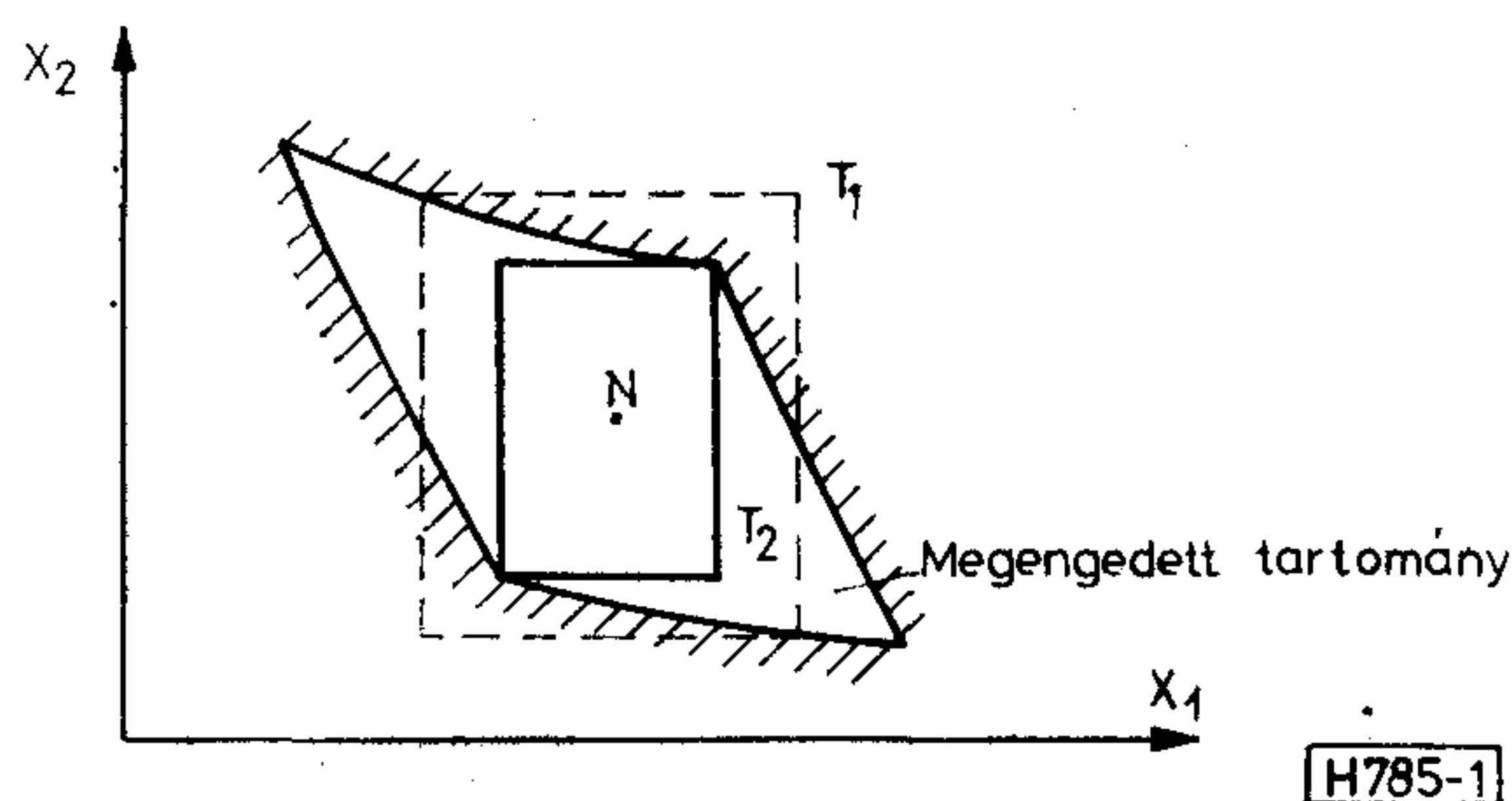
A gazdaságos gyártás megköveteli, hogy már a tervezés folyamán törekedjünk a várható gyártási selejt csökkentésére. A tervezés első lépése az adott előírásokat, a specifikációt kielégítő, ideális elemekből felépülő áramkör meghatározása. Ideális elemen most olyan elemet értünk, amelynek vesztesége nincs, értéke az időben vagy a hőmérséklet megváltozásának hatására nem változik. A tervezés következő lépésében, vagy ha lehetséges már az elsőben, figyelembe kell venni az elemek fentebb említett nem ideális tulajdonságait vagy azok egy részét is. Pl. az egyenletes veszteség elvének felhasználásával olyan eljárások születtek az LC szűrők tervezésére, amelyek a veszteséget már eleve figyelembe veszik.

Előbb a gyártási pontatlanság figyelembevételével foglalkozunk. Kérdésünk úgy fogalmazható meg, hogy a megtervezett névleges értékű elemeknek mekkora legyen a toleranciája egy adott selejtarány vagy kihozatal eléréséhez. Kihozatalnak nevezzük a specifikációt teljesítő áramkörök százalékos arányát az összes legyártott áramkör számához viszonyítva. 100%-os kihozatal esetén tehát nincs selejt.

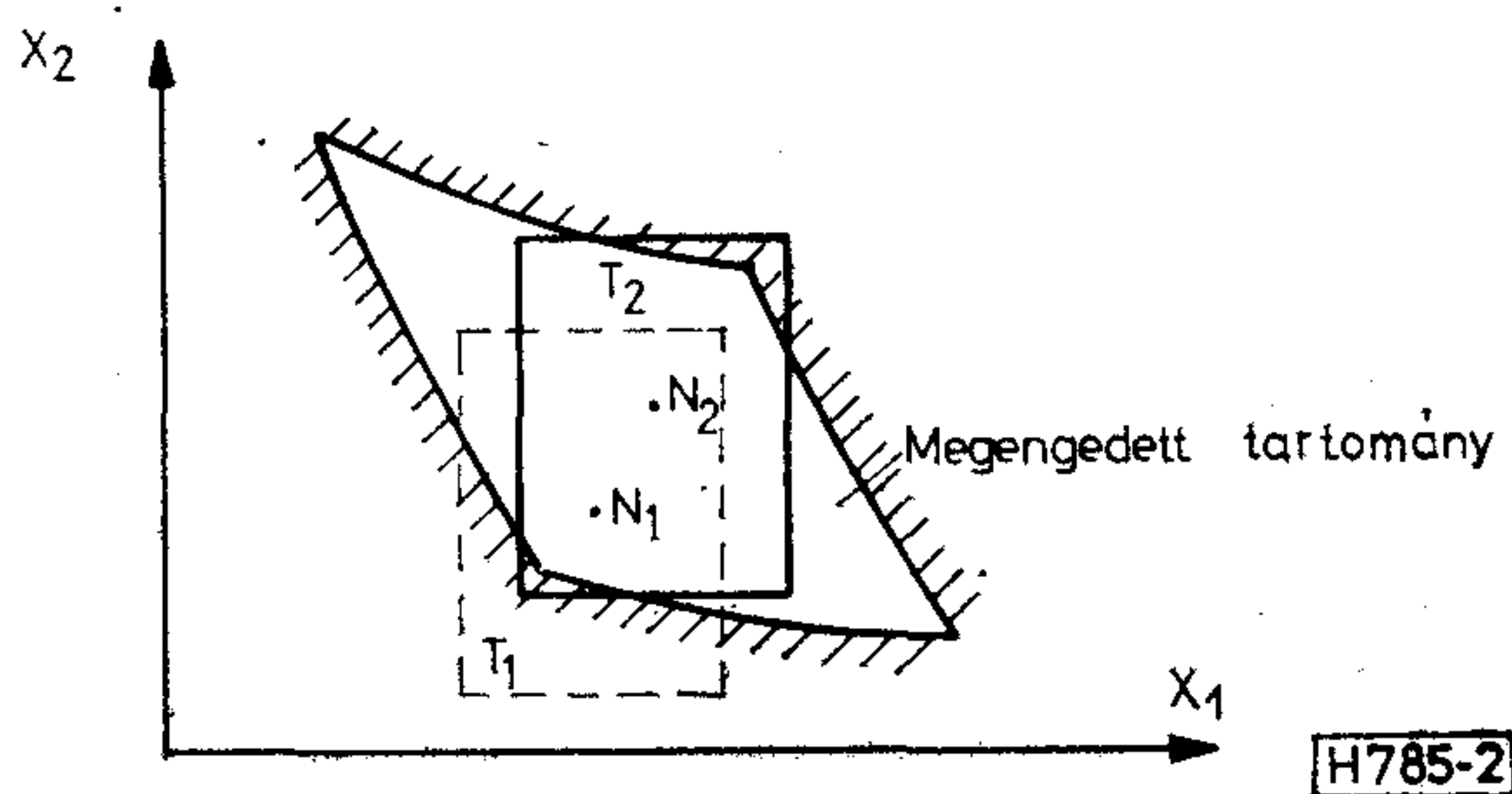
A megtervezett névleges értékeken tehát nem változtatunk, hanem meghatározzuk minden egyes elem toleranciáját. Ezt nevezzük *tolerancia kiosztásnak* [4].

Az 1. ábrán két paraméter esetében illusztráltuk a tolerancia kiosztást. Megengedett tartománynak nevezzük az áramköri paramétereknek azt a tartományát, amelyhez tartozó áramkör jellemző hálózati függvények teljesítik az előírt specifikációt. A tolerancia tartomány az áramköri paraméterek által felvett értékek lehetséges tartományát jelenti, amelyet a névleges értékek, valamint a paraméterek toleranciái határoznak meg. Az 1. ábrán a T_2 -vel jelzett tolerancia tartományhoz 100% kihozatal tartozik, míg a T_1 -hez kevesebb. A tolerancia kiosztásakor törekedhetünk 100%-os kihozatalra vagy a gyártás egészét tekintve legolcsóbb áramkört adó toleranciák meghatározására.

Adott toleranciák esetén a kihozatal növelésére a névleges értékek megváltoztatásával, a központosítással [5] is lehetőség nyílik. A 2. ábrán a központosítást illusztráltuk. A megtervezett áramkör para-



1. ábra. A toleranciakiosztás fogalma



2. ábra. A központosítás fogalma

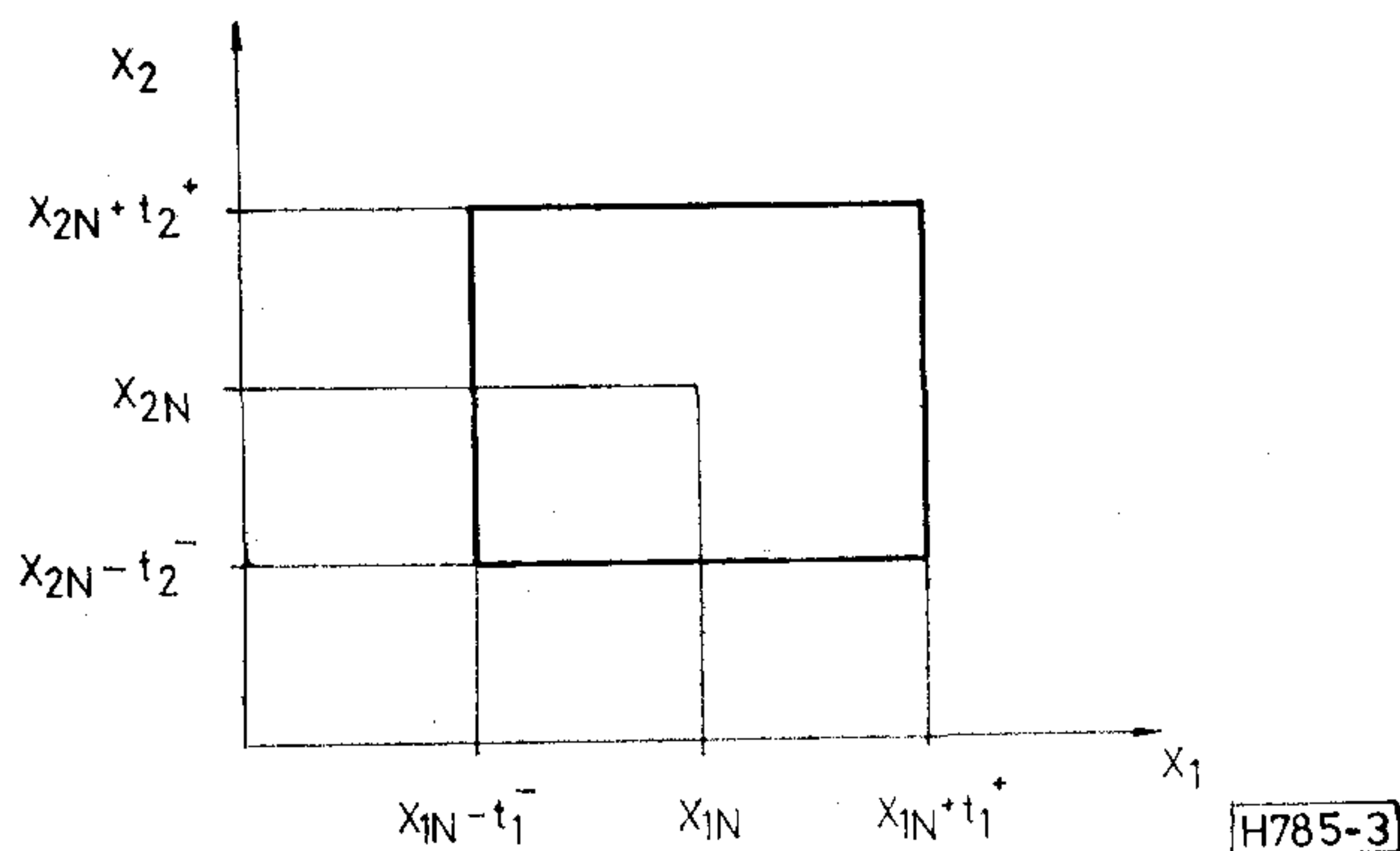
métereinek névleges értékét az ábrán N_1 -gyel jelöltük. Látható, hogy a névleges értékekkel az áramkör teljesíti a specifikációt, hiszen az áramkör adott specifikáció kielégítésére lett tervezve, de a tolerancia tartomány nagy része kívül került az elfogadható tartományon. A T_2 -vel jelzett tolerancia tartomány esetében a toleranciák változatlanul hagyása mellett nagyobb lett a kihozatal.

A fenti két feladat (központosítás és tolerancia kiosztás) esetében hasznos információt nyújthat a tervezőnek, ha a paraméter-toleranciák változásának a kihozatalra gyakorolt hatását a toleranciák tényleges megváltoztatása előtt ismeri. A központosítást és tolerancia kiosztást mind determinisztikus [8], mind statisztikus [21] módszerekkel elvégezhetjük. A továbbiakban a statisztikus tervezéshez segítséget nyújtó kihozatali érzékenységet definiáljuk, megadjuk a számítás algoritmusát, valamint megmutatjuk az alkalmazási lehetőségeket. Végül bőséges irodalomjegyzéket közlünk a témával közelebbről megismerni szándékozók részére.

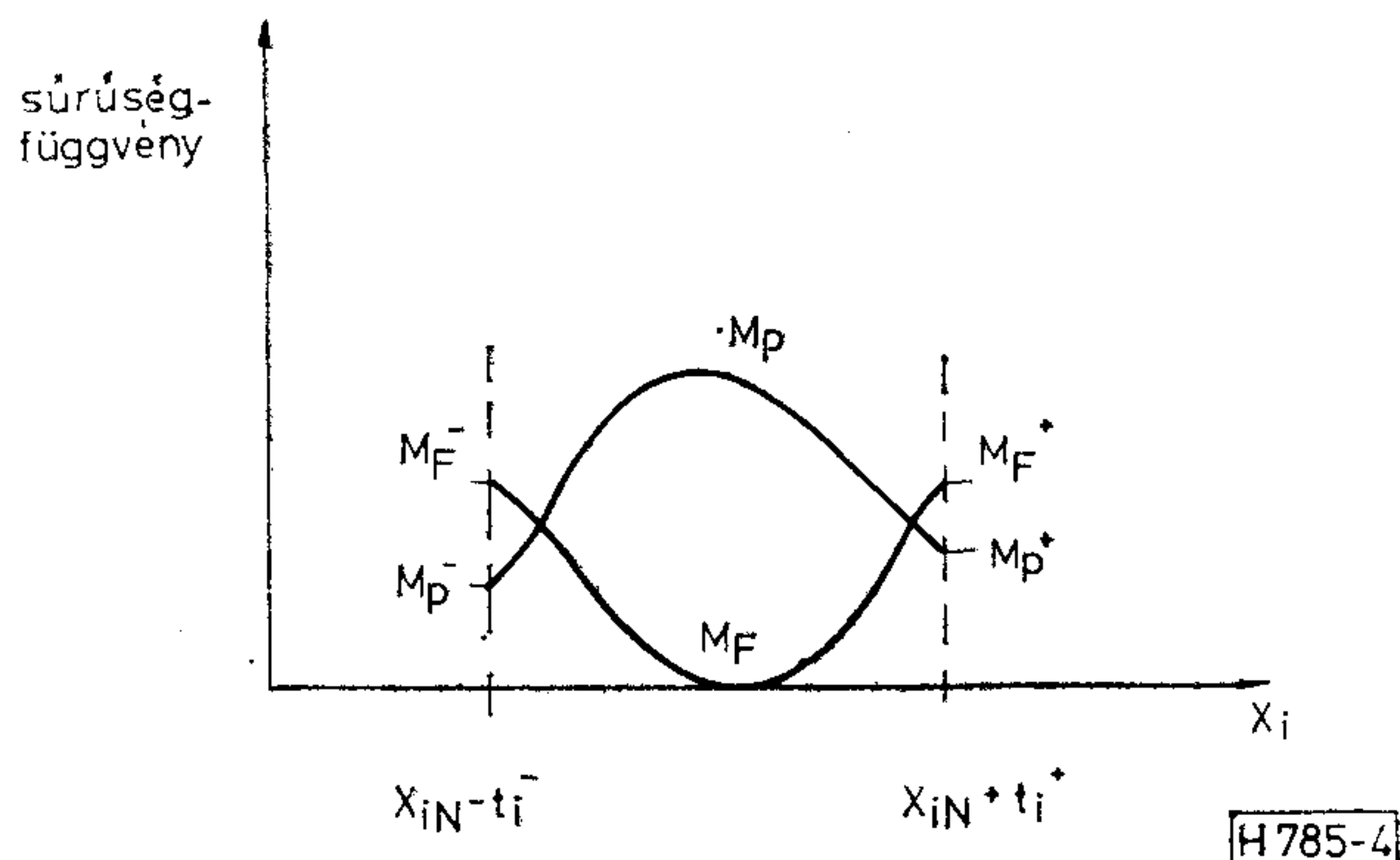
1. A kihozatal érzékenysége az áramköri elemek toleranciája szerint

Az érzékenység meghatározásához először egy Monte-Carlo analízisre van szükség, amelynek során K darab analízist végzünk. Az X_i áramköri paramétereknek véletlenszerűen adunk értéket a valószínűség sűrűségi függvényének megfelelően $X_{iN} + t_i^+$ és $X_{iN} - t_i^-$ között (3. ábra). A névleges értéket N , a felső toleranciát t_i^+ , míg az alsó toleranciát t_i^- jelöli. Az analízis során meghatározzuk a hálózatfüggvények értékét.

A Monte-Carlo analízis által generált adatokból minden egyes komponensre egy histogrammra állítunk elő (4. ábra), amelyben a követelményeket teljesítő jó és a követelményeket nem teljesítő, azaz rossz áramkörök sűrűségfüggvényét ábrázoltuk, mint az áramköri elem függvényét. A sűrűségfüggvényeket a szokásostól eltérő módon nem külön a jó és külön a rossz áramkörökre, hanem a jó és rossz áramkörök összességére normalizáljuk. Így a görbék alatti területek nem egységnyi, mint [21]-ben, hanem területük összege egységnyi. Habár a gyakorlatban ezek a görbék nem folytonosak, megkönnyítendő a következőket, mi mégis folytonosnak ábrázoltuk. Jelöljük M_p^+ -val és M_F^+ -val a jó és a rossz áramkörök sűrűségfüggvényének értékét az X_i áramköri elem értékének felső határánál, $X_i + t_i^+$ -nál. Tételezzünk fel egy elhanyagolhatóan kicsiny Δt_i^+ megváltozást az X_i áramköri elem felső toleranciájában. Nézzük meg, hogyan változik meg a kihozatal a Δt_i^+ megváltozás hatására.



3. ábra. Az áramköri paraméterek tartománya kétdimenziós esetben



4. ábra. A jó és a rossz áramköri minták sűrűségfüggvénye

A kihozatal az eredeti határok között az alábbi integrál adja:

$$Y = \frac{\int_{X_{iN}-t_i^-}^{X_{iN}+t_i^+} M_p dx_i}{\int_{X_{iN}-t_i^-}^{X_{iN}+t_i^+} (M_p + M_F) dx_i} = \int_{X_{iN}-t_i^-}^{X_{iN}+t_i^+} M_p dx_i, \quad (1)$$

hiszen a jó és a rossz áramkörök összege éppen az egységet, azaz a 100%-ot adja ki.

A megváltozott határok között a kihozatal

$$Y' = \frac{\int_{X_{iN}-t_i^-}^{X_{iN}+t_i^+ + \Delta t_i^+} M_p dx_i}{\int_{X_{iN}-t_i^-}^{X_{iN}+t_i^+ + \Delta t_i^+} (M_p + M_F) dx_i}. \quad (2)$$

Tekintettel arra, hogy a Δt_i megváltozás elhanyagolhatóan kicsiny, feltételezhetjük, hogy a sűrűségfüggvény értéke ugyanakkora $X_{iN} + t_i^+ + \Delta t_i^+$ helyen, mint $X_{iN} + t_i^+$ helyen. Ekkor Y' az alábbi formában írható:

$$Y' = \frac{Y + M_p^+ \Delta t_i^+}{1 + (M_p^+ + M_F^+) \Delta t_i^+}, \quad (3)$$

ahonnan a kihozatal megváltozása

$$\Delta Y = \frac{Y + M_p^+ \Delta t_i^+}{1 + M_p^+ \Delta t_i^+ + M_F^+ \Delta t_i^+} - Y. \quad (4)$$

A kihozatalnak a felső határ megváltoztatására vonatkozó differenciális érzékenységet megkapjuk, ha vesszük a $\Delta t_i^+ \rightarrow 0$ határértéket és átrendezzük a (4) kifejezést:

$$S_{it^+}^Y = \frac{\partial Y}{\partial t_i^+} = M_p^+ (1 - Y) - M_F^+ Y. \quad (5)$$

Hasonló kifejezés vezethető le az alsó határra, azaz az alsó toleranciára vonatkozó érzékenységre is.

Megállapítható tehát, hogy a kihozatalnak az egyes áramköri elemek szerint vett differenciális érzékenysége meghatározásához egy Monte-Carlo analízisre, az Y kihozatal becslt értékére, az M_p és M_F hisztogramok előállítására van szükség. Ahhoz azonban, hogy az M_p és M_F hisztogramokat pontosan előállíthassuk, végtelen számú mintára lenne szükség a Monte-Carlo analízisben. Véges számú minta és a hisztogram véges számú intervalluma esetén a kihozatal érzékenységet csak becsülhetjük, amely becslés annál jobb, minél több minta esik egy intervallumra.

2. Központosítás és tolerancia kiosztás * a kihozatal érzékenységeinek segítségével

Központosítási feladatnál a névleges értéket változtatjuk meg. Ez az áramköri elem értékének határai-

val kifejezve azt jelenti, hogy ha a felső toleranciát növelem, akkor az alsót ugyanannyival csökkentem, és viszont. A kihozatal érzékenységet a névleges érték szerint tehát az

$$S_{X_{IN}}^Y = \frac{\partial Y}{\partial X_{IN}} = S_{t_i^+}^Y - S_{t_i^-}^Y, \quad (6)$$

kifejezés adja.

Tolerancia kiosztási feladatnál a névleges érték nem változik, hanem egyszerre növelem vagy csökkentem mind a felső, mind az alsó toleranciát. A kihozatal érzékenysége a tolerancia szerint

$$S_{t_i}^Y = \frac{\partial Y}{\partial t_i} = S_{t_i^+}^Y + S_{t_i^-}^Y, \quad (7)$$

kifejezésből számítható.

3. Szimultán központosítás és tolerancia kiosztás a kihozatali érzékenységek segítségével

A kihozatal érzékenysége külön veszi figyelembe az alsó és a felső tolerancia megváltozását, így kézenfekvő, hogy ezeket a toleranciákat külön-külön is változtassuk meg. Ezzel a szimultán központosítási és tolerancia kiosztási feladat megoldása az érzékenység definíciójából természetesen következik.

A feladat megoldása iteratív úton történik, ahol először kijelöljük azt az irányt, amerre a kihozatal növekszik.

Az irány kijelölése a kihozatali érzékenységek meghatározását jelenti, ugyanis a toleranciákat a hozzájuk tartozó kihozatali érzékenységgel arányosan megváltoztatva növekszik a kihozatal a legnagyobb mértékben. A folytatás lehet az, hogy a kijelölt irányban megkeressük a kihozatal maximális értékét vagy egy előre meghatározott nagyságú lépés után újra irányt állapítunk meg és lépünk. Ez utóbbi esetben a kihozatali érzékenység számításánál szükségszerűen fellépő véletlenszerű hibák egymást kiegyenlíthetik, de hatásuk legalábbis csökken. A lépésméret meghatározásánál abból indulnak ki, hogy a kihozatal egy bizonyos, általunk megadott százalékkal növekedjék. A kihozatal megváltozása a kihozatal érzékenységevel kifejezve:

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^N S_{t_i^+}^Y \Delta t_i^+ + \sum_{i=1}^N S_{t_i^-}^Y \Delta t_i^-. \quad (8)$$

A megváltozások arányosak a megfelelő érzékenységekkel azaz:

$$\Delta t_i^+ = K S_{t_i^+}^Y \text{ és } \Delta t_i^- = K S_{t_i^-}^Y. \quad (9)$$

Helyettesítsük be (9)-et (8)-ba:

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^N S_{t_i^+}^Y \cdot K \cdot S_{t_i^+}^Y + \sum_{i=1}^N S_{t_i^-}^Y \cdot K \cdot S_{t_i^-}^Y. \quad (10)$$

Átrendezve:

$$\Delta Y = K \left\{ \sum_{i=1}^N \left(S_{t_i^+}^Y \right)^2 + \sum_{i=1}^N \left(S_{t_i^-}^Y \right)^2 \right\}. \quad (11)$$

Ahonnán:

$$K = \frac{\Delta Y}{\sum_{i=1}^N \left(S_{t_i^+}^Y \right)^2 + \sum_{i=1}^N \left(S_{t_i^-}^Y \right)^2}. \quad (12)$$

A kívánt ΔY meghatározásához ismerjük az előző iterációban kiszámított (az első iteráció esetén a kezdeti) kihozatalt, Y_{i-1} -et, pontosabban annak becslését.

Legyen ΔY a 100% kihozatalhoz szükséges különbség egy bizonyos része:

$$\Delta Y = \frac{100 - Y_{C-1}}{C} [\%]. \quad (13)$$

A C konstanssal való osztásra az alábbi megfontolások miatt van szükség:

- a kihozatal értékére csak becslést tudunk adni,
- a kihozatal érzékenységet is csak becsülni tudjuk,
- pontos értékek esetén is csak kis megváltozásra igaz a differenciális érzékenység,
- kis elsőrendű differenciális érzékenység értékek esetén már a magasabbrendűek dominálhatnak.

A fentiek miatt az iteráció során a kihozatal növekedésével együtt C értékét is növeljük.

4. Mintapéllda

Az 5. ábrán látható negyedfokú szűrő kapacitásai veszteségmentesek, az induktivitások veszteségesek. Az előírások a csillapításra vonatkoznak, amelyeket a szűrőnek két megadott hőmérsékleten kell teljesítenie két, alkalmasan választott áteresztő és egy záró frekvencián.

Az áramköri paraméterek értékére egyenletes eloszlást tételeztünk fel. Kiindulásul 50 mintát vettünk a Monte-Carlo analízishez, majd a továbbiakban csak ott vettünk mintákat, ahol az áramköri paraméterek értéktartománya különbözött az előzőtől.

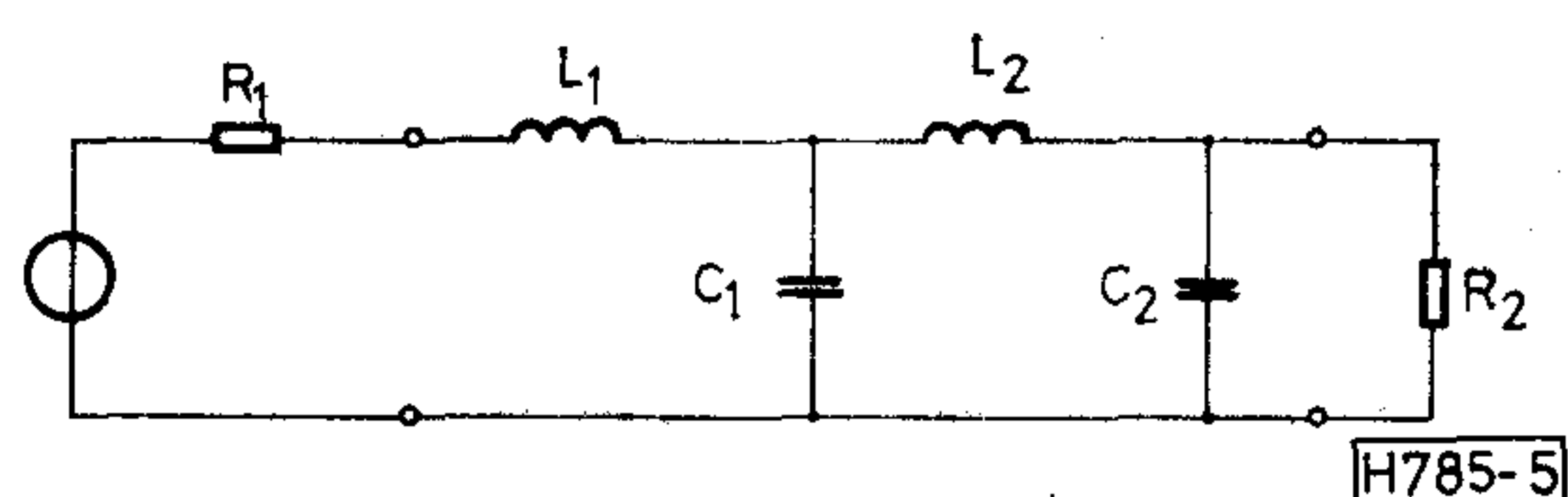
A 6. ábrán a kihozatal növekedése látható az iterációk során.

Az áramköri elemek kezdeti értéke és tolerancia relatív értékben:

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,9332 \pm 3\%, \\ L_2 &= 1,58 \pm 3\%, \\ C_1 &= 1,292 \pm 1\%, \\ C_2 &= 0,7636 \pm 1\%. \end{aligned}$$

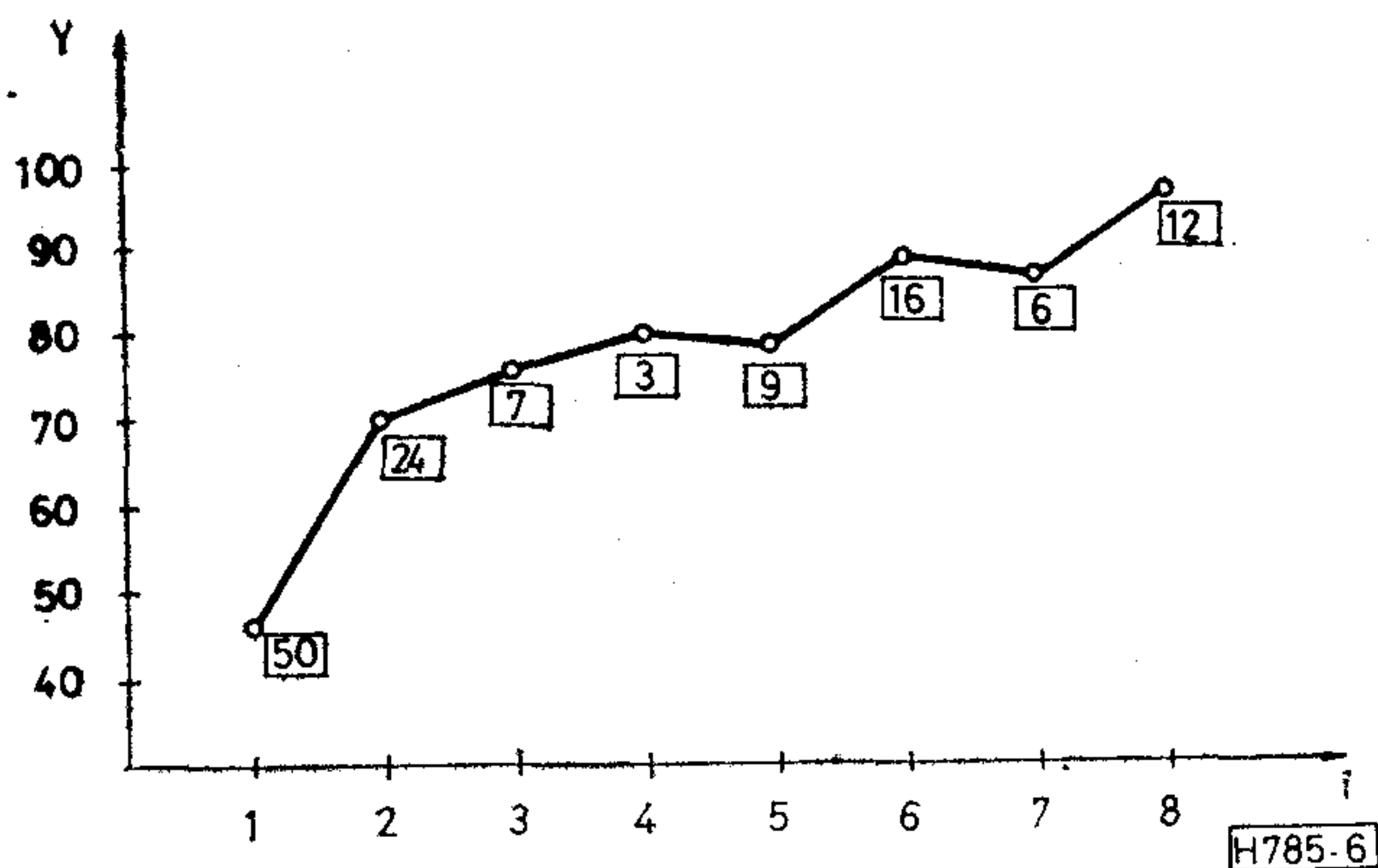
A hőmérséklet-változás hatására az áramköri elemek értéke az alábbiak szerint változik

$$\begin{aligned} L_1 &: +0,5\%, \\ L_2 &: +0,2\%, \\ C_1 &: -0,18\%, \\ C_2 &: -0,34\%. \end{aligned}$$



[H785-5]

5. ábra. Az IBM 5100 asztali számítógép APL programjának mintaáramköre



6. ábra. A kihozatal növekedése és minták száma iterációnként, folytonos toleranciák esetén

A kezdeti 46%-ról 8 lépésben 96%-ra sikerült növelni a kihozatalt, s ehhez összesen 127 mintára volt szükség 8×50 , azaz 400 helyett.

Az áramköri elemek módosított értéke és toleranciája relatív értékben:

$$L_1 = 0,9321 \pm 3,25\%,$$

$$L_2 = 1,5614 \pm 1,7\%,$$

$$C_1 = 1,2823 \pm 0,78\%,$$

$$C_2 = 0,7624 \pm 1,01\%.$$

5. Központosítás és tolerancia kiosztás diszkrét toleranciaértékekkel

Láttuk, hogyan lehet alkalmazni a kihozatal érzékenységet központosítási vagy tolerancia kiosztási feladatra. Ha a toleranciák csak diszkrét értékeket vehetnek fel, akkor az alábbiak szerint járhatunk el.

Először megvizsgáljuk, hogy az egyes elemekre vonatkozó kihozatali érzékenységek a felső és az alsó tolerancia szerint azonos előjelűek-e. Csakis akkor lehetséges a toleranciát változtatni, ha igen. Ha nem egyeznek az előjelek az azt jelenti, hogy a névleges értéket kell megváltoztatni.

Kiszámítjuk a (12) kifejezés szerint a lépésmagyságra jellemző K állandót. Ezt felhasználva kapjuk a

$$\Delta t_i = K \frac{S_{t_i}^+ + S_{t_i}^-}{2}, \quad (14)$$

menyiséget, amelyet egész százalékra kerekítünk.

Figyelembe véve, hogy a tolerancia egy meghatározott értéknél (pl. 1%) kisebb nem lehet, döntünk arról, hogy toleranciát vagy névleges értéket változtatunk-e. Ha a toleranciát, akkor a (14), ha a névleges értéket, akkor

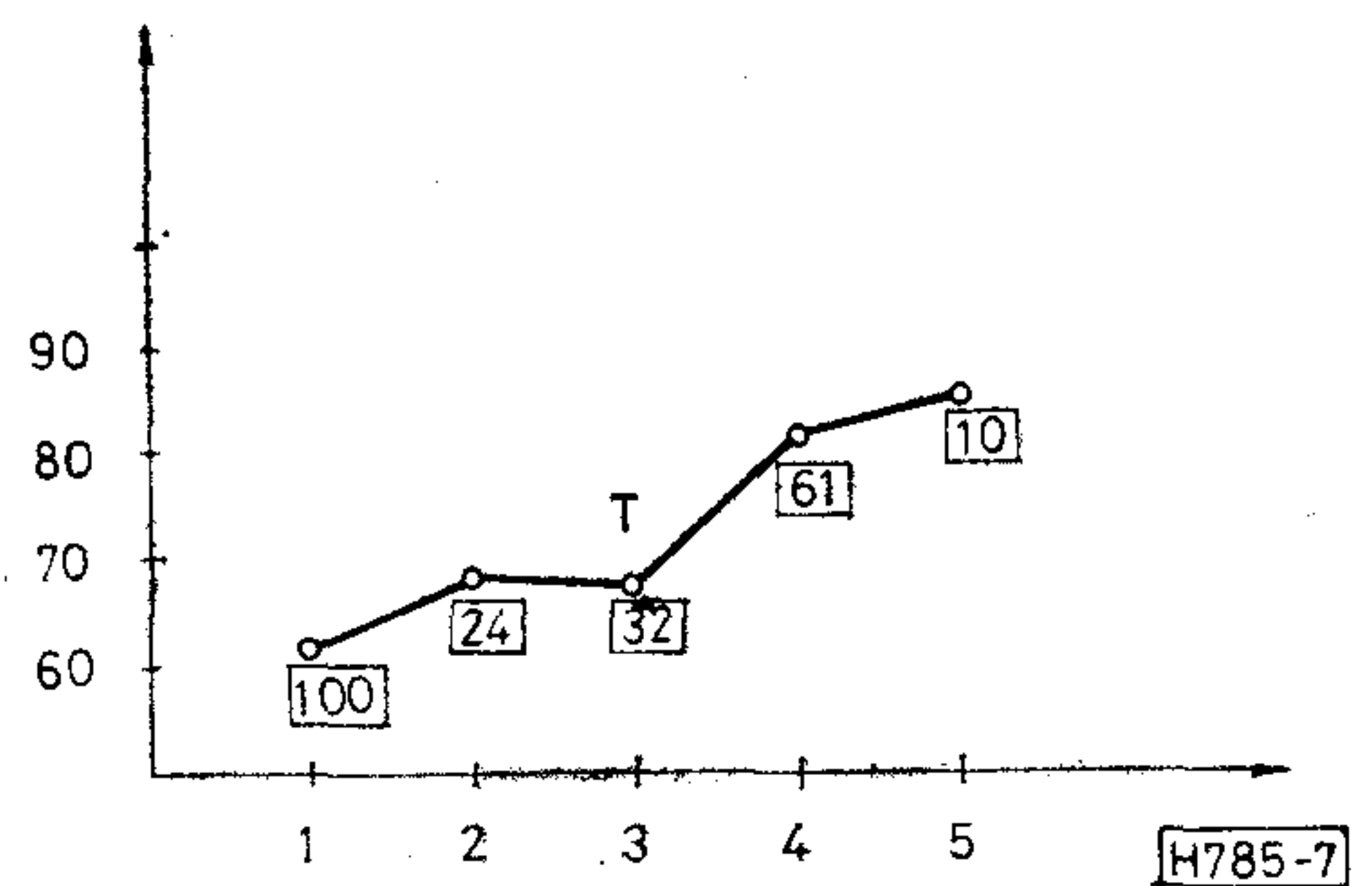
$$X_{i0} = K \frac{S_{t_i}^+ - S_{t_i}^-}{2} \quad (15)$$

kifejezést használjuk.

6. Mintapélda diszkrét toleranciákkal

Az 5. ábrán felrajzolt áramkört tekintjük ebben az esetben is. Az előírások most egyetlen hőmérsékleti értékre vonatkoznak.

A kezdeti 62%-ról 85%-ra növekedett a kihozatal



7. ábra. A kihozatal növekedése és a minták száma iterációként, diszkrét értékű toleranciák esetén. A T betű utal a tolerancia megváltoztatására

összesen 5 lépésben. 227 mintával, a 3. lépésben tolerancia megváltoztatással. Az eredeti toleranciák az induktivitások esetében 3%, a kapacitásoknál 1% voltak. Az L_2 induktivitás toleranciája a harmadik lépésben 2%-ra csökkent. Az új névleges értékek

$$L_1 = 0,9225,$$

$$L_2 = 1,5601,$$

$$C_1 = 1,2928,$$

$$C_2 = 0,7642.$$

7. Számítógépprogramok

A bemutatott algoritmusok alkalmazására számítógépprogramok születtek. Az IBM 5100 asztali számítógépen APL nyelven készült el a program első változata, amellyel az 5. ábrán látható szűrővel végeztünk kísérleteket. A program előnye az interaktivitás, amely kellően ellensúlyozza a viszonylag lassú működést.

A program FORTRAN változata az IBM 370/115 gépen [59] ideális LC létra szűrőket kezel. Maximális elemszám jelenleg 25, ebből induktivitás 12, maximális mintaszám a Monte-Carlo analízishez 200. Tekintettel arra, hogy az algoritmus nem használ ki speciális tulajdonságokat, csak az analízis és az input részt kell megváltoztatni, ha más típusú áramkörökre kívánjuk a programot alkalmazni.

8. Mintapélda rezonanciára hangolt induktivitásokkal

A 8. ábrán látható szűrőnél két induktivitás (L_2 és L_3) a C_3 , ill. C_5 kapacitáshoz rezonanciára hangolható. Az áramkör elemei ideálisak. Az előírások a csillapításra vonatkoznak, öt frekvencián. A nem hangolható elemek toleranciája $\pm 10\%$ volt. Az elemek kezdeti értéke:

$$L_1 = 1,1376,$$

$$L_4 = 1,1376,$$

$$C_1 = 0,9749,$$

$$C_2 = 1,3058,$$

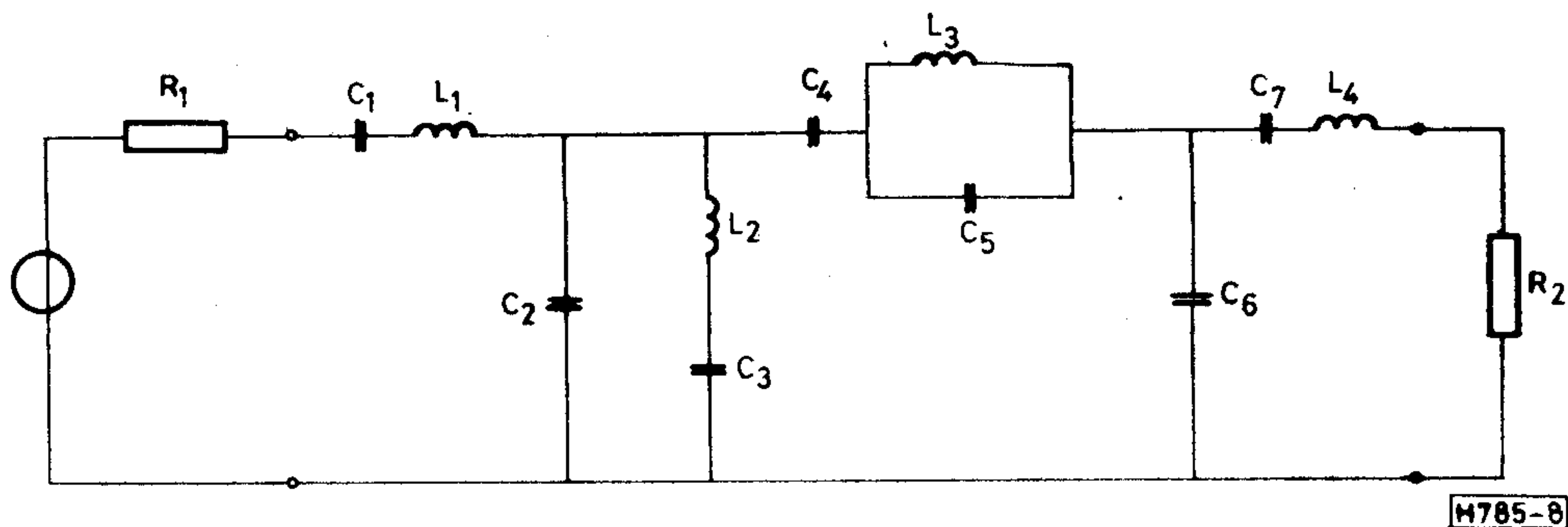
$$C_3 = 9,5335,$$

$$C_4 = 1,1413,$$

$$C_5 = 0,121,$$

$$C_6 = 0,7399,$$

$$C_7 = 1,8177.$$



8. ábra. Az IBM 370/115 számítógép FORTRAN programjának mintaáramkörre rezonanciára hangolt induktivitásokkal

A kezdeti 41%-ról 10 lépésben 79%-ra növekedett a kihozatal. A minták száma összesen 498 volt $10 \times 100 = 1000$ helyett. A példát az IBM 370/115 számítógépen futtattuk.

Az áramkör elemeinek módosított értéke és toleranciája:

$$\begin{aligned} L_1 &= 1,1317 \pm 9,97\%, \\ L_4 &= 1,1293 \pm 8,56\%, \\ C_1 &= 0,932 \pm 10,78\%, \\ C_2 &= 1,3202 \pm 8,43\%, \\ C_3 &= 9,5203 \pm 9,98\%, \\ C_4 &= 1,1738 \pm 10,1\%, \\ C_5 &= 0,1288 \pm 1,34\%, \\ C_6 &= 0,7733 \pm 7\%, \\ C_7 &= 1,8013 \pm 10,2\%. \end{aligned}$$

A program által elhasznált CPU idő 120 sec volt.

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki értékes tanácsaiért dr. R. Spence-nek, aki az Imperial College-ban (London) ráirányította figyelmemet a statisztikus áramkörtervezésre.

Köszönet illeti Turmezei Péter szakmérnök hallgatót, a TKI munkatársát, aki a FORTRAN nyelvű programot elkészítette, valamint dr. Trón Tibort, a kézirat gondos átnézéséért és hasznos észrevételeiért.

I R O D A L O M

- [1] H. L. Abdel-Malek—J. W. Bandler: Yield optimization for arbitrary statistical distributions. ISCAS '78. Proc. of the 1978 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 664—674, May 1978.
- [2] H. L. Abdel-Malek—J. W. Bandler: Centering, tolerancing, tuning and minimax design employing biquadratic models. ISCAS '79. Proc. of the 1979 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Tokyo, pp. 284—287, July 1979.
- [3] H. L. Abdel-Malek—J. W. Bandler: Yield estimation for efficient design centering assuming arbitrary statistical distributions. Proc. Conf. Computer Aided Design of Electronic and Microwave Circuits and Systems, Hull, England, pp. 66—71, July 1977.
- [4] P. R. Aaby: Component tolerance assignment using the pseudo-inverse sensitivity matrix. Int. J. Circuit Theory and Appl., Vol. 4, No. 2, pp. 199—201, April 1976.
- [5] K. J. Antreich—R. K. Koblit: A new approach to design centering based on a multiparameter

yield-prediction formula. ISCAS '80. Proc. of the 1980 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems Houston, pp. 886—889, April 1980.

- [6] J. W. Bandler—H. L. Abdel-Malek: Optimal centering, tolerancing, and yield determination via updated approximations and cuts. IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. CAS—25, No. 10, pp. 853—870, October 1978.
- [7] J. W. Bandler—P. C. Liu—J. H. K. Chen: Worst case network tolerance optimization. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT—23, No. 8, pp. 630—641, August 1975.
- [8] J. W. Bandler—P. C. Liu—H. Tromp: A non-linear programming approach to optimal design centering, tolerancing and tuning. IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. CAS—23, No. 3, pp. 155—165, March 1976.
- [9] J. W. Bandler—M. R. M. Rizk: Optimization of electrical circuits. Mathematical Programming Study 11 (1979), pp. 1—64, North-Holland Publ. Comp., Amsterdam.
- [10] P. W. Becker—F. Jensen: Design of systems and circuits for maximum reliability or maximum production yield. McGraw-Hill, New York 1977.
- [11] R. K. Brayton—G. D. Hachtel—S. W. Director: Arbitrary norms for statistical design via linear programming. ISCAS '78. Proc. of the 1978 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 161—164, May 1978.
- [12] R. K. Brayton—S. W. Director—G. D. Hachtel—L. M. Vidigal: A new algorithm for statistical circuit design based on quasi-Newton methods and function splitting. ISCAS '79, Proc. of the 1979 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Tokyo, pp. 280—283, July 1979.
- [13] C. Charalambous—F. M. El-Turky: Circuit design using a recent minimax approach. ISCAS '78. Proc. of the 1978 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 690—694, May 1978.
- [14] S. W. Director—G. D. Hachtel: The simplicial approximation approach to design centering and tolerance assignment. ISCAS '76. Proc. of the 1976 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Munich, Germany, pp. 706—709, April 1976.
- [15] S. W. Director—G. D. Hachtel: Yield estimation using simplicial approximation. ISCAS '77, Proc. of the 1977 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Phoenix, April 1977.
- [16] S. W. Director—G. D. Hachtel: The simplicial approximation approach to design centering. IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. CAS—24, No. 7, pp. 363—372, July 1977.
- [17] S. W. Director—G. D. Hachtel: A point basis for statistical design. ISCAS '78, Proc. of the 1978 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 165—169, May 1978.
- [18] S. W. Director—G. D. Hachtel—L. M. Vidigal: Computationally efficient yield estimation procedures based on simplicial approximation. IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. CAS—25, No. 3, pp. 121—130, March 1978.
- [19] S. W. Director—W. Maly: A dimension reduction

- procedure for the simplicial approximation approach to design centering. ECCTD, '80. Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 115–120, Sept. 1980.
- [20] T. Downs—A. S. Cook: A numerical integration approach to manufacturing yield calculation and component tolerancing. ECCTD '80, Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 132–144, Sept. 1980.
- [21] N. Elias: New statistical methods for assigning device tolerances. ISCAS '75, Proc. of the 1975 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Newton, MA, pp. 329–332, April 1975.
- [22] D. H. Evans: Statistical tolerancing: the state of the art. Part II. Shifts and Drifts. Journal of Quality Technology vol. 7. pp. 72–75, 1975.
- [23] A. Filipkowski—Le Tue—Z. Michalski: Optimization of large change tolerances of linear integrated circuits. Int. J. of Circuit Theory and Application. Vol. 8. No. 3. July 1980. pp. 237–243.
- [24] Gaál J.—Géher K.—Halász E.—Trón T.: LC szűrők tolerancia központosítása tekintettel a hangolásra és hőfokfüggésre. Tanulmány a Telefongyár részére. Budapest, 1980. BME—HEI.
- [25] Gaál J.—Trón T.: Tolerancia központosítás rekurzív Monte Carlo algoritmussal. Tanulmány a Telefongyár részére, BME—HEI 1980.
- [26] K. Géher: Theory of Network Tolerances. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary, 1971.
- [27] K. Gopal—K. Singhal—J. Vlach: Statistical method for tolerance assignment in electrical networks. ECCTD '78, Proc. of the 1978 European Conference on Circuit Theory and Design, Lausanne, Switzerland, pp. 578–581, September 1978.
- [28] G. D. Hachtel—S. W. Director: A point basis for design centering. CADEMICS '77, Proc. Conference CAD of Electronic and Microwave Circuits And Systems, Hull, England, pp. 41–46, July 1977.
- [29] G. D. Hachtel—S. W. Director: A point basis for statistical design. ISCAS '78, Proc. of the 1978 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 165–169, May 1978.
- [30] Halász E.—Geffert L.—Trón T.: Tolerancia központosítás optimalizáló algoritmussal. Tanulmány a Telefongyár részére. BME—HEI 1980.
- [31] M. H. Hamza—A. I. A. Salama: Tolerance optimization using stochastic programming. Inf. J. of Circuit Theory and Application, Vol. 6. No. 2. April. 1978. pp. 203–207.
- [32] A. Ilumoka—R. Spence: A statistical approach to the reduction of circuit performance variability in electrical circuits. ECCTD '80. Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 589–594, Sept. 1980.
- [33] B. J. Karafin: The optimum assignment of component tolerances for electrical networks. Bell Syst. Techn. J., Vol. 50, No. 4, pp. 1225–1242, April 1971.
- [34] G. Kjellström: Network optimization by random variation of component values. Ericsson Technics, No. 3, 1969.
- [35] G. Kjellström: Optimization of electrical networks with respect to tolerance costs. Ericsson Technics, No. 3, 1970.
- [36] G. Kjellström—L. Taxén—L. Blomgren: Optimization methods for statistical network design. ISCAS '75. Proc. of the 1975 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Newton, MA, April 1975.
- [37] G. Kjellström—L. Taxén: On the efficient use of stochastic optimization in network design. ISCAS '76. Proc. of the 1976 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, Munich, Germany, pp. 714–717, April 1976.
- [38] R. Koblitz: Zur Entwurfszentrierung und Toleranzzuordnung elektrischer Schaltungen, mit gaussverteilten Parameterabweichungen. AEÜ Band 34, pp. 30–37 Jan. 1980.
- [39] M. R. Lightner—S. W. Director: Yield maximization for use in multiple criterion optimization of electronic circuits. ISCAS '79. Proc. of the IEEE 1979. Int. Symp. on Circuits and Systems, Tokyo, pp. 288–291. July 1979.
- [40] K. Madsen—H. Schjaer-Jacobson: New algorithms for worst case tolerance optimization. ISCAS '78. Proc. of the 1978. IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 681–685, May 1978.
- [41] J. T. Ogradzki—M. A. Styblinski: Optimal tolerancing, centering and yield optimization by one-dimensional orthogonal search (ODOS) Technique. ECCTD '80. Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 480–485, Sept. 1980.
- [42] J. F. Pinel—K. A. Roberts: Tolerance assignment in linear networks using nonlinear programming. IEEE Trans. Circuit Theory, Vol. CT-19, No. 5, pp. 475–479, September 1972.
- [43] E. Polak—A. Sangiovanni-Vincentelli: An algorithm for design centering, tolerancing and tuning (DCTT). ECCTD '78. Proc. of the 1978 European Conf. on Circuit Theory and Design, Lausanne, Switzerland, pp. 582–586, September 1978.
- [44] P. Schwartz: Simplified methods for design centering and tolerance assignment. Proc. Sixth Coll. Microwave Communication. Budapest, Hungary, pp. II-6/34. 1–4, August 1978.
- [45] K. Shinghal—J. F. Pinel: Statistical design centering and tolerancing using parameter sampling. ISCAS '80. Proc. of the 1980 Int. Symp. on Circuits and Systems Houston, pp. 882–885, IEEE April 1980.
- [46] R. S. Soin—R. Spence: Statistical design centering for electrical circuits. Electronics Letters, Vol. 14, No. 24, pp. 772–774, November 1978.
- [47] R. Spence—K. S. Tahim: Statistical circuit analysis. A practical algorithm for linear circuits. ISCAS '78. Proc. of the 1978 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, New York, pp. 180–184, May 1978.
- [48] R. Spence—A. Ilumoka—N. Maratos—L. Geffert—R. Soin: The statistical exploration approach to tolerance design. Proc. of the 1980 IEEE International Conference on Circuits and Computers ICCS '80. New York, pp. 585–585.
- [49] W. Strasz—M. Styblinski: A second derivative Monte Carlo optimization of the production yield. ECCTD '80. Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 121–131, Sept. 1980.
- [50] M. Styblinski: Sensitivity-cost minimization with optimal tolerances in design of integrated circuits. CADEMICS '77. Proc. of Electronic and Microwave Circuits and Systems. Conf. CAD Hull, England. July 1977. pp. 78–83.
- [51] M. Styblinski: Cost and sensitivity optimization in integrated active filter, SSCT '77. Proc. of the Summer Symp. on Circuit Theory Kladno, Czechoslovakia. pp. 295–299. Sept. 1977.
- [52] M. Styblinski: Estimation of yield and its derivatives by Monte Carlo sampling and numerical integration in orthogonal subspaces. ECCTD '80. Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 474–479, Sept. 1980.
- [53] M. Styblinski: Tolerance analysis and optimization in electronic circuits. ECCTD, '80. Proc. of the 1980 European Conference on Circuit Theory and Design, Warsaw, Vol. 2. pp. 97–114, Sept. 1980.
- [54] K. S. Tahim—R. Spence: An integrated approach to manufacturing yield estimation and design centering. ECCTD '78. Proc. of the 1978 European Conference on Circuit Theory and Design, Lausanne, Switzerland, pp. 573–577, September 1978.
- [55] A. R. Thorbjornsen—S. W. Director: Computer-

- aided tolerance assignment for linear circuits with correlated elements. IEEE Trans. Circuit Theory, Vol. CT-20, No. 5, pp. 518-524, September 1973.
- [56] H. Tromp: The generalized tolerance problem and worst case search. CADEMICS '77. Proc. of the Conf. Computer Aided Design of Electronic and Microwave Circuits and Systems, Hull, England, pp. 72-77, July 1977.
- [57] H. Tromp: A semi-heuristic algorithm for efficient worst-case analysis. ISCAS '79. Proc. of the 1979 IEEE Int. Symp. Circuits and Systems, Tokyo, pp. 276-279, July 1979.

- [58] L. M. Vidigal-S. W. Director: Design centering: the quasi-convex, quasi-concave performance function case. ISCAS '80. Proc. of the 1980 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems Houston, pp. 43-46, April 1980.
- [59] Turmezei Péter: Tolerancia középpontosítás. Szakmérnöki feladat. BME-HEI 1980.

TÁJÉKOZTATÓ MEGBÍZHATÓSÁGI SZAKMÉRNÖKÖK KÉPZÉSÉRŐL

A műszaki-gazdasági hatékonyság növelésének jelentős tartaléka a korszerű, jobb minőségű, megbízhatóbb termékek gyártása, gazdaságos üzemeltetése és javítása a meglevő adottságok mellett. Az exportképesség fokozása a növekvő világpiaci verseny miatt szükséges, hogy kiváló minőségű, nagy megbízhatóságú termékekkel jelenjünk meg a hazai és külföldi piacokon.

A minőségsszabályozás fejlesztését a 2001/1974. minisztertanácsi határozat írja elő. Ez olyan speciális képzettségű, elméletileg megalapozott tudású, ugyanakkor megfelelő szakmai tapasztalattal rendelkező mérnökök posztgraduális képzését igényli, akik képesek a fokozott minőségi és megbízhatósági követelményekkel összefüggésben felmerülő kutatási, fejlesztési, gyártási, üzemeltetési feladatok megoldására.

A Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kara — az előző tanfolyam eredményeit és tapasztalatait felhasználva — 1983 februárjában újra indít megbízhatósági szakmérnöki ágazatot.

Az oktatási anyag valószínűségszámítási és matematikai statisztikai, rendszerelméleti és irányítástechnikai alapokra építve foglalkozik a gyártmánymegbízhatóság és minőségsszabályozás, az üzemeltetés, karbantartás és javítás elméleti és gyakorlati kérdéseivel. Önálló tárgyként szerepelnek olyan, a korszerű ipari alkalmazások szempontjából fontos témakörök, mint a gazdaságossági

számítások, kísérlettervezés, számítógépek felhasználása, minőségi és megbízhatósági információs rendszerek.

A tanterv lehetővé teszi az egyes ipari ágazatok jellegzetes gyártmányaival kapcsolatos speciális minőségi és megbízhatósági problémákra vonatkozó mélyebb — a konkrét alkalmazásokat is figyelembe vevő — ismeretek elsajátítását. A megtanult elvek és módszerek segítségével a szakmérnökök képesek a kutatás-fejlesztés problémáit, a gyártás, üzemeltetés bonyolult folyamatait rendszerszemléleti alapon elemezni, a megbízhatósági, minőségbiztosítási feladatokat kijelölni, és azokat különböző kritériumok szerint optimálisan megoldani. A szakmérnöki tanfolyam elvégzése után műszaki doktori disszertáció elkészítésére is van lehetőség.

A szakmérnöki tanfolyam elvégzését azon gépész, közlekedési és villamosmérnökök számára javasoljuk, akik legalább két éves ipari, kutató-, tervezőintézeti vagy üzemeltetői gyakorlattal rendelkeznek, munkaterületük, érdeklődési körük a tervezés, gyártás, üzemeltetés részét képező minőségsszabályozási, minőségellenőrzési, megbízhatósági tevékenységek irányításához kapcsolódik.

A finommechanikai szakon induló megbízhatósági szakmérnöki ágazat tanterve a következő:

A tárgy neve	1. félév	2. félév	3. félév	4. félév	Összesen:
Valószínűségelmélet és matematikai statisztika	24+24vg	24+24v			48+48 vvg
Rendszertechnika	36+12v				36+12v
Megbízhatóságelmélet		36+24vg	36+12v		72+36vvg
Minőségsszabályozás modelljei	24+24v				24+24v
Számítástechnika				24+24v	24+24v
Kísérlettervezés			24+24vg		24+24vg
Ipari berendezések megbízhatósága	24+12v		24+24v	36+24vg	84+60vvg
Minőségellenőrzési módszerek				24+12v	24+12v
Heti összes	84+60	84+60	84+60	84+60	336+240
Óraszám:	vvg 3+1	vvg 3+1	vvg 3+1	vvg 3+1	12v+4g

1. félév 12 hetes.

Államvizsgatárgyak:

1. Valószínűségelmélet és matematikai statisztika.
2. Megbízhatóságelmélet.
3. Ipari berendezések megbízhatósága.

Jelölések:

- v = vizsga
g = gyakorlati jegy

A tanulmányi idő 2 év. A jelentkezéshez szükséges nyomtatvány a dékáni hivatalban szerezhető be. A kérelemhez csatolni kell a felvételi eljárási díj befizetését igazoló szelvényt, oklevelet, vagy annak közjegyzőileg hitelesített másolatát, erkölcsi bizonyítványt és önéletrajzot. A felvételi kérelmeket a munkáltatónál kell

benyújtani olyan időpontig, hogy a munkáltató azt javaslatával ellátva folyó év szeptember 30-ig megküldhesse a BME Gépészmérnöki Kar dékáni hivatalának.

BME Finommechanika—Optika Tanszék

Többkimenetű kapcsoló üzemi tápegységek tervezési szempontjai

TERJÉKI JÓZSEF
HIKI

Bevezető

Az utóbbi években az elektronikai iparban olyan nagymértvű változás következett be, amely arra kényszerítette a tervezőket, hogy szakítsanak a hagyományos tápellátási rendszerekkel. Ezt elsősorban a nagyfokú integráltság miatti méretcsökkenés és ugyanakkor a nagy energiaigény tette szükségessé. Így előtérbe kerültek a jó hatásfokú, de viszonylag drága kapcsoló üzemi tápegységek.

Az esetek többségében egy rendszeren belül több különböző tápfeszültségre van szükség. Ez a különbség megnyilvánulhat a feszültség értékében, áramigényében, stabilitásában, zajban stb. Nagy rendszerekben egy-egy tápfeszültség terhelhetőség-igénye általában akkora, hogy feszültségenként külön tápegységek alkalmazása is gazdaságos, mivel kimenetenként többször 10...100 Watt teljesítmény szükséges. Kis és közepes teljesítményigény esetén ez nem mindig gazdaságos. Ilyen esetekben célszerű többkimenetű tápegységeket alkalmazni.

Cikkünkben a kis és közepes teljesítményigények ellátására alkalmas (néhányszor 10 és néhányszor 100 W összkimeneti teljesítmény közötti) többkimenetű tápegységek rendszerteknikai kérdéseivel foglalkozunk. A „többkimenetű kapcsoló üzemi tápegység” kifejezés számos rendszerteknikai megoldást fedhet, de mi csak azt a rendszert értjük

rajta, amelyet az 1. ábrán feltüntetett tömbvázlattal mutatunk be.

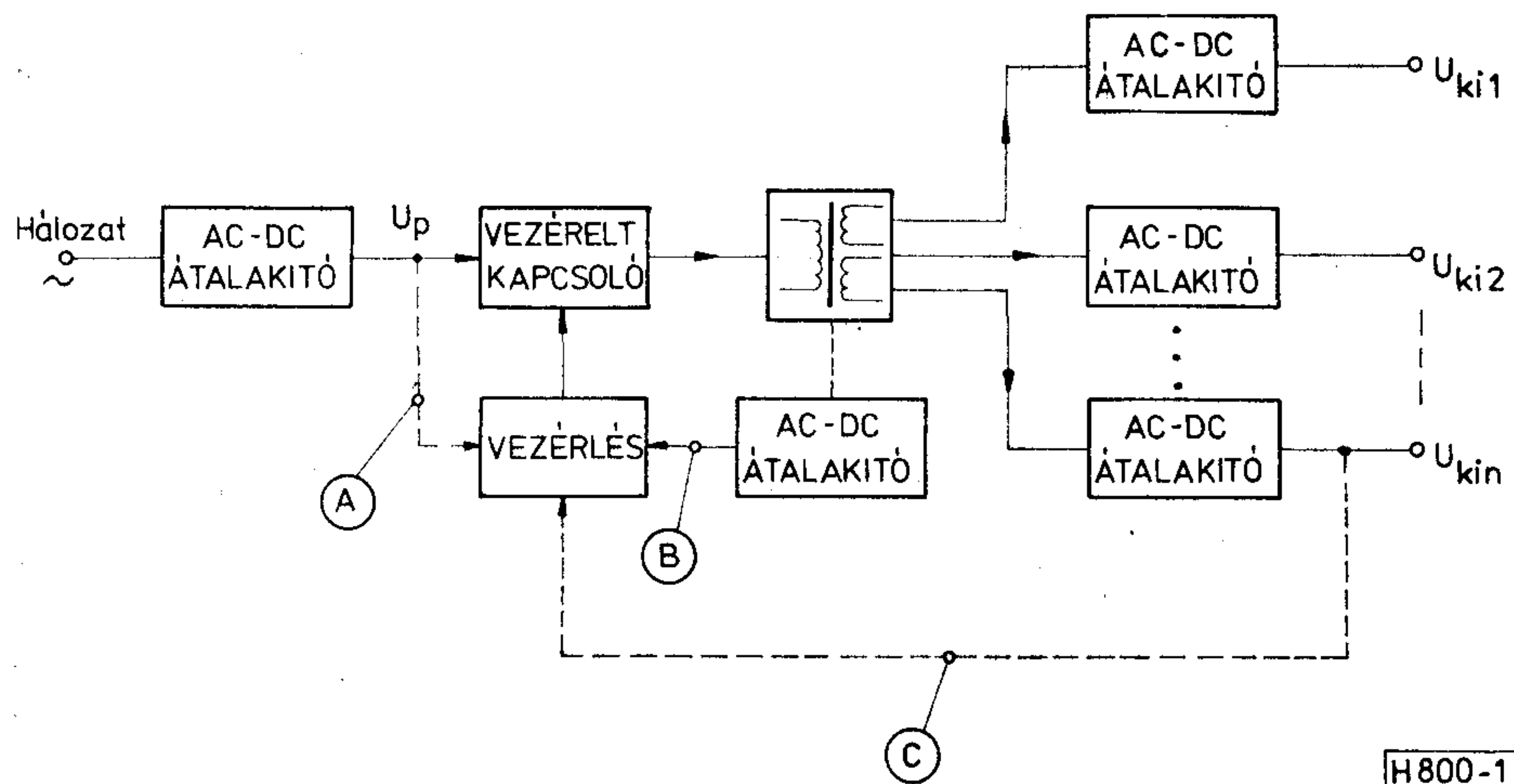
A rendszert az egykimenetű transzformátoros, kapcsoló üzemi tápegységből származtathatjuk. Az eltérés az, hogy a transzformátornak annyi szekunder tekercse (lehet leágazás is) és szekunderoldali egyenirányítója van, amennyi a kimenetek száma.

A többkimenetű kapcsoló üzemi tápegységek lehetséges rendszerteknikai felépítése

Egy többkimenetű tápegység rendszerének megválasztásakor a kimenőfeszültségek, illetve áramok értékén túl a legfontosabb paraméter a kimenetek stabilitása. Ebbe a fogalomba sok minden beletartozik, így pl.:

- vonalszabályozás,
- terhelésszabályozás,
- dinamikus terhelésváltozásra keletkező kimenőfeszültség-ugrás,
- „keresztaszabályozás”, más szóval a kimenetek egymásra hatásából keletkező kimenőfeszültség-változás,
- kimeneti zaj stb.

A számos paraméter mellett a vonal- és terhelésszabályozás, valamint a keresztaszabályozás az, ami meghatározza a tápegység rendszerteknikai felépítését. A továbbiakban az egyszerűség kedvéért a stabilitás fogalmat használjuk.



1. ábra.

Stabilitás szempontjából egy többkimenetű tápegységnél a következő esetek fordulhatnak elő:

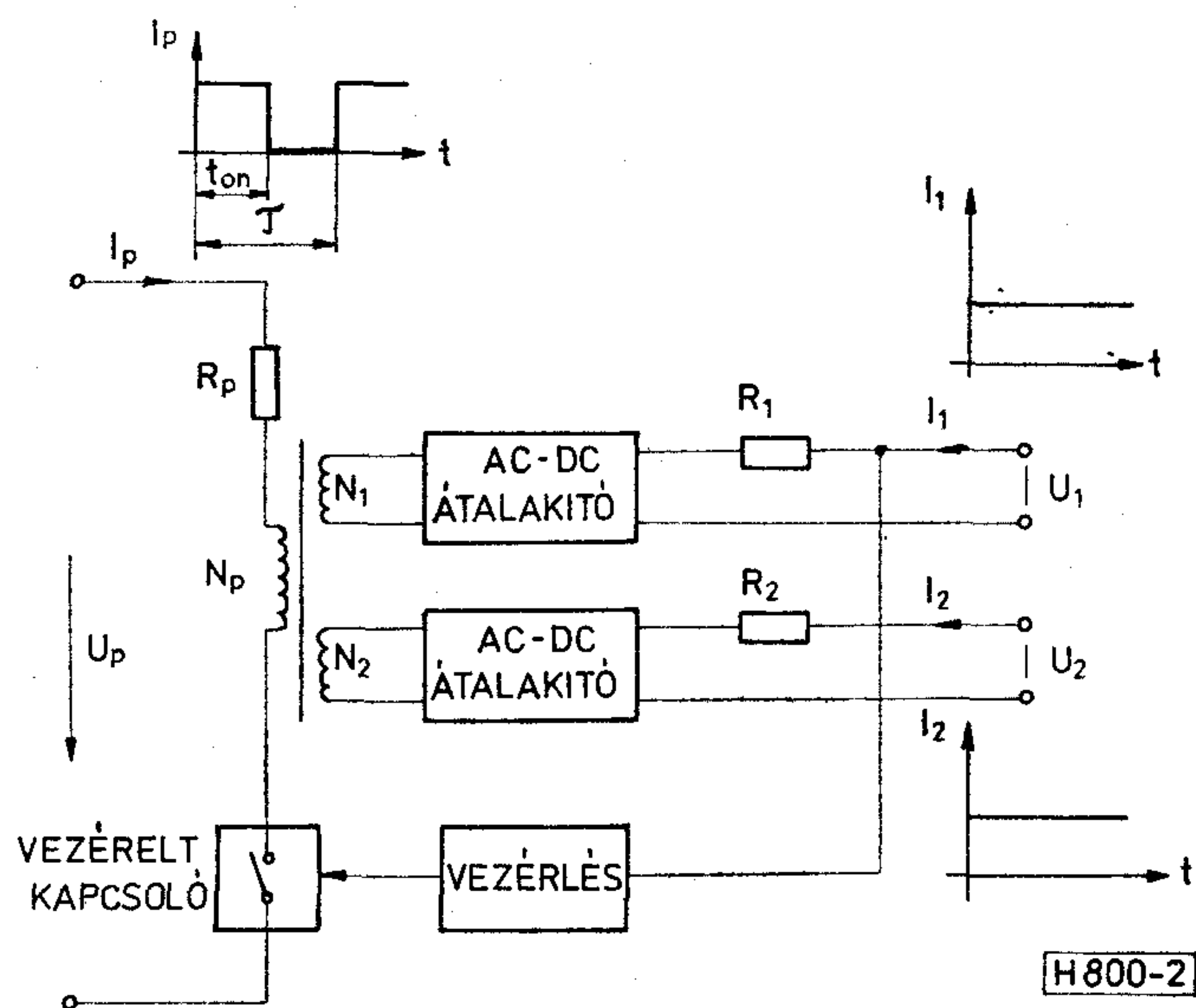
- valamennyi kimenet kis stabilitású,
- egy kitüntetett kimenet nagy stabilitású, a többi lehet kis stabilitású is,
- több vagy valamennyi kimenet nagy stabilitású.

Vizsgáljuk meg, hogy a lehetséges variációkat milyen rendszerrel valósíthatjuk meg. Célunk valamennyi kimenet stabilizálása. Mivel csak az a kimenőfeszültség állandó (adott hibával), amelyre a szabályozást végezzük, több kimenet nagy stabilitásigénye esetén több szabályozó körös rendszert szükséges kialakítani. Nézzük meg milyen lesz a kimenetek stabilitása, ha csak egy szabályozó kört alkalmazunk.

Rendszertechnikai lehetőségek egy szabályozó kör alkalmazása esetén

Egy szabályozó kör esetén meg kell találnunk azt a jellemzőt, amire szabályozva az adott célra optimális megoldást kapjunk.

Az 1. ábrán feltüntetettünk három lehetséges jellemzőt (A, B, C, betűkkel jelölve), amelyekre elvégezzük a stabilitásvizsgálatokat. Vizsgálatunkat a 2. ábrán látható egyszerű modell alapján végezzük. Az ábrán koncentráltan egy-egy ellenállással modellezve tüntettük fel a primer és szekunder oldali veszteségeket. A kapcsolót, az AC–DC átalakítót és a transzformátort ideálisnak tekintjük. Az ábrán az R_p ellenállás a primer oldali ohmos veszteségeket — beleértve a transzformátor veszteségét is — és a kapcsoló veszteségét modellezi. R_1 és R_2 a kimenetek szekunder oldali ohmos veszteségét és az egyenirányítók veszteségét modellezi. A transzformátor szórt induktivitásának hatását elhanyagoljuk. Feltételezzük továbbá, hogy a terhelések áramgenerátor jellegűek, vagyis ha változik a kimenőfeszültség, az a terhelő áramot nem változtatja meg. A modell vizsgálata alapján az alábbi következtetéseket vonjuk le.



2. ábra.

Elsőként azt az esetet nézzük meg (minden matematikai analízis nélkül), amikor a szabályozó jelet a bemenőfeszültségből nyerjük, vagyis közvetlenül a bemenőfeszültséget figyeljük (1. ábra A jelű vezérlőjel.) Ha a kimenetek terhelése nem változik, akkor a bemenőfeszültség-változás hatása látszólag kiküszöbölhető. Sajnos ez nem teljesen igaz, mert a primer oldali veszteség változik a kitöltési tényező függvényében. A terhelésváltozás hatására a kimenőfeszültség változik. Bár elvileg használható módszer lenne kis stabilitásigény esetén és közel állandó terhelés mellett, önmagában nemigen használatos megoldás.

Ha egy, a többi kimenettől független, állandó terhelésű kimenetről visszacsatolunk, akkor a szabályozási hurok a visszacsatoló tekercs feszültségét állandó értéken tartja (1. ábra B jelű visszacsatolás).

Határozzuk meg a kimenetek feszültségének megváltozását a 2. ábra modellje alapján. A modell alapján a kimenetek feszültségei a következők:

$$\begin{aligned} U_1 &= p \cdot n_1 (U_p - I_p R_p) - R_1 I_1, \\ U_2 &= p \cdot n_2 (U_p - I_p R_p) - R_2 I_2, \end{aligned} \quad (1)$$

ahol $n_1 = \frac{N_1}{N_p}$; $n_2 = \frac{N_2}{N_p}$ a transzformátor áttételei,

$$P = \frac{t_{on}}{T} \text{ az impulzus kitöltési tényezője,} \quad (2)$$

$$I_p = \frac{I_1}{n_1} + \frac{I_2}{n_2} \text{ a primer áramimpulzus értéke.}$$

Tekintsük az U_1 feszültségű kimenetet a szabályozóágnak vagyis biztosítsuk az $I_1 = \text{áll.}$ feltételt. Határozzuk meg az U_2 feszültségű kimenet (amely a tényleges kimeneteket modellezi) feszültségének megváltozását, ha a bemenőfeszültség (U_p) és a terhelő áram (I_2) megváltozik ΔU_p , ill. ΔI_2 értékkel. A feszültségmegváltozást a kimenőfeszültség-függvény teljes differenciáljából nyert hibafüggvénnyel határozhatjuk meg. A szabályozás miatt mind a bemenőfeszültség, mind a kimeneti áram megváltozása a kitöltési tényező megváltozását eredményezi, ezért ennek a hatását is figyelembe kell venni.

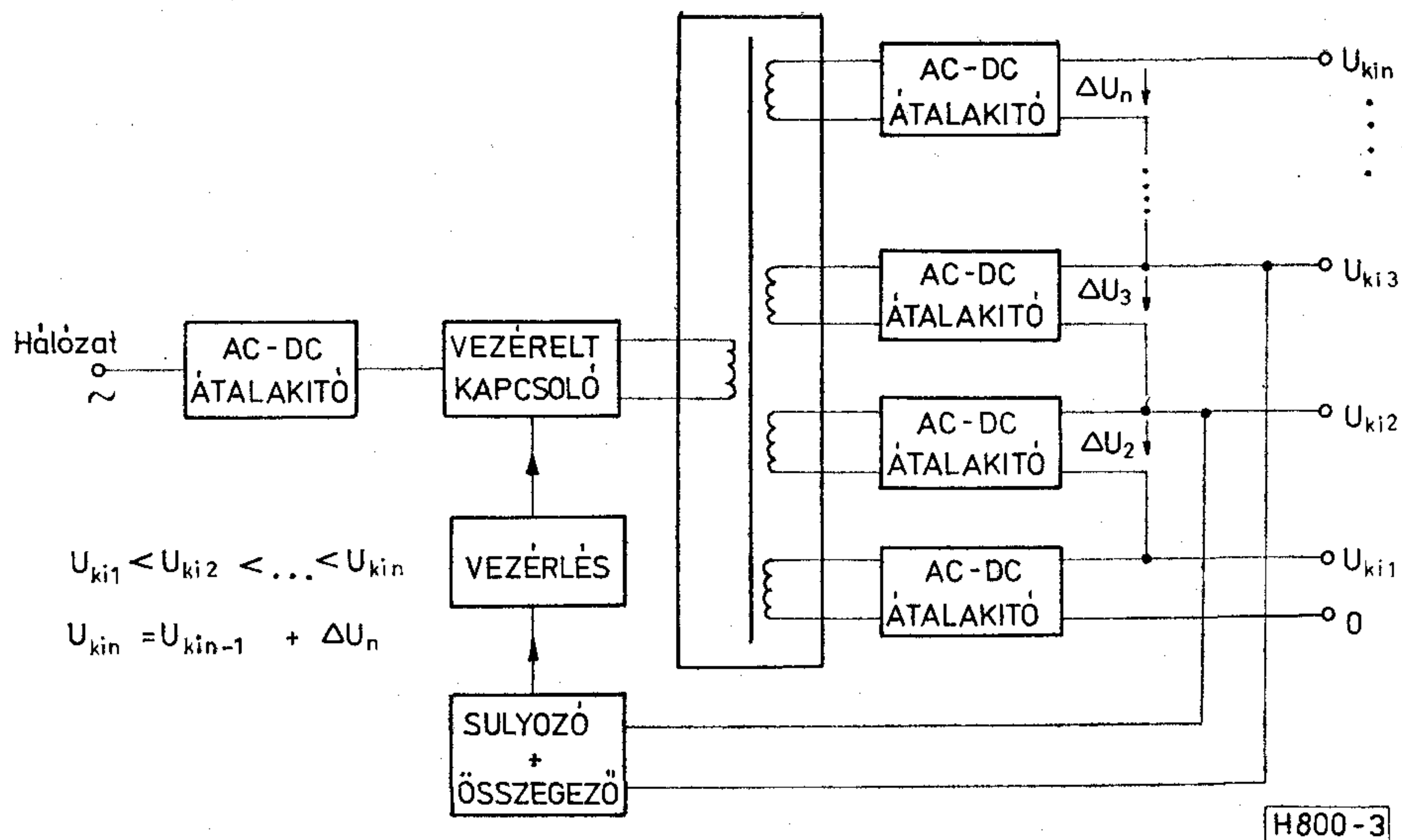
A hibafeszültség a fentiek alapján a következő:

$$\begin{aligned} \Delta U_2 &= \frac{\partial U_2}{\partial U_p} \cdot \Delta U_p + \frac{\partial U_2}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial U_p} \cdot \Delta U_p + \\ &+ \frac{\partial U_2}{\partial I_2} \cdot \Delta I_2 + \frac{\partial U_2}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial I_2} \cdot \Delta I_2. \end{aligned} \quad (3)$$

A számítások elvégzése után, amit nem részletezünk, a következő eredményt kapjuk:

$$U_2 = -R_2 \Delta I_2. \quad (4)$$

Vagyis egy állandó terhelésű kimenetre (szabályozóág) szabályozva, a bemenőfeszültség-változás hatása a többi kimeneten sem jelentkezik. Ugyanakkor a kimenetek terhelésváltozásra történő megváltozását is korrigálja kismértékben. A terhelés-



3. ábra.

változás hatásából adódó instabilitásnak azt a részét szabályozza ki, amely a primer oldali áram megváltozásából adódik. A kimenetek feszültségváltozása arányos saját kimenő áramuk megváltozásával. Az arányossági tényező a szekunderkör veszteségi ellenállása. A kedvezőbb stabilitási értékek érdekében törekedni kell a szekunder oldali veszteségek minimálisra csökkentésére. A kimenetek stabilitása elérheti a 10...30%-ot az átvitt teljesítménytől függően. Ezt a megoldást általában olcsó, közvetlen hálózati tápegységekben alkalmazzák, pl. tv-vevők tápegysége [1]. Előfordulhat, hogy a független kimenet — amelyikre a szabályozás történik — a vezérlés energiaellátását biztosítja.

Az egyik hasznos kimenetről történő visszacsatolás hatására (1. ábra C jelű visszacsatolás) a szabályozott kimenet feszültségére mind a bemenőfeszültség, mind a terhelésváltozás teljesen hatástalan.

A szabályozatlan kimenetek feszültségének megváltozását, hasonlóan mint az előbb, modellezhetjük az U_2 feszültségű kimenet feszültségének megváltozásával. Az eltérés az előbbihez képest az, hogy most a szabályozott kimenet árama is változik (I_1), ami szintén maga után vonja a kitöltési tényező megváltozását.

Ezek alapján a kimenőfeszültség megváltozása a következőképpen írható fel:

$$\Delta U_2 = \frac{\partial U_2}{\partial U_p} \Delta U_p + \frac{\partial U_2}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial U_p} \Delta U_p + \frac{\partial U_2}{\partial I_1} \Delta I_1 + \frac{\partial U_2}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial I_1} \Delta I_1 + \frac{\partial U_2}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial I_2} \Delta I_2 + \frac{\partial U_2}{\partial I_2} \Delta I_2. \quad (5)$$

A műveleteket elvégezve azt kapjuk, hogy:

$$\Delta U_2 = R_1 \frac{n_2}{n_1} \Delta I_1 - R_2 \Delta I_2, \quad (6)$$

vagyis a szabályozott kimenet terhelésváltozása a

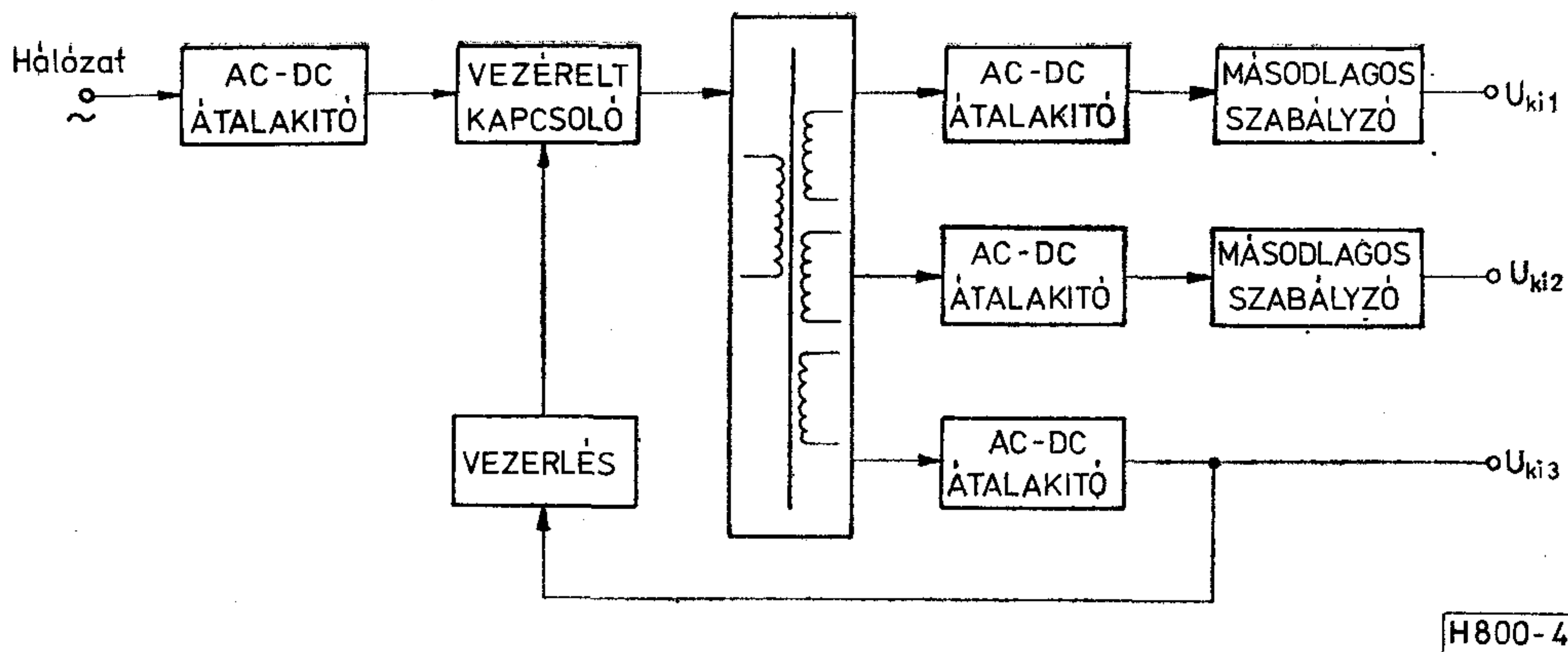
többi kimenet feszültségének jelentős megváltozását okozza. Emellett a szabályozatlan kimenet áramának változása miatt is változik a kimenőfeszültség. Nagy terhelésváltozás esetén ez elérheti az 50%-ot is. Nem túl nagy terhelésváltozás esetén a rendszerrel elérhető, hogy a szabályozatlan kimenetek stabilitása 10...30% legyen. A rendszer leginkább olyan felhasználási területre alkalmas, ahol egy nagy stabilitásigényű, nagy teljesítményű kimenet mellett kis teljesítményű és kis stabilitásigényű kimenetre is szükség van. Ilyen lehet pl. egy TTL logikával felépített rendszer kombinálva analóg áramkörökkel.

A (4) és (6) kifejezésekkel számított eredmények és a valóságos adatok között eltérésre kell számítanunk. Az eltérés egyrészt abból adódik, hogy az alkalmazott elemek nem lineárisak, így a veszteségi teljesítmények ellenállással történő helyettesítése csak jó közelítés lehet. Másrészt — és ez adja a jelentősebb eltérést — elhanyagoltuk a transzformátor szórt induktivitásainak hatását, ami miatt a számított értéknél rosszabb stabilitás érhető el. Ez okozza azt, hogy a bemenőfeszültség változásának hatására is változik a kimenőfeszültség.

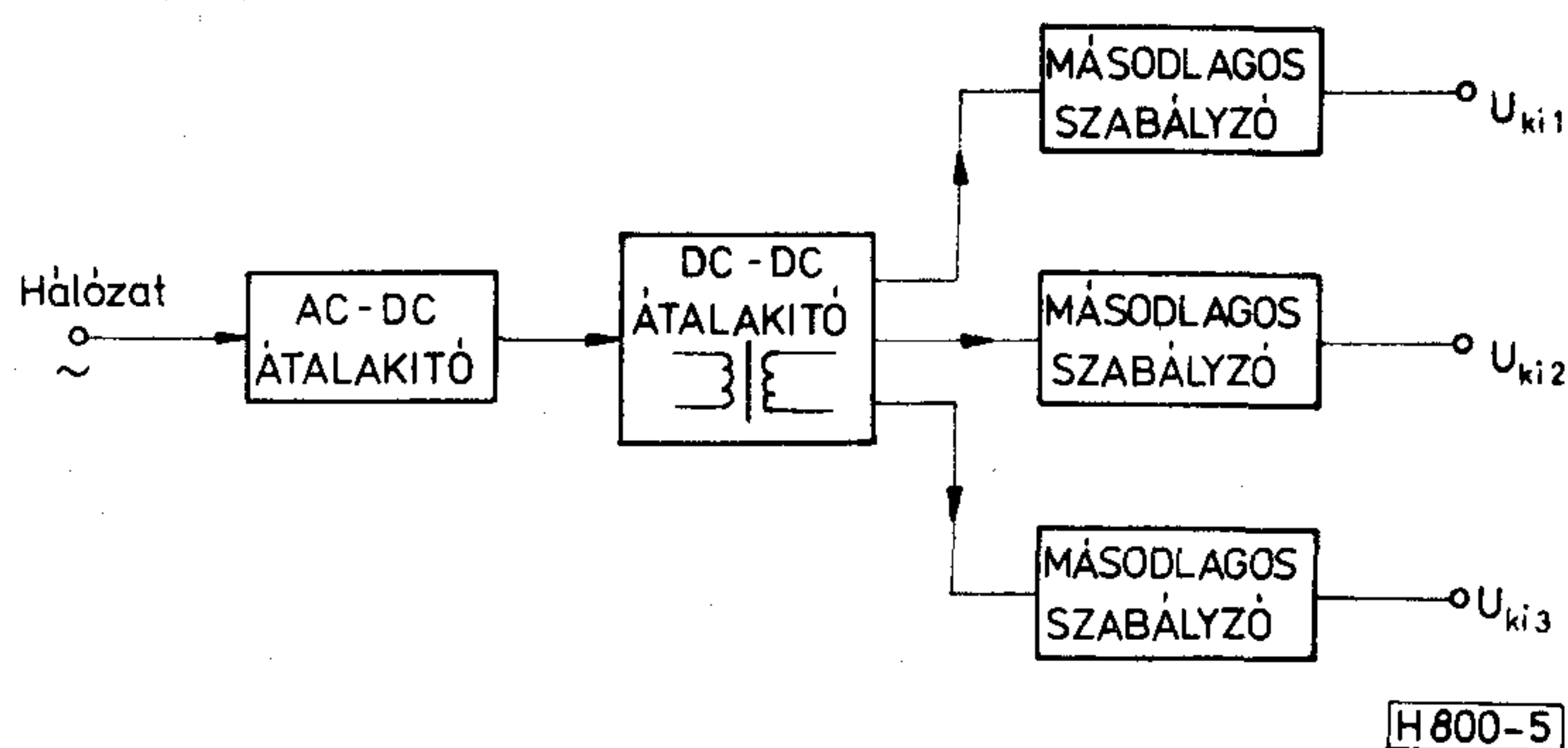
Kedvező stabilitás érhető el valamennyi kimeneten a 3. ábrán bemutatott rendszerrel, amelyet [2] ismertet részletesen. A különböző kimenőfeszültségeket „feszültséglépcsők” soros kapcsolásával állítjuk elő. A feszültséglépcsők értékét a szükséges kimenőfeszültségek különbsége adja. Minden egyes feszültséglépcsőt független tekercs és egyenirányító alkalmazásával állítunk elő.

A szabályozás nem egy kitüntetett kimenetre történik, így nincs nagy stabilitású kimenőfeszültség.

Két megfelelően kiválasztott kimenetről megfelelő súlyozás és összegzés után kapott jellel visszacsatolva érhető el, hogy valamennyi kimenet stabilitása 5—10 %-on belül legyen. A rendszer hátránya, hogy a kis feszültségű kimeneteken a nagyobb feszültségű kimenetek árama átfolyik, és ezért azokat túl kell méretezni. Előnye az egyszerű, olcsó felépítés melletti igen jó stabilitás valamennyi kimeneten.



4. ábra.



5. ábra.

Rendszerteknikai lehetőségek több szabályozókör alkalmazása esetén

Mint már említettük csak az a kimenet stabil, amit szabályozunk, ezért minden nagy stabilitásigényű kimenetre szabályozókört kell kialakítani. Erre több lehetőség van. Az egyik igen gyakori rendszer [3] tömb vázlata látható a 4. ábrán.

A közvetlen hálózati tápegység egyik kimenetére történik a szabályozás, és a többi kimenet stabilizálásához másodlagos szabályozókat alkalmazunk. A rendszert főképp olyan esetekben célszerű alkalmazni, amikor egy kimeneten nagy a teljesítményigény, míg a többi kimeneten jóval kisebb teljesítményt kell átalakítani. Ez utóbbi kimenetek feszültségátalakítása ugyanis a kétszeres átalakítás miatt lényegesen rosszabb hatásfokkal lehetséges. Amennyiben a nagy stabilitású kimenetek teljesítményigénye közel azonos, célszerű az 5. ábrán látható rendszert alkalmazni. Ez az előzőtől annyiban tér el, hogy nincs kitüntetett fő kör, hanem minden kimenetet másodlagos szabályozók stabilizálnak [4]. A hálózati DC-DC átalakítót is célszerű szabályozni, hogy a másodlagos szabályozók bemenőfeszültsége ne na-

gyon változzék. Ez kedvezően befolyásolja a másodlagos szabályozók hatásfokát. Kétszeri átalakítás miatt az összhatéfok eléggé kicsi ennél a rendszerenél, ezért kisebb teljesítményigények esetén célszerű alkalmazni.

Írásunkban nem törekedtünk teljességre, nem mutattunk be minden lehetséges rendszerteknikai megoldást, ez szinte lehetetlen volna. Célunk az volt, hogy az alaprendszerek bemutatásával felhívjuk a figyelmet a tápegység rendszerteknikai kiválasztásának fontosságára.

I R O D A L O M

- [1] G. V. Schaik: An introduction to switchedmode power supplies in tv receivers. MULLARD Technical Communications, July 1977 Vol. 14. N. 135
- [2] Girish G. Johari: Regelungsverbesserung für Chopper-Netzteil mit mehreren Stufenausgängen. Solid-State Power Conversion Conference, 1979. München
- [3] Dilip A. Amin—Thane Krieger: A Multiple-Output Switching Power Supply for Computer Applications. Hewlett-Packard Journal, July 1979
- [4] High Efficiency Switching Power Supplies. RO Catalog, 1979.

PCM-rendszerek alkalmazása a budapesti távbeszélő-hálózatban

A Magyar Posta az V. ötéves tervidőszakban a korábbi terveken túl további 35 000 budapesti távbeszélő előfizetői állomás létesítésére kapott költségfedezetet. A 35 000 új állomás létesítése nemcsak az új előfizetői állomások bekötését és a távbeszélőközpontok bővítését tette szükségessé, hanem a központok közötti átkérőhálózat forgalomátbocsátó képességének növelését is megkövetelte. A jelenlegi átkérőhálózatot alkotó sokérpáras kábelek jelentős része előregedett állapotban van, ezért átviteli tulajdonságaik és megbízhatóságuk egyaránt kifogásolható. A távbeszélő ellátás javítása során az állomások számának növekedésével a távbeszélőközpontok száma nő. Az új központok többnyire a centrumtól távol létesülnek, így a hosszabb átkérőkábelek nagyobb átviteli csillapítása a beszédminőséget rontó, esetenként az érthetőséget gátló körülményként jelentkezik.

Az elmondottakra való tekintettel a Magyar Posta vezetése úgy döntött, hogy a budapesti átkérőhálózat bővítését és rekonstrukcióját — figyelembe véve az igen korlátozott kábelépítési és szerelési kapacitást is — döntő mértékben impulzuskód-modulált (PCM) rendszerű átviteli berendezések üzembe helyezésével kell megvalósítani. A jelenlegi rendszerválaszték és a várható egységesítési törekvések figyelembevételével 480 csatornás mikrohullámú, valamint sokérpáras szimmetrikus kábeleken üzemeltethető 30 csatornás primer PCM-rendszerek alkalmazására került sor. E rendszerek alkalmazása révén a Magyar Posta nemzetközi viszonylatban is szinte egyedülállóan korszerű, magas műszaki színvonalú és remélhetően megbízható átkérőhálózathoz jutott Budapesten. E nagy jelentőségű hálózatfejlesztés koncepciójának kidolgozásában, a kiviteli tervek elkészítésében és a hálózat továbbfejlesztési elképzeléseinek meghatározásában igen fontos szerep jutott a Postai Tervező Intézetnek. A következőkben e tevékenység főbb lépéseit vázoljuk fel.

A tervezés első lépése a többletforgalom mértékének és eloszlásának meghatározása volt. A szükséges központkapacitás meglevő központok bővítésével, valamint 12 db egyenként 900 állomáskapacitású, konténerben elhelyezett mobilközpont telepítésével volt biztosítható. Ezt követően arról kellett dönteni, hogy a többletforgalom lebonyolítása a szóbjövő háromféle átviteli eljárás (hangfrekvenciás vezetékes, vezetékes PCM-rendszer, mikrohullámú PCM-rendszer) melyikével oldható meg. Az átviteli eljárás ki-

választásánál döntő kérdés volt a megvalósíthatóság időigénye, hiszen az új előfizetők bekapcsolása és a többletforgalom jelentkezése igen rövid idő alatt történt. Ezen túlmenően szem előtt kellett tartani a hálózat megbízhatóságának, valamint minőségének (legalább az átlagos egyenérték csillapításának) javítását, továbbá a takarékoskosságot. Igen lényeges kérdés volt a további bővítési lehetőség biztosítása, hiszen a következő időszakban a budapesti távbeszélőhálózat erőteljes fejlesztése nélkülözhetetlen.

Az igények és a lehetőségek összevetése után a hálózatban 111 új primer PCM-rendszer létesítését határoztuk el. E döntés eredményeképpen a budapesti központok közötti áramkörök 15%-a PCM-rendszerre került. Az így kialakított budapesti PCM-hálózat gerincét sugaras jellegű nyomvonalon létesített $(n+1) \times 480$ csatornakapacitású, tercier PCM multiplexerekkel ellátott mikrohullámú irányok alkotják ($n=1...7$, $+1$: automatikus átkapcsolású tartalékcsatorna). Ezek mellett a meglevő kábelhálózaton szövevényes rendszerben újabb vezetékes primer (30 csatornás) PCM-rendszerek létesültek. A két rendszer ilyen módon az üzembiztonság szempontjából kiegészíti egymást, bár a kialakítást elsősorban a forgalmi szempontok indokolták.

Az átviteli rendszer elemei közül a jelzésillesztőket (transzlátor), a primer PCM multiplexereket és a kábeles vonalillesztő berendezéseket a Telefongyár szállította. A magasabb digitális multiplexereket és a mikrohullámú berendezéseket a hazai ipar még nem gyártja, ezért külföldi ajánlat kérésére volt szükség. A számos beérkező válasz közül 4 ajánlat (SAT és Thomson-CSF, NEC, ITALTEL, Siemens) keltett komolyabb figyelmet. A döntésnél tekintettel kellett lenni arra is, hogy a tervezett áruvásárláshoz az ipar licencvásárlási szándékot is jelzett. A döntéshez a posta különböző intézményei szoros együttműködésben felelősségteljes műszaki-gazdasági elemzőmunkát végeztek. Ennek eredménye szerencsésen találkozott a kereskedelempolitikai megfontolásokkal és így módon a végső döntés a francia SAT cég multiplex és az ugyancsak francia Thomson-CSF cég mikrohullámú rendszere javára történt.

A PCM-rendszerek méretezésének alapja az elérendő hibaarány. Távbesező célú összeköttetések esetén megfelelő jel-zaj viszony és jelzéstévesztés gazdaságosan elérhető 10^{-6} hibaarányal. Ezt a legösszetettebb rendszer esetére osztottuk fel az átviteli kapacitásokkal súlyozott arányban, ezt követően az

egyes PCM-szakaszok méretezése elvégezhető volt. A hibaarány specifikálásánál és a különböző gyártmányok illesztésénél gondot okozott a különböző átviteli eszközök által okozott és eltűrt fázisingadozás (jitter).

A rendszereket a budapesti központok épületlehetőségeinek és a városi jellegnek megfelelően kellett telepíteni. Ezzel kapcsolatban számos, az eddigi tervezési gyakorlatban szokatlan tennivaló merült fel. A mikrohullámú rendszerhez szükséges antennatornyoknál problémát jelentett a tornyok megfelelő, városképbe illeszkedő kialakítása és a meglevő épületeken a rögzítése. Természetesen a mikrohullámú összeköttetések nyomvonalát építéskorlátozás kiírásával kellett biztosítani. A mikrohullámú szakaszok méretezésénél kedvezőtlen körülmény az, hogy a hálózat csillagelrendezése miatt minden összeköttetésben két mikrohullámú szakasz vesz részt és az egyes irányok között csekély az irányeltérés. A választott SAT multiplex berendezés a primer-szekunder és szekunder-tercier multiplexálást és sebességkiegyenlítést a szekunder nyaláb kivezetése nélkül, egyszerűsített módon végzi, ily módon a multiplexer — a kiépítéstől függően — primer-tercier, vagy szekunder-tercier átalakításra használható. A berendezés pozitív sebességkiegyenlítéssel működik. A gyártó az ajánlott berendezésen kívánságunkra bizonyos változtatásokat hajtott végre (sebesség, primeroldali impedancia, állványmagasság, riasztórendszer). A primer multiplex berendezésen is módosítások váltak szükségessé (2 Mbit/s-os kód és impedancia, riasztási rendszer). Ezeket a változtatásokat a szállító Telefongyárral szoros együttműködésben hajtottuk végre. Az egyes, különböző rendszerű központok közötti jelzésillesztő berendezések gyártásához az iparnak még fejlesztési munkát is kellett végeznie. A berendezések táplálása a meglevő áramellátó rendszerekről a tartalékidő rovására történik. A vezetékes PCM-rendszerek alapáramköréül szolgáló kábelek rendbehozatala nagy munkát jelentett. A továbbiakban a kábelek megfelelő állapotáról a túlnyomósos védelmi és riasztóberendezés felszerelésével gondoskodni lehet.

A Posta elképzelései szerint a budapesti távbeszélőhálózatban 1995-ig lényeges minőségi átalakulás történik. A tervek szerint 33 főközpont fog üzemelni egységes kiterjedésű előfizetői tápterülettel. A jelenlegi egysíkú irányítást kétsíkú rendszer váltja fel, alkalmazásra kerülnek a tandemközpontok. A leg-

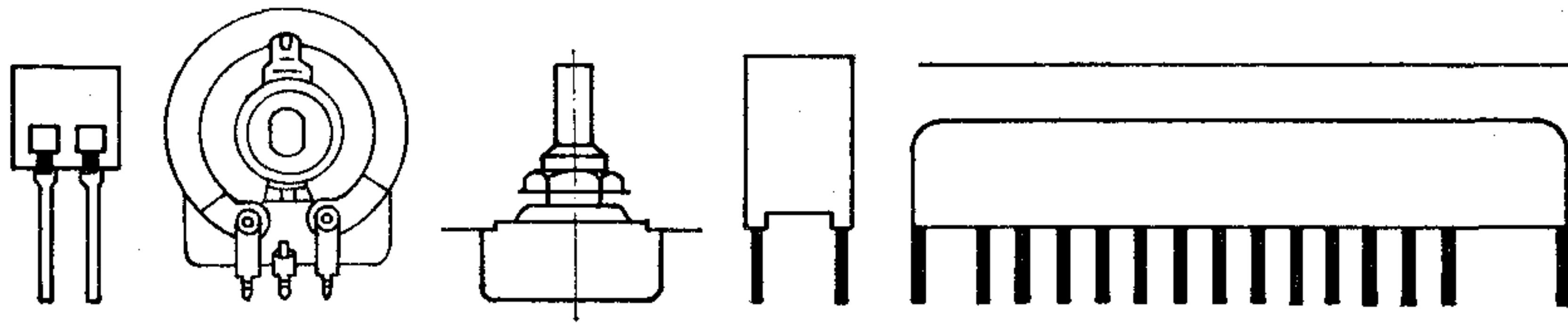
nagyobb forgalmú irányokon továbbra is marad közvetlen nyaláb, de a kétsíkú irányítás lehetővé teszi a kerülőutas forgalomirányítást is. Ez a hálózat használhatóságát jelentős mértékben javítani fogja. A kétsíkú rendszerhez és a magasabb követelmények teljesítéséhez módosított csillapításkiosztás szükséges. Egyértelműen mutatkozott, hogy a gazdasági optimumhoz a tandemközpontok közötti áramköröket az elérhető legkisebb csillapítással érdemes realizálni. Ez kategorikusan PCM-rendszerek alkalmazását kívánja. A hálózat fejlesztésének észszerű elvégzéséhez az előzőekben tárgyalt koncepció kidolgozása után a Postai Tervező Intézet az elmúlt évben elkészítette az átkérőhálózat 1995-ig terjedő hosszútávú fejlesztési tervét. Az üzembiztonság szempontjait is figyelembe véve körgyűrű jellegű gerinchálózat kialakítása mellett döntöttünk. E körgyűrű a hálózat legnagyobb forgalmú csomópontjait, a tandemközpontokat fűzi fel. E hálózatkonfiguráció mellett természetesen a most üzembe kerülő mikrohullámú rendszer is megmaradna, továbbá számos viszonylatban vezetékes PCM-rendszer üzemelne. Az említett körgyűrű szükséges kapacitása 10... 20×480 csatorna. A Postai Tervező Intézetben kialakult vélemény szerint erre a célra optikai átviteli eszközök alkalmazása célszerű.

Az előzőekben vázolt fejlesztést az alábbi kisegítő rendszerek és tevékenységek egészítik ki:

- Mobil mikro és PCM multiplex rendszer létesítése (konténerben kialakított mozgó állomás 480 csatorna kapacitással);
- Centralizált felügyeleti és fenntartási rendszer (átfogó rendszernyilvántartás, központi riasztáskijelzés stb.) létrehozásának megindítása;
- Tartalékolási terv készítése (várható meghibásodások esetére pótlási stratégia).

E nagy jelentőségű beruházás megtervezése a Postai Tervező Intézet számára igen komoly feladatot jelentett. A munkában az intézet valamennyi részlege részt vett, de a legnagyobb feladat az átviteltechnikai osztály munkatársaiból létrejött csoportra hárult. E csoport tagjai pályakezdő, fiatal mérnökök, akik a feladat sikeres megoldása során komplex, hálózatszempléletű tervezési módszert tudtak a gyakorlatban is megvalósítani.

Perlaki György
Postai Tervező Intézet



MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

50
REMIX

1932-1982

C234x Polipropilén kondenzátor (PP)

SIEMENS licenc

Ajánlott felhasználás

Átviteltechnikai berendezésekbe, valamint egyéb berendezések rezgő- és szűrőköréibe.

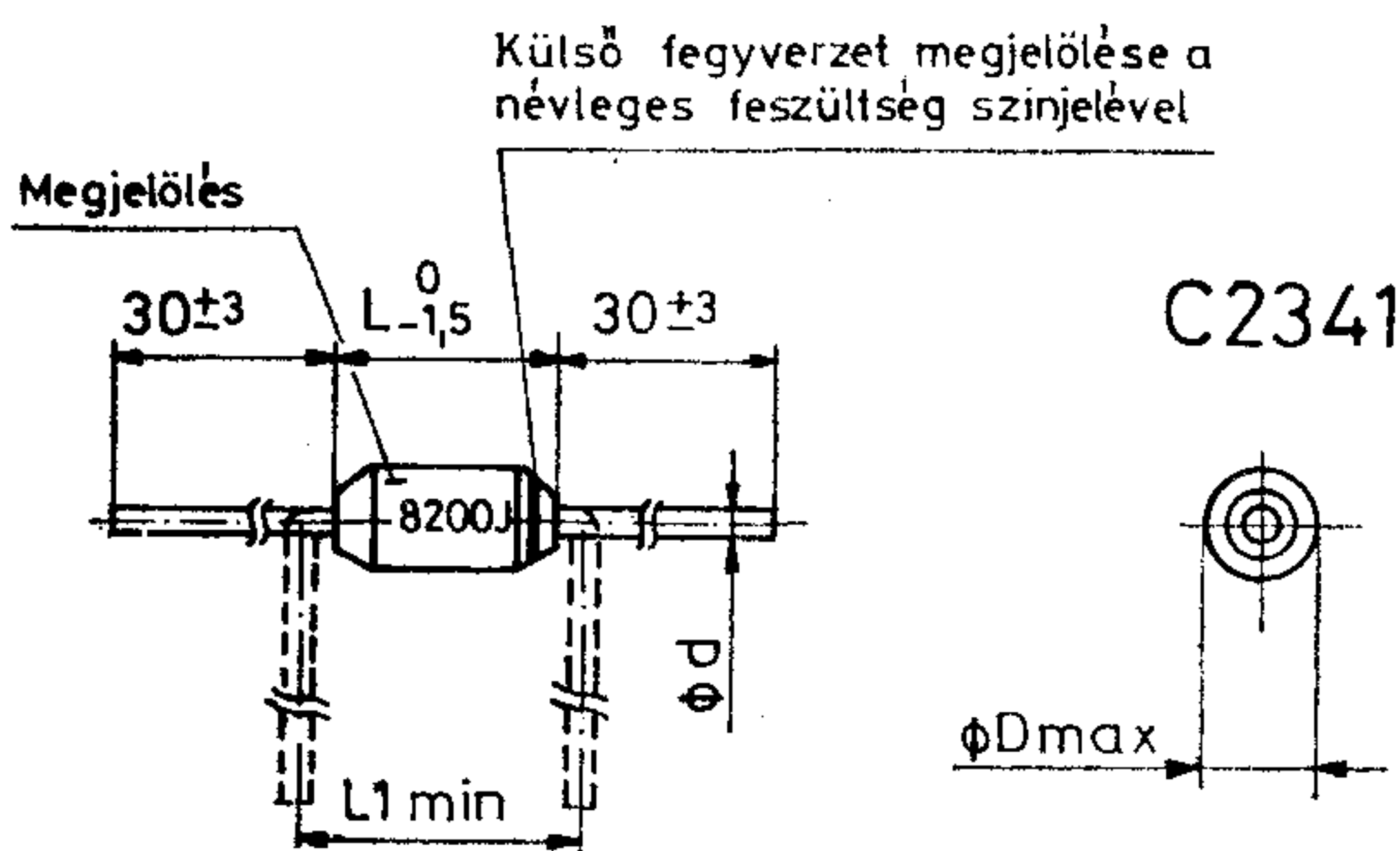
E kondenzátortípusunkat ajánljuk a C210 és C242x nem perspektivikus poliészter kondenzátorok helyettesítésére is.

Szerkezeti felépítés

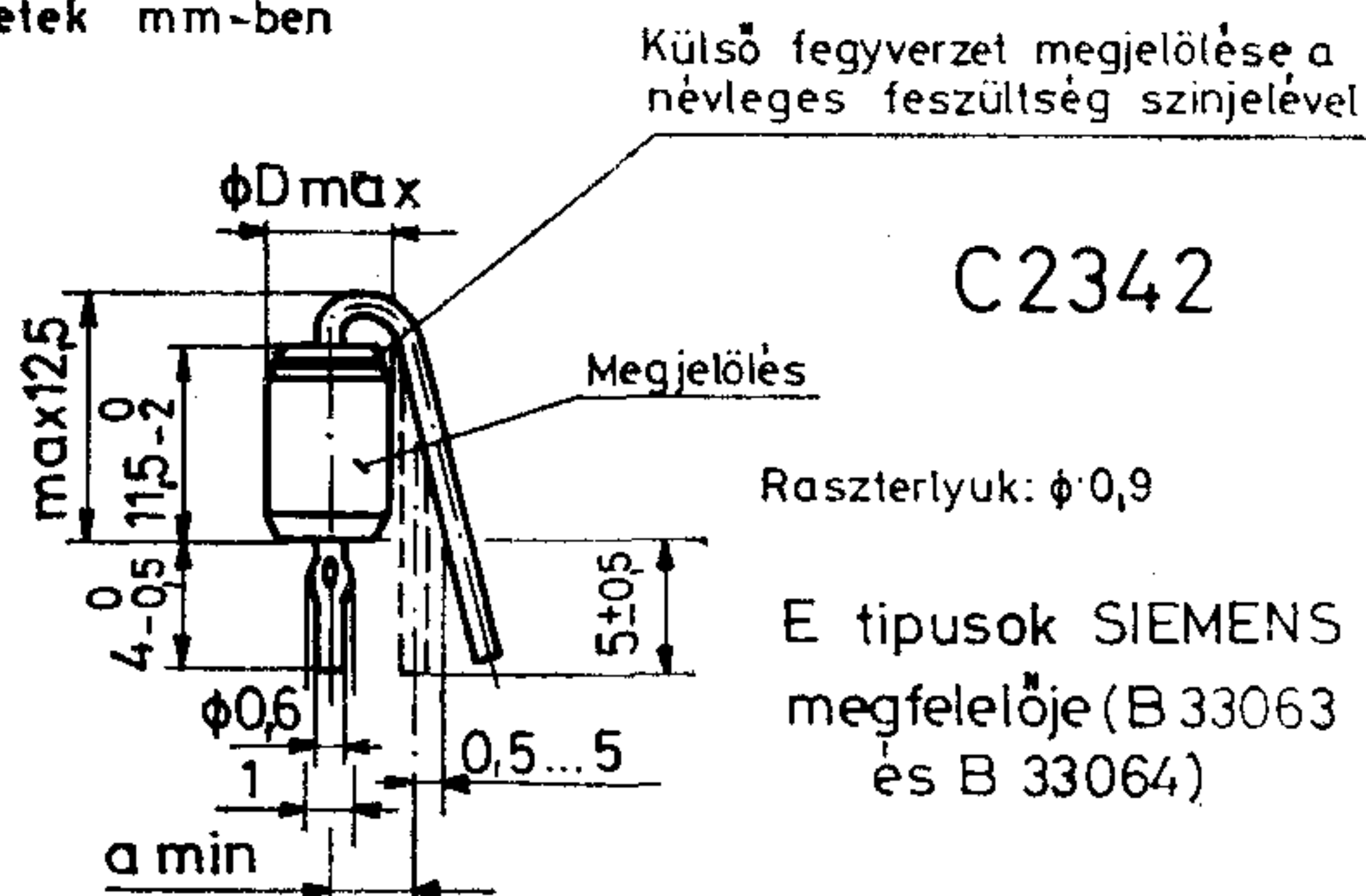
DIELEKTRIKUM polipropilén (PP) fólia
FEGYVERZET alumínium fólia
BURKOLAT önmagába zsugorított dielektrikum
KIVEZETŐK ónozott réz-, illetve bronzhuzalok

C2341

Névleges kapacitás [pF]	Névleges feszültség [V]							
	160				630			
	Szinjel							
	vörös				fekete			
	Feszültségvizsgálat [V]							
	400				1600			
	Méretek [mm]							
	ϕD_{max}^*	$L_{-1,5}^0$	L_{1min}	ϕd	ϕD_{max}^*	$L_{-1,5}^0$	L_{1min}	ϕd
2 ...					4,0	11,5	15	0,6
...47					4,5			
>47...					4,5	11,5	15	0,6
...330					4,5			
>330 ... 1000	4,5	11,5	15	0,6	6,0	16,5	20	0,8
>1000 ...1500					6,9			
>1500 ...2200	5,0				7,9			
>2200 ...3300	5,7				7,6			
>3300 ... 7500	7,8				10,4			
>7500 ...8200	8,1				9,6			
>8200 ...10000	8,7	16,5	20	0,8	10,4	21,5	25	
>10000 ...15000					12,3			
>15000 ...22000	8,0				14,5			
>22000 ...27000	10,2							
>27000 ...33000	10,0	21,5	25	0,8				
>33000 ... 47000	11,7							
>47000 ... 82000	15,0							



Méretek mm-ben



C2342

Névleges kapacitás [pF]	Névleges feszültség [V]			
	160		630	
	Szinjel			
	vörös		fekete	
	Feszültségvizsgálat [V]			
	400		1600	
	Méretek [mm]			
	$\phi D_{\max}^*$	a _{min}	$\phi D_{\max}^*$	a _{min}
2 47			4,0	2,5
>47... ...330			4,5	2,8
>330 ... 1000	4,5	2,8	6,0	3,5
>1000 ... 1500			6,9	4,0
>1500 ... 2200	5,0	3,0	7,9	4,5
>2200 ... 3300	5,7	3,3		
>3300 ... 7500	7,8	4,4		
>7500 ... 8200	8,1	4,6		
>8200 ... 10000	8,7	4,9		

* A táblázatokban megadott méretek a legnagyobb kapacitásokra vonatkoznak. A kisebb kapacitások ϕD_{max} méretei interpolálhatók.



Csak külön kívánságra

Villamos jellemzők

NÉVLEGES KAPACITÁS

(C)	táblázatok szerint
KAPACITÁSSOR	E24
KAPACITÁSTŰRÉS	± 5% (J)
	± 2,5% (H)
	± 1% (F)
	min. ± 1 pF (F)

Valamennyi tűrés esetén
C210 és C242x helyettesítése
esetén

± 10% (K)

NÉVLEGES FESZÜLTSEG

(U_n) + 85 °C-ig	táblázatok szerint
----------------------	--------------------

HATÁRFESZÜLTSEG

(U_h) + 85 °C-ig	U_n
----------------------	-------

VÁLTAKOZÓ FESZÜLTSEG

(U_{eff}) + 85 °C-ig	$U_{eff} = 65$ V
$U_n = 160$ V ₋	$U_{eff} = 210$ V
$U_n = 630$ V ₋	

FESZÜLTSEGVIZSGÁLAT

+ 20 °C, 2 s	táblázatok szerint
--------------	--------------------

Veszteségi tényező (tg δ)

+ 23 °C-on, max 50% relatív légnedvességnél

f [Hz]	Kapacitás [pF]				
	≤ 100	1000	4700	22000	82000
	x 10 ⁻³				
1 k	0,1	0,2	0,3	0,5	
10 k	0,2	0,3	0,4	0,6	
100 k	0,3	0,4	0,5		
1 M	0,4	0,6			

HŐMÉRSÉKLETI TÉNYEZŐ

(TK_c) - 25 °C... + 85 °C

$C_n \geq 100$ pF	-(100... 300) · 10 ⁻⁶ /K
-------------------	--

Nagyfrekvenciás áram (I_{eff})

+ 40 °C-ig

L [mm]	11,5	16,5	21,5
I_{eff} [A]	1,0	1,2	1,5

+ 50 °C-on	0,9 · I_{eff}
+ 60 °C-on	0,8 · I_{eff}
+ 70 °C-on	0,7 · I_{eff}
+ 85 °C-on	0,4 · I_{eff}

SZIGETELÉSI ELLENÁLLÁS

(R_{sz}) + 20 °C-on

98%	min. 100 GΩ
2%	min. 10 GΩ

KAPACITÁS INSTABILITÁS

A raktározásnál előírt körülmények esetén

időtartam	100 000 h
igénybevétel	HPE klíma
$C \geq 100$ pF, dC/C	max. ± (0,3% + 0,4 pF)

INDUKTIVITÁS

kb. 10 nH/cm kondenzátorhossz

Környezetállóság

ÜZEMI HŐMÉRSÉKLET

- 25 °C... + 85 °C

FELHASZNÁLÁSI OSZTÁLY

DIN 40 040 szerint	HPE
nedvesítési osztály	E
relatív légnedvesség éves átlag	max. 75%
évente 30 napig	max. 95%
egyébként	max. 85%

ritka és enyhe páralecsapódás megengedett
(pl. szabadban telepített berendezések rövid idejű felnyitása során)

KULCSSZÁM

25/085/04

TARTÓS NEDVES MELEG

napok száma	4
dC/C	max. ± (0,75% + 0,5 pF)
	1,4 · táblázati érték

tg δ

R_{sz}

98%

2%

C210 és C242x helyettesítése
esetén

napok száma

akkor

dC/C

dtg δ (1 kHz)

R_{sz}

min. 50 GΩ

min. 10 GΩ

21

max. ± 5%

max. 2 · 10⁻³

min. 15 GΩ

Raktározás

hőmérséklet

+ 5 °C... + 30 °C

relatív légnedvesség

éves átlagban

max. 75%

max. 30 napig

max. 95%

egyébként

max. 85%

légnedvességi együttható

+ (40...100) · 10⁻⁶/%

Ezen alkatrészünket az ELEKTROMODUL forgalmazza. Megkeresésükre küldünk katalógust, kereskedelmi főosztályunk (telefon: 573-033) várja érdeklődésüket és készséggel áll rendelkezésükre.

REMIX®



Rádiótechnikai Vállalat Budapest, X. Pataki tér 20.



HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET

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

Követelmények az adat-grafikus kijelző eszközök képcsöveivel szemben

Egy átlagos kijelző (display) kapacitása 2000 karakter, ami azt jelenti, hogy — egy karaktert 126 képelemmel számolva — összesen 250 000 megkülönböztethető képponttal kell rendelkezzen.

A raster-kijelzők úgy, mint a tv-készülékek vízszintes-függőleges eltérítéssel dolgoznak és a legkisebb bontható képelemet az elektronsugár átmérője határozza meg.

A megjelenített adatmennyiség szempontjából a kijelzőket három csoportba osztjuk fel:

BASIC DISPLAY

- 40 karakter per sor;
- 1000 karakter per képernyő;
- vízszintes irány a képernyő hosszanti oldalával párhuzamos;
- alkalmazás: teletext, viewdata, home computer stb.;
- képcsőméret: 9 és 12 inch (23 és 31 cm).

HALF — PAGE DISPLAY

- 80 karakter per sor;
- 2000 karakter per képernyő;
- vízszintes irány a képernyő hosszanti oldalával párhuzamos;
- alkalmazás: home computerek, adminisztratív felhasználások stb.;
- képcsőméret: 12 és 15 inch (31 és 38 cm).

FULL — PAGE DISPLAY

- legalább 5000 karakter per képernyő;
- vízszintes irány a képernyő rövidebb oldalával párhuzamosan;
- alkalmazás: elsősorban írásszerkesztésben;
- képcsőméret: 20 és 26 inch (51 és 66 cm).

A kijelzőt legtöbb esetben egy személy nézi kb. 0,4 m távolságból, ami meghatározza a karakterek méretét. A képcsőméret szükségszerűen a kijelzett karakterek számától függ.

Karaktermátrix és karaktercella

Raster-kijelzőkben minden karaktert egy pontmátrix alkot. Általában 5×7 -es de legújabbban 7×9 -es pontmátrixot alkalmaznak, mivel az jobb olvashatóságot biztosít. A két szomszédos karakter közti szünetek is az olvashatóság szempontjából szükségesek. Egyéb írásjelekhez, kisbetűkhöz, nem latin betűk megjelenítéséhez az alsó részen két-három sor kell rendelkezésre álljon.

A karaktermátrixot egy nagyobb karaktercellában helyezik el, hogy lehetőség legyen további bővítésre. Például a Teletext rendszerben 5×7 -es karaktermátrix egy 6×10 -es karaktercellában van. Egy modernebb, 80 karakter per soros kijelzőben a 7×9 -es egy 9×14 -es cellában van.

Grafikus kijelzők

Kétfajta grafikus kijelzési mód van, az úgynevezett „karaktergrafika” és a „pontgrafika”. A karaktergrafikánál a karaktercellát kisebb cellákra (pl. a Teletextnél 6 db) osztják fel, melyeknek a kombinációi megjeleníthetők. A pont grafikával egy sokkal gazdagabb ábrázolási lehetőség nyílik, csak ennek a kezelése, tárolása jóval bonyolultabb.

A hasznos képernyőfelület

Az átlagos tv-kép szélei nem láthatók, ami egy adatkijelzőnél természetesen nem engedhető meg. Ezért az adatkijelző számára kijelölt terület kisebb, mint a képernyő hasznos felülete. Kijelölt szabályok ugyan nincsenek, de általában a hasznos felület átlójának (S) 90%-a a kijelölt terület átlója. Ilyen módon a vízszintes méret:

$$H = 0,95 \times 4/5 = 0,72S,$$

a függőleges méret

$$V = 0,95 \times 3/5 = 0,54S.$$

FREKVENCIÁK ÉS IDŐVISZONYOK

A raster

A sorszámot (N) a sor (f_H)- és képfrekvencia (f_v) aránya határozza meg. Sorváltós rendszerben $f_H/f_v = N/2$, nem sorváltósban $f_H/f_v = N$. Az eltérítési

frekvenciák megválasztása ellentmondó követelményeket támaszt. A sáv szélesség és a rendszer sebességének a minimalizálása megkívánja, hogy a lehető legkisebb sorsfrekvenciát válasszuk az adott sorsszám eléréséhez és a képfrekvencia alsó határa az a tartomány, ahol a kép villogásérzetet kelt. Ha növeljük a képfrekvenciát a hálózati frekvencia fölé, az sok nehézséget eredményez (brumm, mágneses szórások stb.). A jelen irányzatban a képfrekvencia 100 Hz-hez közeledik. Mint ismeretes az adott sorsszámhoz adott sáv szélességen belül sorváltós rendszer szükséges. Az ilyen rendszerű adatkijelző nézésekor vibrálást tapasztalhatunk. Ennek elkerülésére hosszú utánvilágítású képcső alkalmazható, ami azonban a felbontás romlását eredményezi.

Eltérítési időviszonyok

Az eltérítő áramkörök lényeges paramétere a visszafutási faktor (p)

$$p = \tau_f / T,$$

ahol: τ_f a visszafutási idő, T a periódusidő. Tipikus értékei soreltérítésnél $p_h = 0,16$ és képeltezésnél $p_v = 0,04$. A kioltási viszony q , a kioltási idő τ_b és a periódusidő T , aránya:

$$q = \tau_b / T.$$

Mivel a raszter felülete nagyobb, mint a kijelző terület, a visszafutási időn belüli linearitás-hibák (az ernyő bal és jobb szélén) kevesebb problémát okoznak, mivel a kioltási idő hosszabb, mint a visszafutási idő. A hasznos információ ideje τ_w :

$$\tau_w = T(1 - q).$$

Sáv szélesség és órafrekvencia

A következő egyenletekben az alábbi jelölések szerepelnek:

m_h = egy karaktercellában levő képelemek száma vízszintesen;

m_v = egy karaktercellában levő képelemek száma függőlegesen;

C_h = egy sorban levő karakterek száma;

C_v = oldalankénti sorok száma.

A letapogatott sorok száma (n_v) a következő:

$$n_v = m_v C_v = N(1 - q_v),$$

ahol: N teljes sorsszám a raszteren, ebből

$$N = \frac{m_v C_v}{1 - q_v}.$$

N -et beírva az $f_h = N f_v$ összefüggésbe, adódik:

$$f_h = \frac{m_v C_v \cdot f_v}{1 - q_v}.$$

Egy karakter ideje:

$$\tau_{wh} = \tau m_h C_h,$$

ahol: τ egy képelem időtartama. Mivel $\tau_{wh} = T_h(1 - q_h)$ és $T_h = 1/f_h$:

$$\tau = \frac{1 - q_h}{f_h m_h C_h}.$$

Habár kívánatos lenne, hogy a képelem megvilágításához szükséges impulzus felfutási ideje a lehető legkisebb legyen, a tapasztalat azt mutatja, hogy elfogadható eredményt ad az, ha a felfutási idő (τ_r) egyharmada az impulzus idejének (τ). Így:

$$\tau_r = \frac{\tau}{3} = \frac{1 - q_h}{3 f_h m_h C_h}.$$

A sáv szélesség (3 dB) (B_3) és a felfutási idő közti összefüggés ismeretében:

$$B_3 \cong \frac{1}{3 \tau_r} = \frac{f_h m_h C_h}{1 - q_h}.$$

Az órafrekvencia logikusan $1/\tau$.

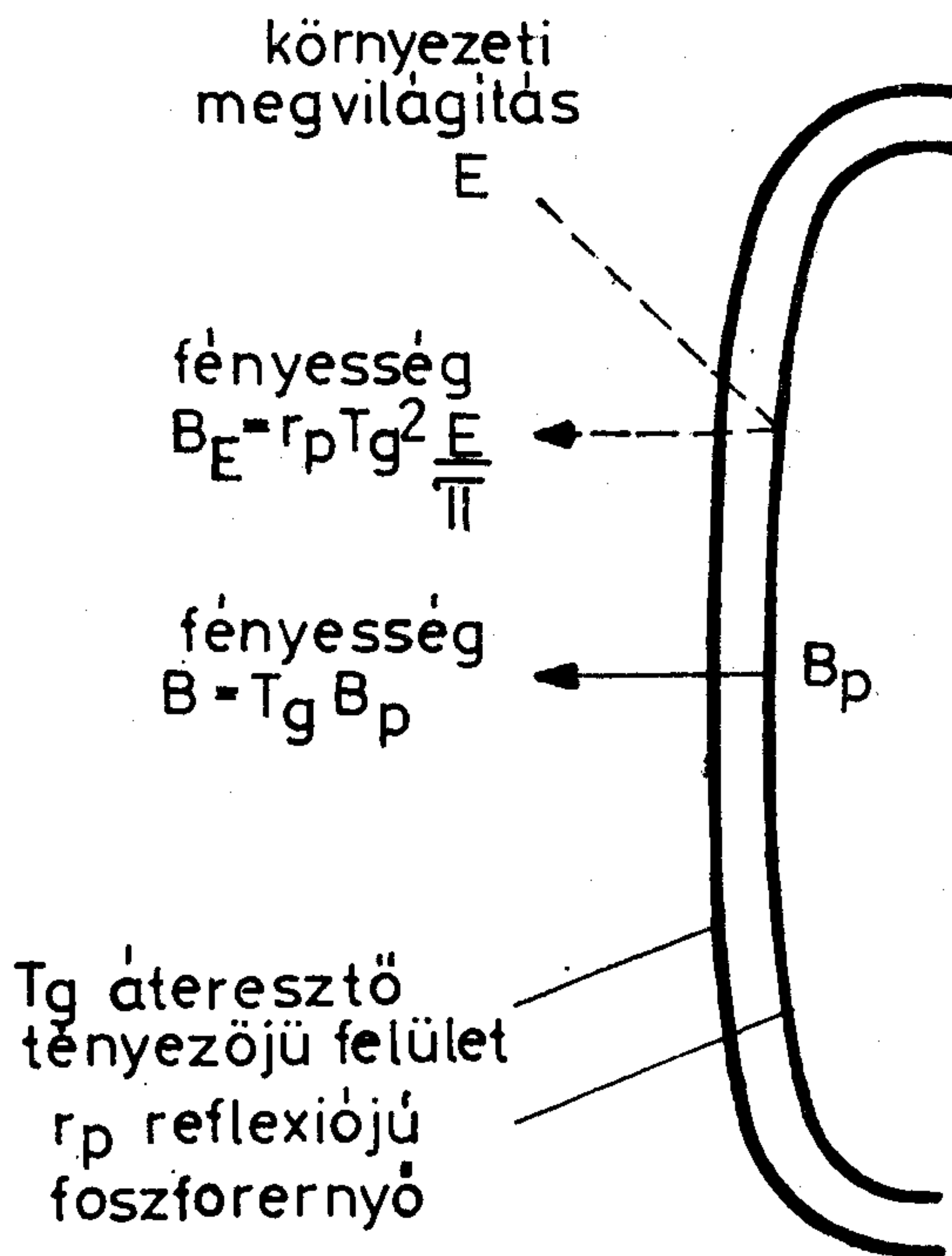
Kontraszt, fénykibocsátás, sugáráram

Ha a szobában, ahol a kijelző üzemel, a megvilágítás E lux és a kijelző környezetében levő felületek visszaverődési tényezője r_s , akkor ezen felületek fényessége (candella/m^2)

$$B_s = r_s E / \pi.$$

Hasonló a helyzet a képcsőnél is, amikor a foszfor nincs megvilágítva és környező fény verődik vissza róla r_p reflexiós tényezővel. Továbbá, hogy eljusson a foszforhoz a fény, át kell haladjon az üvegfelületen, majd visszaverődve a foszforról ismét (1. ábra). Ezért a foszfor ernyő fényessége a külső megvilágítás (E) miatt a következő: (T_g az üveg áteresztési tényezője)

$$B_E = r_p T_g^2 E / \pi.$$



1. ábra. Környezeti megvilágítás, ernyőfényesség, kontraszt

Sötét helyiségben, ahol külső fény nincs és az ernyőn levő foszfort az elektronsugár gerjeszti, amely foszfor B_p fényességet bocsájt ki áthaladva az üvegfelületen, a felületi fényesség:

$$B = T_g B_p.$$

Külső megvilágítás nélkül a képcső kontrasztja (C) nagy értékű (kb. 100). Ha figyelembe vesszük a környezeti fényt, a kontraszt lecsökken a következőképpen:

$$C = \frac{B + B_E}{B_E} = 1 + \frac{B}{B_E} = 1 + \frac{B}{r_p T_g^2 E}. \quad (2)$$

Az egyenlet a képcső működésének lényeges vonására mutat rá. A kontraszt (C) javításához a B/E hányadost kell növelni azáltal, hogy növeljük B -t, vagy csökkentjük E -t, vagy elvégezzük mindkettőt. A kontrasztot növelhetjük T_g csökkentésével is. Mivel B függ T_g -tól, a teljes hatás közelítőleg $1/T_g$ -vel arányos. Egy másik út az ernyő reflexiójának (r_p) csökkentése. Erre példa a pigmentált foszforok vagy a fekete mátrix alkalmazása. A kijelzővel dolgozó munkahelyén a megvilágítás egyenletes kell legyen, hogy a szembe ne juthassanak a különböző tárgyakról visszavert fények. Ez azt jelenti, hogy a kijelző fényereje kb. egyenlő kell legyen a környezetből származó (B_s) fényességgel, azaz $B = B_s$.

A 2. egyenlőségbe beírva π/E -t az 1. összefüggésből, adódik:

$$C = 1 + \frac{r_s B}{r_p T_g^2 B_s}.$$

10-es kontraszthoz, ami egy jó érték és $B/B_s = 1$ -nél:

$$T_g = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{r_s}{r_p}}.$$

A gyakorlatban az ernyőfoszfor reflexiós tényező kb. 0,8 és a környező felületeké (r_s) kb. 0,6. Így a $T_g = 0,289$ -nek adódik. Ezek a példák is bizonyítják, hogy egy háromrétegű cső $T_g = 0,28$ -cal alkalmasabb kijelző céljára, mint egy egyrétegű cső $T_g = 0,5$ -es értékkel, különösen akkor, ha a környezeti megvilágítás meglehetősen nagy.

Ha mondjuk a környezeti megvilágítás 500 lux, a háromrétegű csőnél az optimális kontraszthoz 96 cd/m² (NIT), míg az egyrétegűnél 164 cd/m² (NIT) felületi fényesség tartozik.

Világosan látszik a háromrétegű cső előnye, hiszen a kisebb felületi fényességhez kisebb sugáráram (ernyőáram) tartozik, azaz csökken a teljesítményigény és nem utolsósorban csökkenhet a képcsövet meghajtó videofeszültség is, ami a sáv szélességnél jelent előnyöket.

Felbontás és méret

Sor- és pontfelbontás

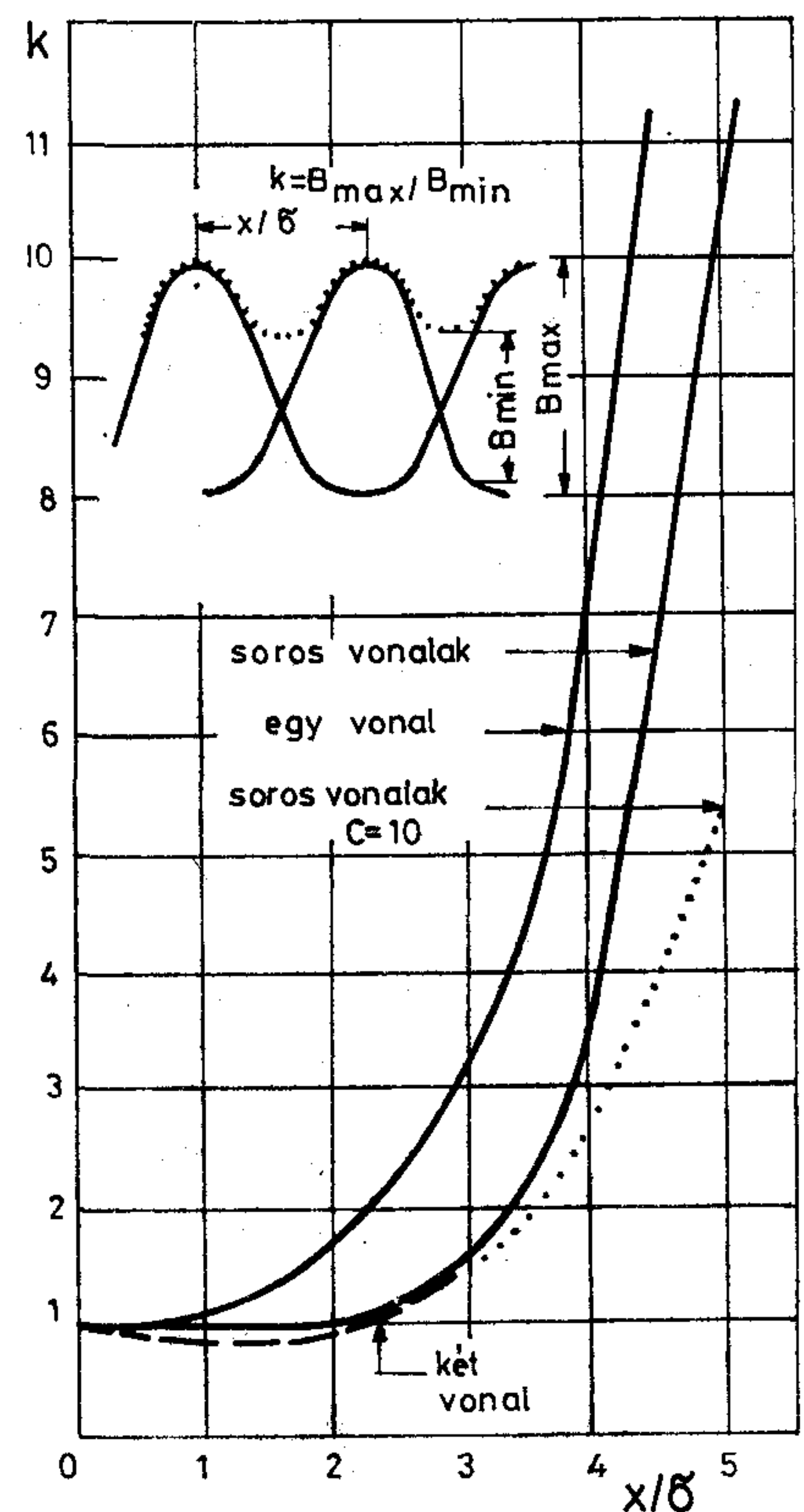
A katódsugárcső egy pontjának fényintenzitás-eloszlása közelítőleg Gauss-eloszlást mutat. A pont hatá-

rai ezért nem határozhatók meg tisztán, de megállapodásszerűen annak átmérőjét (d) az eloszlás szórásának kétszeresével (2σ) adják meg. Ez megfelel a maximum 60%-nak megfelelő pontoknak és megkapható a „raszteregybeolvadás” felbontást becslő módszerével, amelyben a felbontás azon vízszintes soroknak megfelelő vonalak száma, amelynél a vonalak egybeolvadnak. Ha a pontokat együtt vizsgáljuk egy letapogatási vonal mentén, azok fényesség-eloszlása Gauss-jelleget mutat a vonal irányában.

A kontraszt a rasztervonalak fényerőcsúcsa és a vonalak közötti „sötétség csúcsok” között az úgynevezett kisfelületű kontraszt k

$$k = \frac{B_{\max}}{B_{\min}}$$

A kontraszt (k) és a vonalak közti szétválasztást mutatja a 2. ábra, ahol x a vonalak közti távolság és x/σ a normálizált távolság. Az esetben, amikor $x/\sigma = 2$ (raszteregybeolvadási feltételek), $k = 1,03$, ami azt jelenti, hogy a szem éppen kezdi szétválasztani a vonalakat.

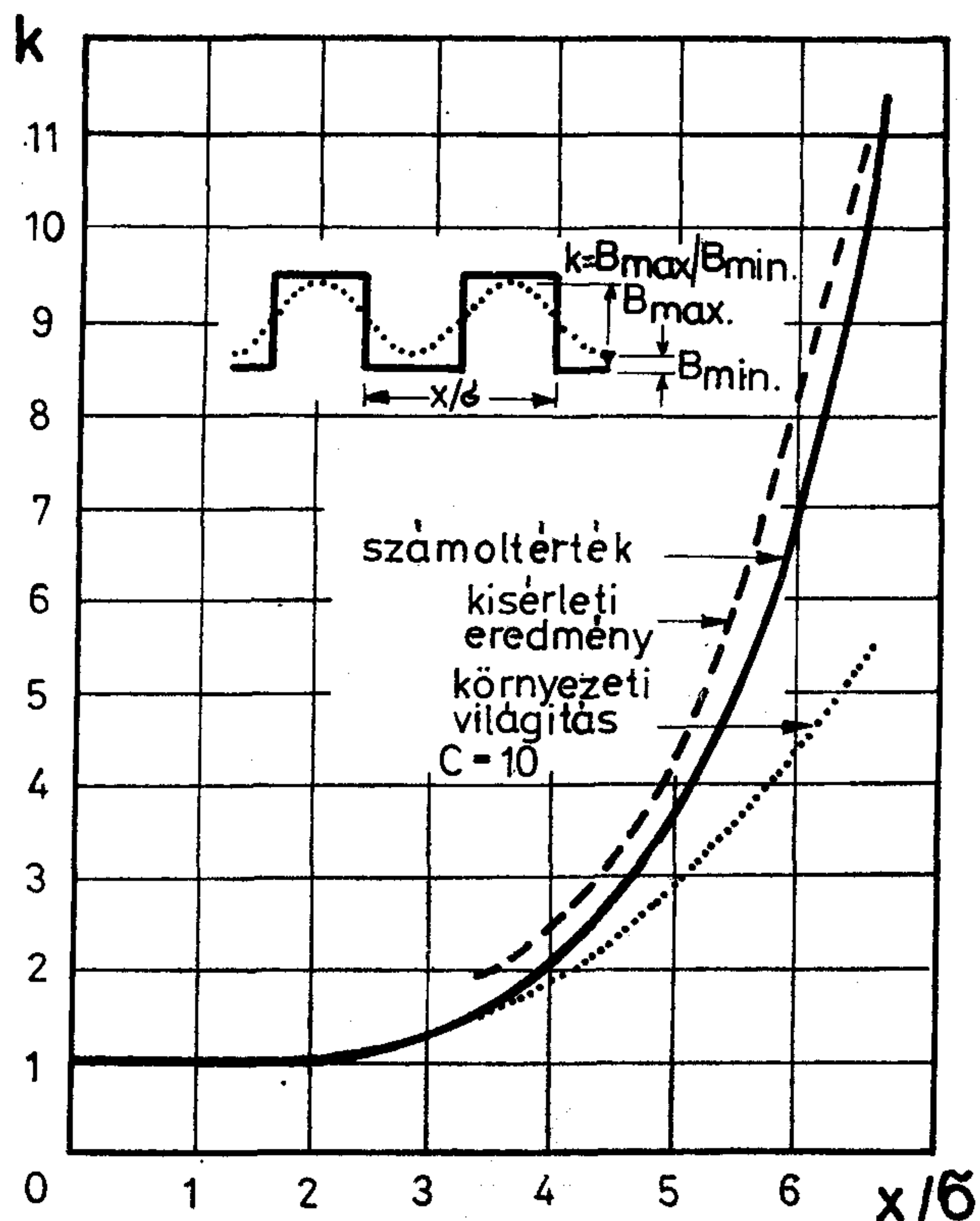


2. ábra

A környezeti megvilágítás kihat a kisfelületű kontraszt értékére. Ezt a 2. ábrán a pontozott vonal jelöli $C = 10$ -es értéknél. A nagyfelületű kontraszt ezen értékét felhasználva kimutatható, hogy a kisfelületű kontraszt k' :

$$k' = \frac{C}{1 + (C - 1)/k}$$

Ezek vonatkoztak az eltérített vonalra merőleges irányú felbontásra. Az ugyanezen párhuzamos irányú felbontásnál figyelembe kell venni a pont sebességét. Egy x/σ periódusú négyszögjellel kijött számítások eredményeit összehasonlítva a kísérleti értékekkel mutatja a 3. ábra. Jól látszik, hogy a környezeti megvilágítás ($C=10$) káros.



3. ábra

A kérdés az, hogy milyen k' érték megfelelő üzemi körülmények között? A $k'=1,03$ -nál a szem éppen megkülönbözteti a vonalakat. Egy 10 értékű nagyfelületű kontraszt, amely összevethető egy nyomtatott újsággal, elfogadható adatkijelző céljára.

Kisfelületű kontraszt jelentkezik a szomszédos H, M, M (egy pont térköz) betűk között vagy az „e” betű belsejében. Az utóbbi a legrosszabb. A legrosszabb esetben elfogadható értékek: $k'=4,50$ és $x/\sigma=6$. Karaktermátrixban gondolkozva, bármely két szomszédos pont egyike fehér a másik fekete. A karaktermátrix két pontja szélességéhez szükséges $x/\sigma=6$ érték. A vonalköz (d), raszteregybeolvadási feltételek mellett egyenlő 2σ -val, a karaktermátrix két pontjának szélessége ugyanezen feltételek mellett egyenlő kell legyen három rasztervonallal, azaz

$$d = \frac{2}{3} \times \text{pontszélesség.}$$

A karakterelemek méretei és képesőméret

Az olvashatósági paramétereket rendszerint a karakter magasságában, magasság—szélesség arányban, a karaktersorok közti térközben,

stb. adják meg. Egy karakterelem akkor jól olvasható, ha ezt a szem 3 szögperc alatt látja. Ha a nézőtávolság 400 mm, a karakterelem méretére $a=0,35$ mm adódik.

Mint említett, a képeső méretét a kijelzésre szánt karakterek száma határozza meg. Mivel azok vízszintesen $m_h C_h$ darabból állnak, az aktív terület szélessége $H = a m_h C_h$. A megfelelő képeső átlója $H/0,72$. A képeső méretét megválaszthatjuk a sorok számának alapján is, amennyiben ez az alapkiindulás.

A színes képeső felbontása

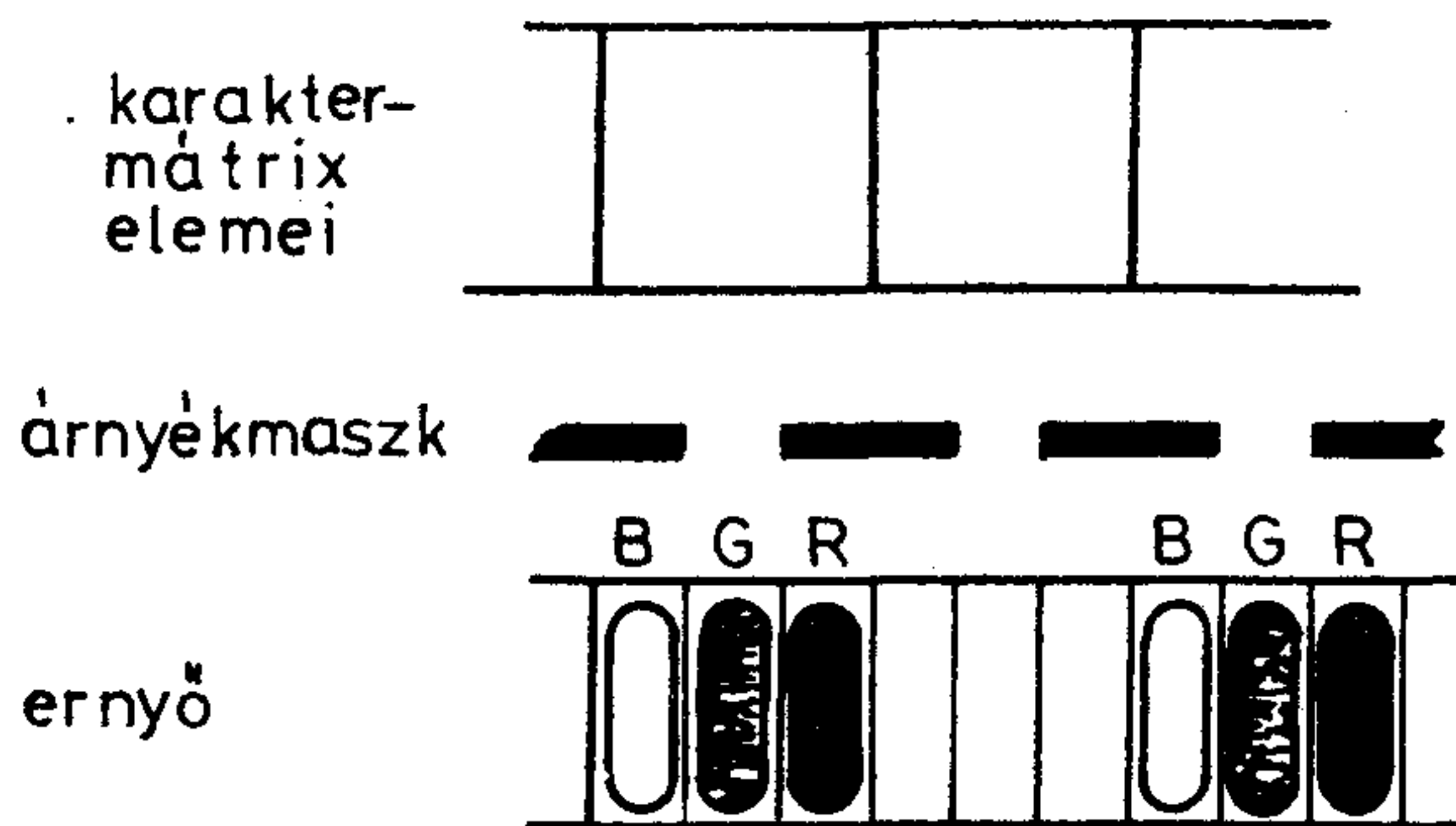
A fekete-fehér kijelzőnek három szabadsági foka van — szélesség, magasság, fényerő —, míg a színesnek még kettő, a telítettség és az árnyalat. A színes cső ernyője foszforpontokból vagy függőleges foszforsávokból épül fel. Együtt ezek határozzák meg a felbontást is, azaz ezen foszforhármassok számának növelésével a felbontás is javítható.

A foszforhármassokat és a képeső katódok elrendezését tekintve a következő jelenleg használatos csoportok vannak.

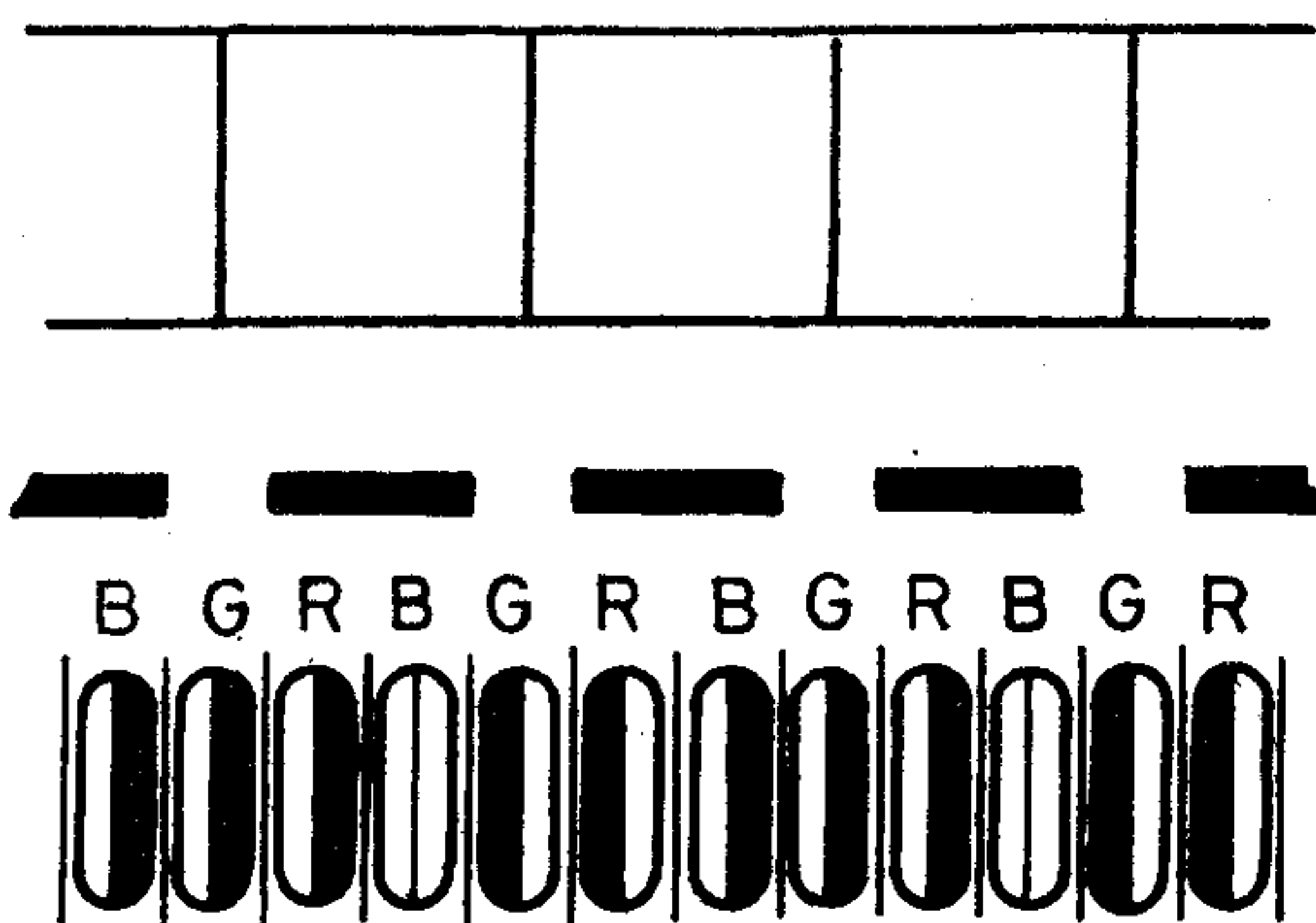
1. Delta ágyú (katódok), foszforponthármas
2. In-line katódelrendezés, foszforponthármas
3. In-line katódelrendezés, foszforsávok soros elrendezésben.

Meg kell jegyezni, a rendszer könnyen biztosítható önkonvergenciája miatt a jövőben az 1. és 2. pontbeli elrendezéseket a 3. teljesen ki fogja szorítani, annak ellenére, hogy jelenleg még azok biztosítható felbontása a legjobb.

Ha egy foszforsáv (3) ernyő foszforhármassát tekintjük a felbontás elemének, akkor a karaktermátrix elemei egybe kell essenek az árnyékmátrix (részmátrix) lyukaival, amit biztosítani lehetetlen (4. ábra). A legrosszabb eset az, amikor a karaktermátrix elemeinek határai egybeesnek a mátrix lyukainak közepével (5. ábra), ami teljes kontrasztvesztést eredményez.



4. ábra



5. ábra

Hogy ez ne fordulhasson elő és a karaktermátrix elemei hűen szétválasztva jelenjenek meg, legalább három foszforhármassra két karaktermátrix elem kell kerülni (6. ábra). A foszforsáv elrendezésű ernyőnél a képlet a következő:

$$3p_s = 2a$$

A képesőmérettől függetlenül $a=0,35$ mm, $p_s=0,23$ mm. Érdekes

megjegyezni, hogy Teletext információ megjelenítésénél ez a kritérium a 14 inch-es színes képsőnél éppen fennáll.

A minimális elrendezés a 2. változatnál látható a 6d ábrán. Itt a kép-let úgy alakul, hogy két karaktermátrix elemre hat foszforpont jut, azaz

$$6D = 2a \quad \text{ahol } D \text{ a pont átmérője.}$$

A p_d szakasz, delta ponthármasonál, a legközelebb levő azonos színű pontközepek távolsága. Egyszerűen igazolható, hogy $p_d = D\sqrt{3}$. Így a minimális követelményre adódik:

$$p_d = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Itt $a = 0,35$ mm, $p_d = 0,20$ mm.

Ezen számítások eredményeit a három fő típusú színes képsőre az 1. táblázat mutatja.

A 6. ábra összefoglalja a követelményeket sávolt és delta elrendezésű ernyőfoszforokra. Ennek alapját felbontás „rasztergybeolvadás” definíciója és a $3d = 2a$ összefüggés képezték úgy, hogy egy vonal tér-közt figyelembe vettünk. A pont haladását is figyelembe véve (sor-irányban), a viszonyokat a szaggatott görbék mutatják. A végered-mények $a = 0,35$ mm esetén a következők:

$$d = 0,23 \text{ mm}$$

$$p_s = 0,23 \text{ mm}$$

$$p_d = 0,2 \text{ mm}$$

A számítások nem túl pontosak ilyen paramétereknél, mint a vonal-szélesség formája, a videojel felfutási ideje, szubjektív nézőpontok, stb., mivel a láthatóság határai kérdésében amúgy is sok bizonytalan-ság áll fenn. Azonban ez mint útmutató használható egy színes ki-jelző rendszerben.

A számítás menete

Az alapkiindulás a következő:

- fekete-fehér kijelző eszköz
- 28 sorban 80 karakter
- 7×9 -es karaktermátrix, 9×14 -es karaktercella
- nem váltottsoros letapogatás, 50 Hz

A letapogató vonalak száma a következő:

$$N = \frac{m_v C_v}{1 - q_v} = \frac{14 \times 28}{1 - 0,08} = 426$$

és a sorfrekvencia

$$f_H = N \cdot f_v = 426 \times 50 = 21,3 \text{ kHz}$$

Így a soridő $\tau_h = 46,95 \mu\text{s}$ -ra adódik.

A korábban megadott képletek alapján a következő értékek adódnak:

sorvisszafutás ideje: $\tau_h x p_h = 46,95 \times 0,16 = 7,51 \mu\text{s}$

kép visszafutás ideje: $\tau_v x p_v = 20 \times 0,04 = 0,8 \text{ ms}$

sorkioltás: $\tau_h x q_h = 46,95 \times 0,21 = 9,86 \mu\text{s}$

képkioltás: $\tau_v x q_v = 20 \times 0,08 = 1,6 \text{ ms}$

Egy kijelzőelem időtartama:

$$\tau = \frac{1 - q_h}{f_h m_h C_h} = \frac{1 - 0,21}{21 \cdot 300 \times 9 \times 80} = 51,51 \text{ ns}$$

és a felfutási idő $\tau_r = \tau/3 = 17,2 \text{ ns}$.

A 3 dB-es sáv szélesség $B_s = 1/\tau = 19,4 \text{ MHz}$, amely egyúttal a logikai áramkör órafrekvenciája is. A soronkénti karakterek számából ki-indulva a kijelző terület vízszintes mérete:

$$H = 0,35 \times 9 \times 80 = 252 \text{ mm}$$

ami megfelel egy $252/0,72 = 350$ mm átlójú ernyőnek. A sorok számát tekintve a függőleges méret:

$$V = 0,35 \times 14 \times 28 = 137,2 \text{ mm}$$

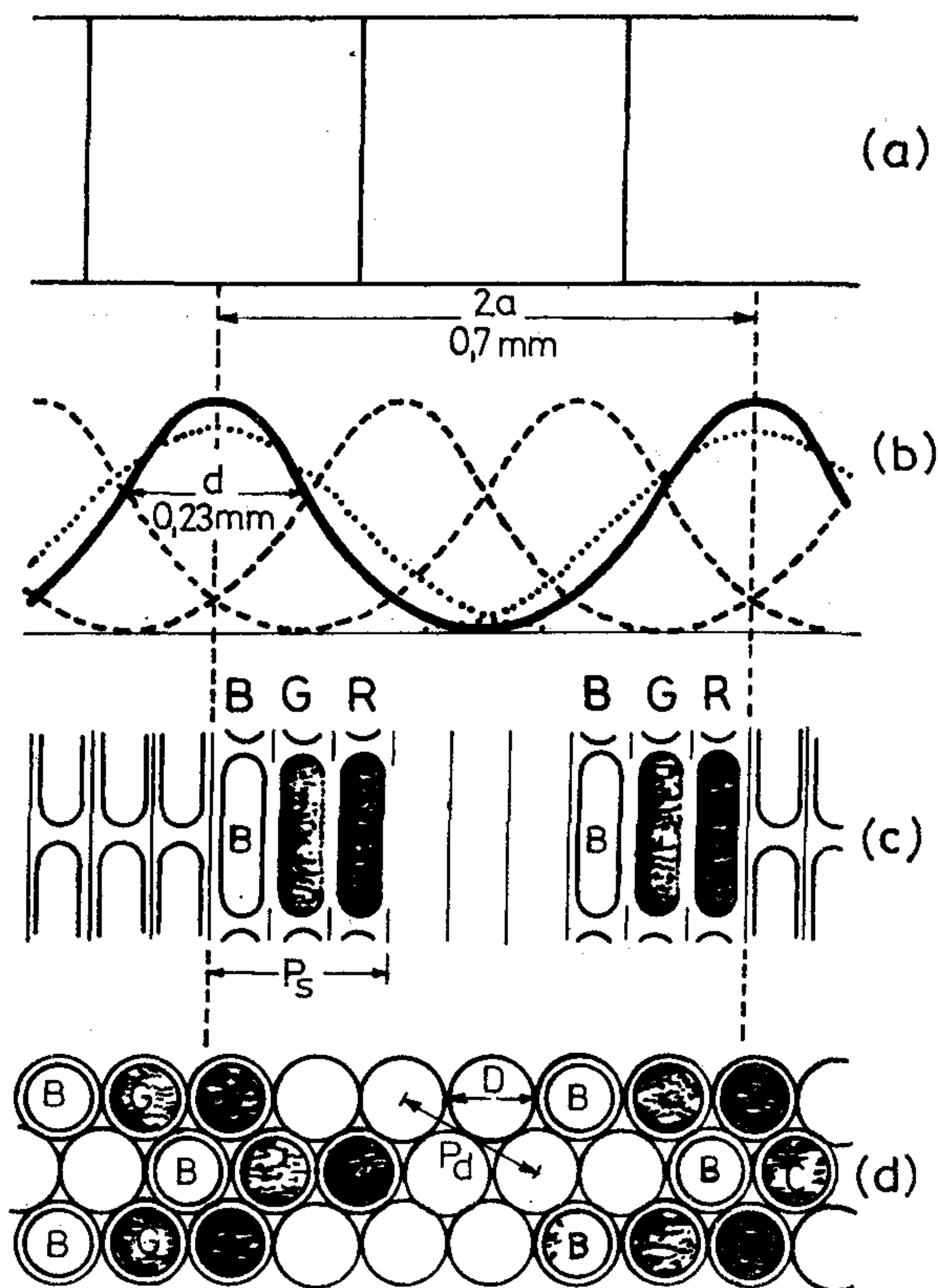
ami megfelel egy $137,2/0,54 = 254$ mm átlójú képernyőnek.

Tehát a soronkénti karakterek száma adja a főbb követelményt, amit kielégíthetünk egy 15 inch-es fekete-fehér képsővel ($s = 325$ mm). $0,234$ mm lehet a vonal vastagsága ($2a/3$) 170 cd/m^2 (NIT) felületi fé-nyesség mellett. A 15 inch-es cső hasznos képmagassága 227 mm, azaz 970 sor ($227/0,234$) rajzolható rá. A különböző kijelzőtípusok-nál a számítások eredményeit a 2. táblázat mutatja nem váltottsoros letapogatás és 50 Hz -es képfrekvencia esetén.

Határ követelmények színes képsőveknél

elektron ágyu		delta	in-line	in-line
képernyő foszfor		delta	delta	sávolt
minimum per két bontás elem		4,5D	6D	3P _s
távolságmaximum		0,77a	0,577a	0,677a
a=0,35mm	max. táv. [mm]	0,269	0,202	0,233
	max. D [mm]	0,156	0,117	0,078

1. táblázat



- (a) karakter mátrix elemei
 (b) ---- letapogatott vonalak világosságalakja
 — az aktív letapogatott vonal
 letapogatott pontok világosságalakja
 (a letapogatás irányában)
 (c) sávós foszforhármasonok
 (d) delta elrendezésű foszforhármasonok
 (in-line ágyu)

6. ábra

	kijelző típus				
	BASIC	HALF – PAGE	FULL – PAGE		
formátum	hor.	hor.	hor.	vert.	hor.
C_h karakter per sor	40	80	80	80	120
C_v sorok száma	24	24	28	68	58
teljes karakterszám	960	1920	2240	5440	6360
karaktermátrix	5x7	5x7	7x9	7x9	7x9
karaktercella	6x10	6x12	9x14	9x14	9x14
m_h C_h pont per sor	240	480	720	720	1080
m_v C_v aktiv TV sorok	240	288	392	952	812
teljes pontszám	57600	138240	282240	685440	876960
kijelző átló [mm]	117	233	350	466	526
legközelebbi csömméret (FF)	9 in	12 in	15 in	20 in	22 in
S hasznos átmérő [mm]	228	295	352	473	530
vonalvastagság [mm]	0,34	0,30	0,23	0,24	0,23
felbontás [vonal]	430	660	970	1300	1400
f_H sorfrekvencia [kHz]	15,6	15,6	21,3	51,7	44,1
teljes soridő [μ s]	64,0	64,1	46,9	19,3	22,7
sorvisszafutási idő [μ s]	12	10,3	7,5	3,1	3,6
aktiv soridő [μ s]	40	50,6	37	15,3	17,9
TV sorszám (nem váltottsoros)	312	312	426	1034	882
τ egy elem ideje [ns]	166	106	51,5	21,2	16,6
τ_r felfutási idő [ns]	55,5	35	17,2	7,1	5,5
3 dB-es sáv szélesség (= órafrekvencia) [MHz]	6,0	9,5	19,4	47,1	60,3
legközelebbi csömméret (in - line)	14 in	14 in	14 in	20 in	20 in
p_s szükséges távolság [mm]	0,50	0,33	0,22	0,24	0,23

2. táblázat

Ezen elméleti és gyakorlati szempontok alapján indult be a Híradástechnika Szövetkezetben a display monitorok fejlesztése. Cégünk a közeljövőben a fekete-fehér kijelzőnél full-page osztályú, színeseknél trinitron és PIL-csővekkel épített half-page osztályú kijelzőket fog forgalmazni.

Irodalom:

A. Ciuciura Mullard, Ltd.

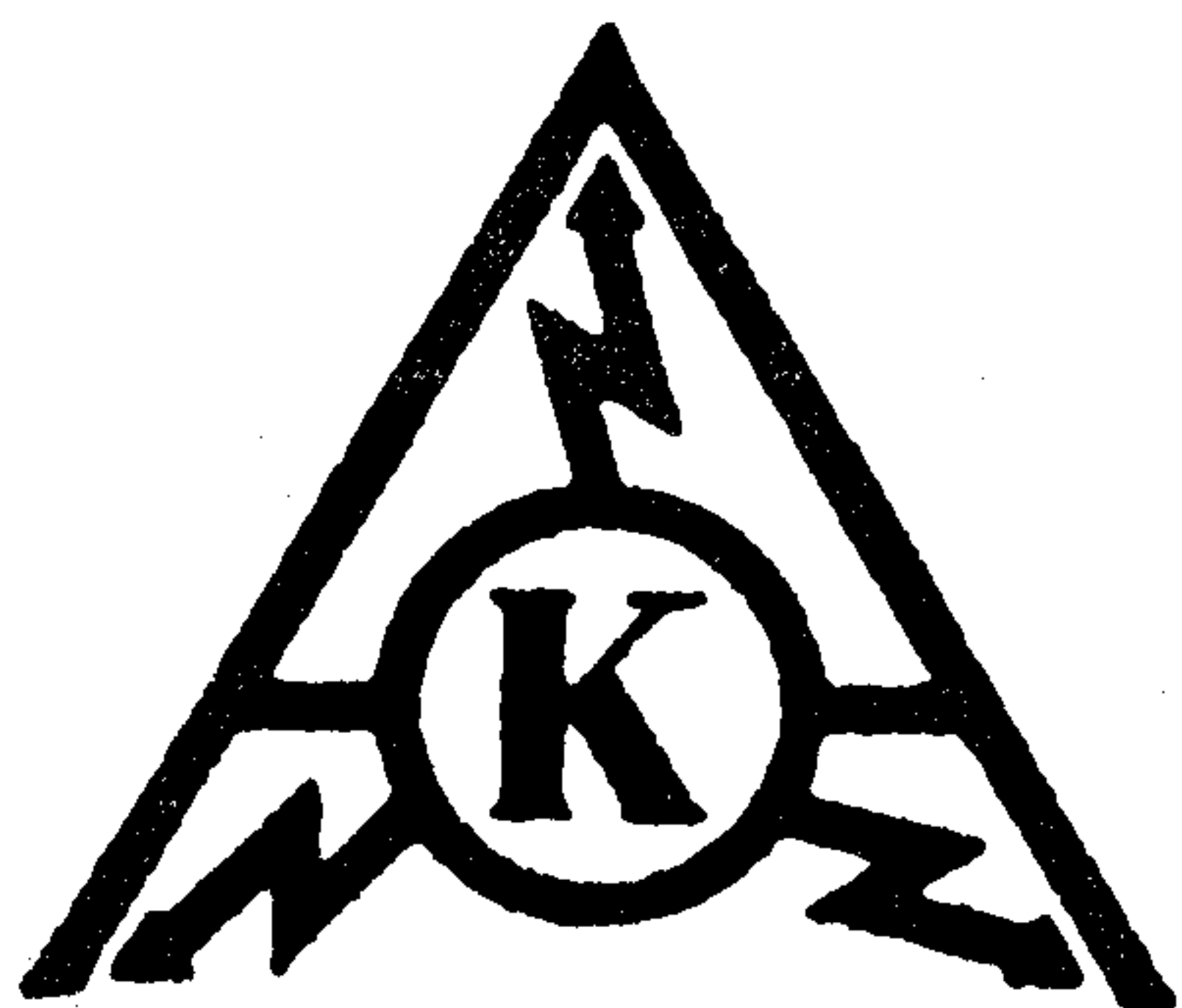
New Electronics, Vol 14. No. 11. 1981. június 11.

Breyer Gábor

Bármely alkalmazástechnikai, vagy kereskedelmi problémában a HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET Kereskedelmi és Vállalkozási Főosztálya készséggel áll vásárlóink rendelkezésére.



HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET



KONTAKTA ALKATRÉSZGYÁR

1725 Budapest, Pf. 16. Telefon: 279-200
Telex: 22-4399

KB 13

Billentyűs készülékkapcsoló család

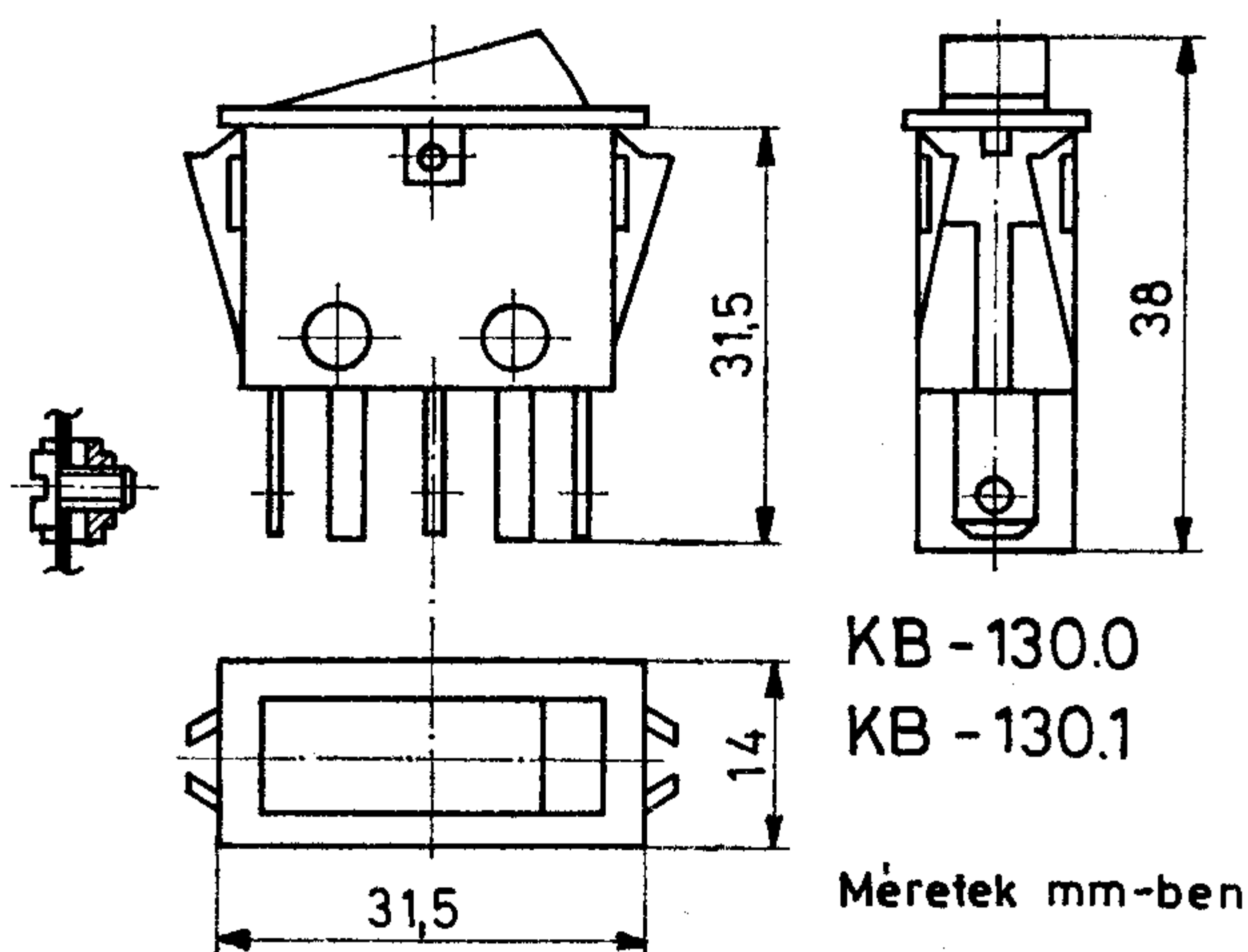
A KONTAKTA Alkatrészgyár nagy sorozatban gyártja a különböző méretű, teljesítményű és rendeltetésű készülékkapcsolókat, és a választék folyamatos korszerűsítésére és bővítésére törekszik a piaci igények minél teljesebb kielégítése érdekében.

A témakörrel kapcsolatos fejlesztési munka legújabb eredménye a KB 13 billentyűs készülékkapcsoló sorozat.

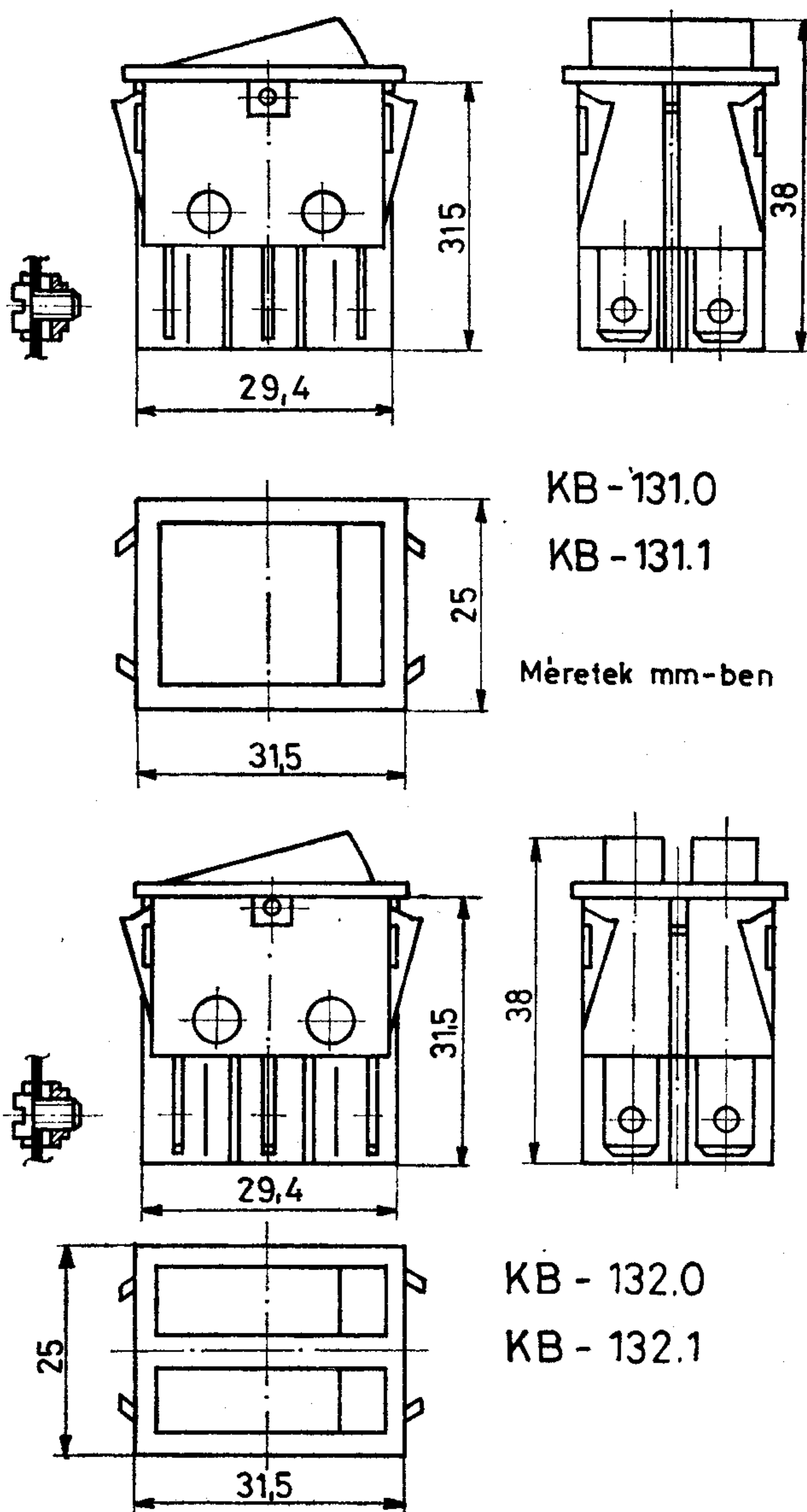
Ez a kapcsoló család széles körben felhasználásra kerülhet az elektromos és elektronikus készülékek és berendezések különböző fajtáiban.

A KB 13 billentyűs készülékkapcsoló családba tartozó kapcsolók különböző változatokban készülnek. A KB 130 típus 1 pólusú, a KB 131 2 pólusú, a KB 132 típus pedig 2×1 pólusú kivitelben készül.

Mindhárom típusváltozat ki- és váltókapcsolású, világítós és nem világítós változatát gyártjuk. Fentiekén kívül létezik a — kapcsoló érintkező nélküli — jelzőlámpás változata is.



1. ábra. KB—130.0 csavaros
KB—130.1 rátolható csatlakozó



2. ábra. KB—131.0 } csavaros
KB—132.0 }
KB—131.1 } rátolható
KB—132.1 } csatlakozó

A KB 13 családba tartozó típusváltozatok ismeretét a táblázat, a méretadatait pedig az ábrák tartalmazzák.

A KB 13 típuscsaládba tartozó billentyűs készülékkapcsolók megfelelnek az MSZ 173 szabvány követelményeinek.

Billentyűs készülékkapcsolók

Tipusjel	Gyártási szám	Vezeték bekötés	Billentyű színe	Kapcsolási séma
KB 130.001	1. 616. 0001	Csavaros csatl.	fehér	
KB 130.101	1. 616. 0101	Rátolható csatl.		
KB 130.002	1. 616. 0002	Csavaros csatl.	piros	
KB 130.102	1. 616. 0102	Rátolható csatl.		
KB 130.004	1. 616. 0003	Csavaros csatl.	fehér	
KB 130.104	1. 616. 0103	Rátolható csatl.		
KB 132.001	1. 616. 0007	Csavaros csatl.	fehér	
KB 132.101	1. 616. 0107	Rátolható csatl.		
KB 132.002	1. 616. 0008	Csavaros csatl.	piros	
KB 132.102	1. 616. 0108	Rátolható csatl.		
KB 132.003	1. 616. 0009	Csavaros csatl.	fehér piros	
KB 132.103	1. 616. 0109	Rátolható csatl.		
KB 132.004	1. 616. 0010	Csavaros csatl.	fehér	
KB 132.104	1. 616. 0110	Rátolható csatl.		
KB 131.001	1. 616. 0013	Csavaros csatl.	fehér	
KB 131.101	1. 616. 0113	Rátolható csatl.		
KB 131.002	1. 616. 0014	Csavaros csatl.	piros	
KB 131.102	1. 616. 0114	Rátolható csatl.		
KB 131.004	1. 616. 0015	Csavaros csatl.	fehér	
KB 131.104	1. 616. 0115	Rátolható csatl.		

Jelzőlámpa

Tipusjel	Gyártási szám	Vezeték bekötés	Billentyű színe	Kapcsolási séma
KB 130.007	1. 616. 0020	Csavaros csatl.	piros	
KB 130.107	1. 616. 0120	Rátolható csatl.		
KB 131.007	1. 616. 0021	Csavaros csatl.	piros	
KB 131.107	1. 616. 0121	Rátolható csatl.		
KB 132.007	1. 616. 0022	Csavaros csatl.	piros	
KB 132.107	1. 616. 0122	Rátolható csatl.		

1. táblázat

A termékcsaládba tartozó készülékkapcsoló típusok az építőkocka elv alkalmazásával azonos alkatrészekből vannak felépítve.

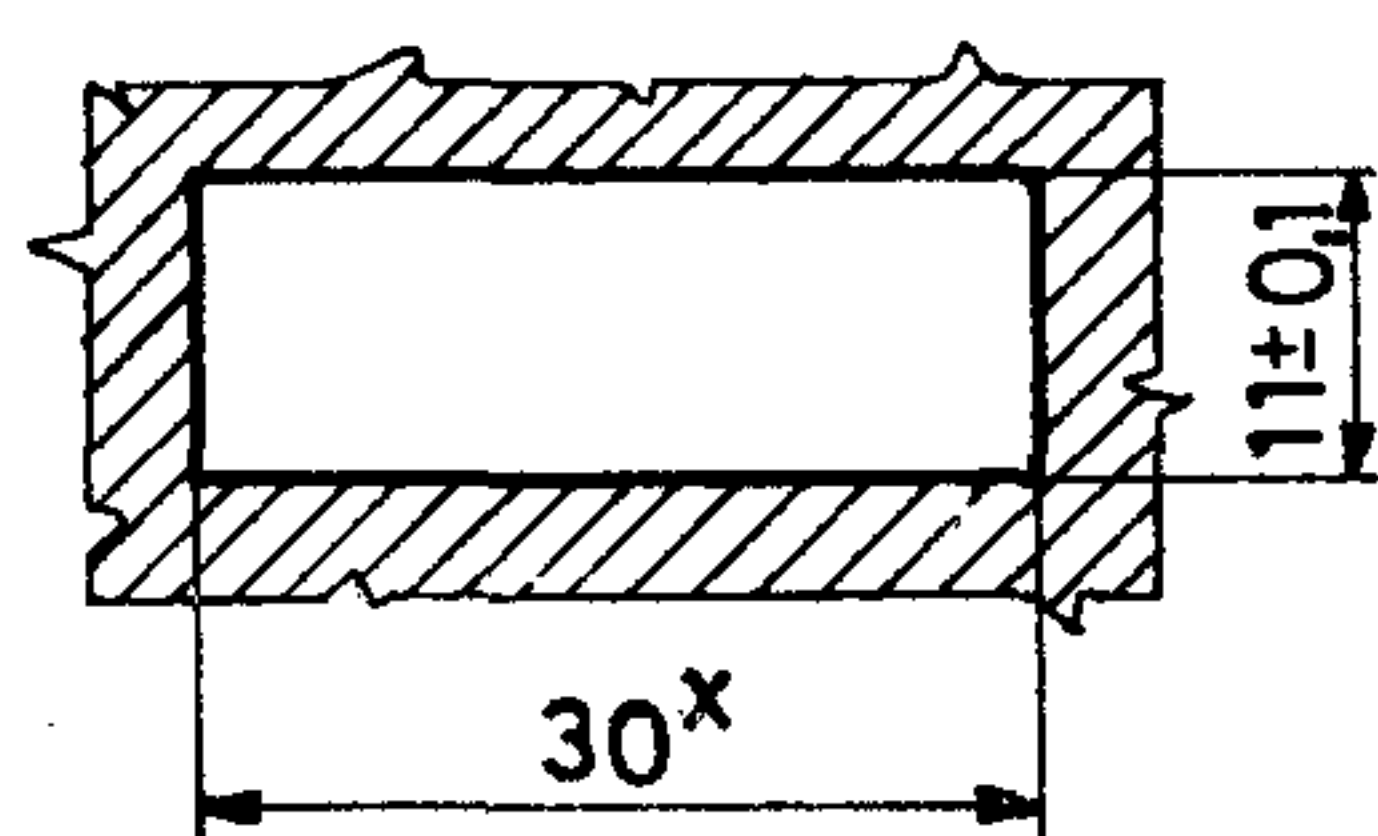
Valamennyi típusváltozat hőre lágyuló műanyag házzal és billentyűvel készül.

A kapcsoló felerősítése a kapcsolóházból kiképzett rugalmas körmök segítségével történik oly módon, hogy a kivágónyílásba bepattintható mindenféle csavar, vagy egyéb rögzítő eszköz nélkül.

A vezeték bekötése a kivitelről függően kétféle módon történhet:

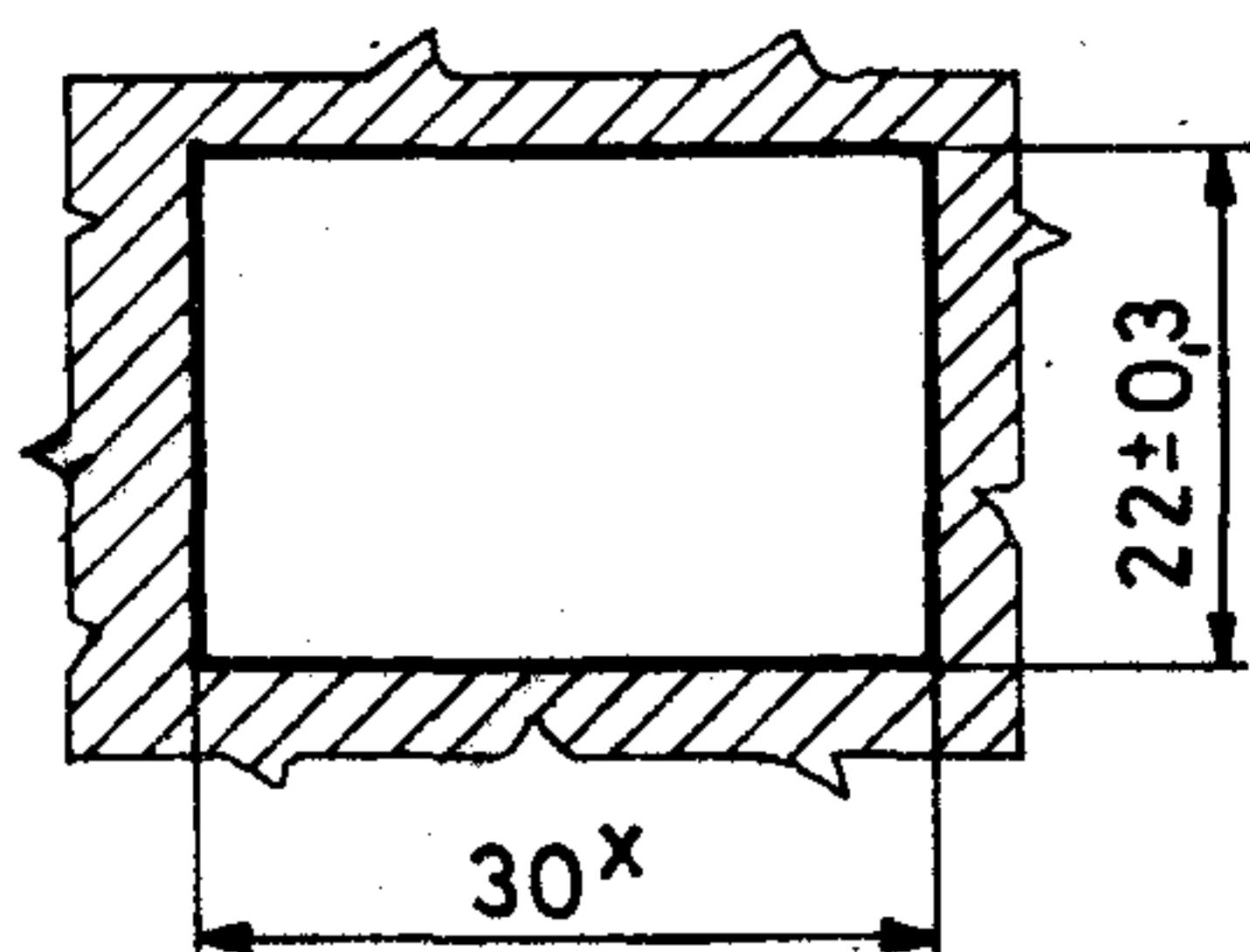
- Csavaros csatlakozás.
- A késalakú kivezetéssel készült típusváltozatok a $6,3 \times 0,8$ mm-es rátolható csatlakozást teszik lehetővé.

A világítós kivitelnél a billentyűbe glimm lámpa van bekötve.



Méretetek mm-ben

A KB-130.0
és a
KB-130.1
típushoz



A KB-131.0
KB-132.0
KB-131.1
és a
KB-132.1
típushoz

Szerelőlap
vastagsága:

Tűrés:

$L_v = 0,8 - 1,0$ $x = -0,3$
 $L_v = 1,0 - 1,3$ $x = +0,3$

3. ábra. A szerelőlap kivágási mérete

Műszaki adatok

Névleges feszültség	250 V ~
Névleges áramerősség	16 A
Szigetelési ellenállás	min. 5 MΩ
Élettartam	min. 10^4 kapcsolási ciklus
Hőmérséklet határ	T 85
Kúszóáram-szilárdság	nagy kúszóáram-szilárdságú
Próbafeszültség	
— Áramvezető fémrészek és a megérinthatő fémrészek között	4000 V _{eff}
— Nyitott érintkezők között	2000 V _{eff}

A következőkben a világítós kapcsoló kivitelekhez rövid tájékoztatást kívánunk adni az áramkörbe történő bekötés módjára vonatkozóan.

A KB 130 típusú 1 pólusú, és a KB 132 típus 2×1 pólusú kikapcsoló, világítós kivitelnél a

- 2-es kivezetés fázis vezető
- 1-es kivezetés fogyasztó
- jelöletlen kivezetés nulla vezető

A KB 131 típus 2 pólusú kikapcsoló, világítós kivitelnél a

- 2-es kivezetés fázis vezető
- 4-es kivezetés nulla vezető
- 1-es; 3-as kivezetés fogyasztó

Rendelési példa.

Az igény műszaki tartalma:

2 pólusú kikapcsoló, jelzőlámpás kivitel, csavaros bekötés.

Rendelésnél megadandó:

Billentyűs készülékkapcsoló KB 131.002
1.616.0014

Lautner Pál

Ezen alkatrészünket az ELEKTROMODUL forgalmazza.

További információkat és katalógust az Elektromodulnál, ill. a KONTAKTA Alkatrészgyár kereskedelmi főosztályán lehet beszerezni



KONTAKTA ALKATRÉSZGYÁR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BHG

Laczkó Endre
Bernhardt Richárd
Dr. Eisler Péter
Dr. Gosztony Géza
Honti Ottó
Klug Miklós
Tölgyesi László

ORION

Jakubik Béla
Csernoch János
Froemel Károly
Sass Károly
Szabó Károly
Szász Gerő

TERTA

Bánsághi Pál
Baján Tibor
Benedek Elek
Halmi Gábor
Hutter Mihály

BHG ORION TERTA

MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXVIII. évfolyam

1982

8. szám

A hibatűrő rendszerek elvi kérdései

VERESS TIBOR
BHG

BEVEZETÉS

A mikroprocesszorok megjelenése és elterjedése korábban elképzelhetetlen intelligenciájú és teljesítményű vezérlő egységek építését tette lehetővé. A mikroprocesszorok nagy bonyolultságú, igen összetett rendszerek vezérlésére is alkalmasak, ezáltal mind technológiailag, mind gazdaságilag elérhetővé vált nagy megbízhatóságú, hibatűrő rendszerek építése, ami új távlatokat nyit a híradástechnikában. Egyes területeken már ma is elsődleges szempont a hibamentes működés.

Természetes, hogy a különböző felhasználási területeken a nagyobb megbízhatóság különböző igényeket támaszt a berendezésekkel szemben. Az alábbiakban azokról a szempontokról lesz szó, amelyek bármely felhasználási területen hasznosíthatók.

Ezzel elérkeztünk ahhoz a nagyon fontos kérdéshez, hogy lehet-e — s ha igen, hogyan — meghibásodható elemekből hibátlanul működő rendszert létrehozni. Elsőként Neumann János foglalkozott ezzel a problémával. Az élő szervezeteket vizsgálva arra a megállapításra jutott, hogy azok a jelentéktelen hibára utaló jelzést egyszerűen figyelmen kívül hagyják, lényeges hiba esetén pedig a hibás „részegységet tartalékra kapcsolják”, s funkcióit az elegendően sokoldalú részeknek adják át. Amennyiben a kiiktatott rész regenerálása sikertelen, a rendszer nem foglalkozik tovább vele. Ily módon a rendszer élettartamát a kijavíthatatlan hibák száma és súlyossága határozza meg [1].

Hogy a hibatűrő számítás napjainkra realitássá vált, annak egy további oka a VLSI áramkörök árának rohamos csökkenése. Hibatűrő tulajdonságokat ugyanis csak a beépített elemek számának — következőképp a berendezés árának — növelésével érhetünk el.

1. A megbízhatóság növelésének lehetőségei

A megbízható számítás legáltalánosabb megfogalmazása: az algoritmus korrekt végrehajtása. Ez az — Avizienistől származó [2] — tömör megfogalmazás azt jelenti, hogy a működés eredménye nem térhet el

a gép szoftver és hardver által meghatározottól. Hogy ezt elérhessük, a következő elemekről kell gondoskodnunk:

- a szoftver-specifikáció korrektsége és komplett-sége;
- a programok tesztelése és ellenőrzése;
- a hardver hibáinak kiküszöbölése;
- folyamatos, korrekt programvégrehajtás és adatvédelem esetleges hardver-hiba esetén;
- a rendszer védelme a hiba által okozott szét-eséssel vagy szándékos behatással szemben.

A huzamosabb idejű megszakítás nélküli működés biztosítására — különösen karbantartó személyzet nélkül — alapvetően két lehetőség kínálkozik:

- hibatűrés (fault-tolerance),
- hiba-nemtűrés (fault-intolerance).

A hiba-nemtűrés alkalmazása eleve megköveteli a megbízhatatlan elemek kiküszöbölését. A rendszer megbízhatóságának növekedését nagy megbízhatóságú alkatrészek biztosítják. Ebben az esetben az üzemeltetési árat növeli a karbantartás és program-megszakadás ára. Hibatűrő tervezés esetén a számítás megbízhatóságát védő redundancia biztosítja.

Az ötvenes, hatvanas években a hiba-nemtűrést alkalmazták elsősorban, aminek a redundancia miatti árnövekedés volt az oka. Az utóbbi években a hardver-tervezésben előtérbe került a hibatűrés, amit a technológia fejlődése és a megbízhatósági követelmények növekedése tett elkerülhetetlenné.

Látható, hogy a két lehetőség kiegészíti egymást (komplementsek), és hogy a megbízhatósági követelményeket a kettő valamelyikével lehet kielégíteni. A gyakorlat és az analízis azt mutatja, hogy a legmegbízhatóbb számítás a kettő kiegyensúlyozott alkalmazásával érhető el [3, 4].

1.1. Megbízható rendszerek tervezése

Egy számítógép vagy vezérlő megbízhatatlanságát a logikai struktúra fizikai megépítésének tökéletlensége okozza. A megbízhatóság-elmélet a rendszer $R(T)$ megbízhatóságát annak a valószínűségként definiálja, hogy az a $t=T$ időpontig kifogástalanul mű-

ködik, ha az indulási idő $t=0$. Számítógépek esetén a hibátlan működés azonban más, mint egyéb berendezéseknél. Célszerűbb egy program korrekt végrehajtásáról beszélnünk, mint a rendszer komponenseinek hibátlan voltáról.

A program hibátlan végrehajtása a következő feltételek kielégítését jelenti:

- a programok és adataik nem változnak vagy akadoznak hiba esetén;
- a programok eredményei nem tartalmaznak zavar okozta hibát;
- a programok végrehajtási ideje nem lép túl egy specifikált határt;
- a programok számára rendelkezésre álló tárolókapacitás egy meghatározott minimum fölött marad.

Ezeket a specifikációkat (pl. végrehajtási idő, tárolókapacitás stb.) a rendszer architektúrája, ill. felhasználója határozza meg.

Az előzőekben láttuk a megbízható rendszerek megvalósításának két szélsőséges módját: a nem hibátűrő és a hibátűrő tervezést. Mivel az előbbi történelmileg is előbb alkalmazták, tekintsük előbb át ennek a jellemzőit. A nem hibátűrő tervezés elemei a következők:

- a legmegbízhatóbb elemeket kell kiválasztani;
- kipróbált eljárást kell alkalmazni a komponensek csatlakoztatására és az alrendszerek kiválasztására;
- a rendszer összeállításakor gondosan ki kell szűrni az előre látható külső zavarokat;
- a rendszer megbízhatósága az ismert vagy előírt komponens- és csatlakozóhibák alapján számítható.

A fentiek alapján könnyen belátható, hogy a nem hibátűrő rendszerek esetén a program korrekt végrehajtásának valószínűsége megegyezik a hardver hibamentességének valószínűségével. Nagy megbízhatóságú rendszerek építéséhez a nem hibátűrő tervezés emiatt igen korlátozott lehetőségeket nyújt, hiszen a megbízhatósági követelmények kielégítése továbbra is a technológia és nem az architektúra függvénye. Ez azonban nem jelentheti ennek az eljárásnak a mellőzését, ill. figyelmen kívül hagyását, hiszen — mint majd a későbbiekben még látni fogjuk — számos területen előnyösen alkalmazható.

Egy rendszer megbízhatóságának számottevő javulása redundancia alkalmazásával érhető el, amelynek megvalósítási módjai a következők:

- hardver eszközök további beépítése (hardver redundancia);
- további programok, programszegmensek használata (szoftver redundancia);
- a működés megismétlése (idő redundancia).

Ezek a hibátűrő tervezés eszközei. Az így tervezett rendszerek esetén egy program konkrét végrehajtásának valószínűsége nem egyezik meg a hardver hibamentességének valószínűségével, hanem annál — a redundancia mértékétől függően — nagyobb.

A hibátűrő rendszerek az alábbi három jellemzővel rendelkeznek:

- komponensek (hardver) és programok (szoftver) sorát tartalmazzák;
- kezdetben hibamentesek és a program végrehajtása alatt védettek a hibák megszakító hatása ellen;
- működési hiba esetén is korrektül végrehajtják a programot.

A két megoldás — hibátűrő és nem hibátűrő tervezés — tehát alapvetően különbözik egymástól. Az előbbinél a rendszer megbízhatóságát elsősorban az architektúra határozza meg, az utóbbinál a technológia.

1.2. A működési hibák osztályozása

A redundancia beépítésének célja az esetleges hibák maszkolása. Nyilvánvaló, hogy a megvalósítás módja a hiba jellegétől függően más és más. Célszerű ezért röviden áttekinteni az előforduló hibákat.

A működési hiba definíciója: egy vagy több logikai változó értékének eltérése a hardver által meghatározottól. A hibákat az alábbi módon osztályozhatjuk: időtartam szerint:

- tranziens
- állandó,

kiterjedés szerint:

- lokális (egy változó)
- elosztott (több változó),

érték szerint:

- meghatározott (fix érték)
- nem meghatározott (változó érték).

A hibák időtartam szerinti osztályozása alapvető fontosságú, hiszen a tranziens és állandó hibák merőben eltérő helyreállítási eljárást kívánnak. Tranziens hiba pl. a program újrafuttatásával javítható, míg állandó hiba esetén a korrekt működés a hibás egység kiváltásával biztosítható.

A kiterjedés és érték szerinti osztályozás hasonló okokból szintén fontos. A hibadetektálás, hibalokalizálás, a megfelelő elhárító eljárás tervezéséhez, ill. a rendszer architektúrájának tervezéséhez adnak támpontot.

2. A védő redundancia megvalósítási lehetőségei

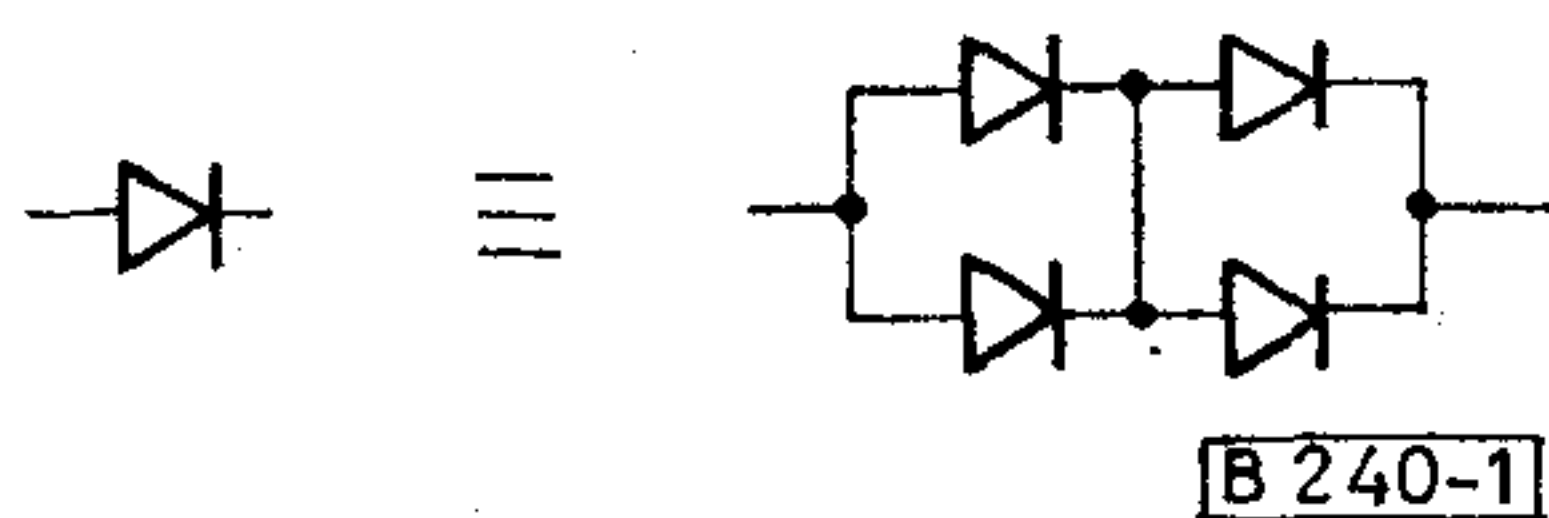
Hibátűrő tervezés esetén a megbízhatóság növekedését redundancia segítségével érjük el. Ennek sikere az alábbi három forma szisztematikus és kiegyensúlyozott alkalmazásával biztosítható:

- hardver redundancia: járulékos elemek (alrendszerek, modulok) beépítése,
- szoftver redundancia: speciális programok futtatása,
- idő redundancia: a működés megismétlése.

Az alkalmazott hardver és szoftver redundanciát a modulok időbeni működésének alapján további két csoportra oszthatjuk: sztatikus és dinamikus redundanciára.

2.1. Sztatikus hardver redundancia

A hardver redundanciának ez a fajtája „maszkoló” redundancia néven is ismert, mivel a járulékos komponens a hardver hibájának hatását maszkolja. (Pl. az 1. ábrán látható kapcsolás bármely elem hibája — szá-



1. ábra. A sztatikus (maszkoló) hardver redundancia alkalmazása

kadás vagy rövidzár — esetén is dióda marad. Sőt, szerencsés esetben két vagy akár három elem is meghibásodhat.)

Látható, hogy a sztatikus hardver redundancia alkalmazása esetén a komponens hibáját a rendszer nem észleli, az nem okoz késleltetést sem a program futása során. Emiatt azonban a hiba észrevétlen marad, ami a rendszer állagának fokozatos romlását eredményezi, megteremtve ezzel egy későbbi szét-esés lehetőségét.

A sztatikus hardver redundancia — maszkoló tulajdonságánál fogva — egyaránt védelmet nyújt tranziens és permanens hibák ellen, alkalmazása azonban költséges. A gyakorlatban két eljárás terjedt el:

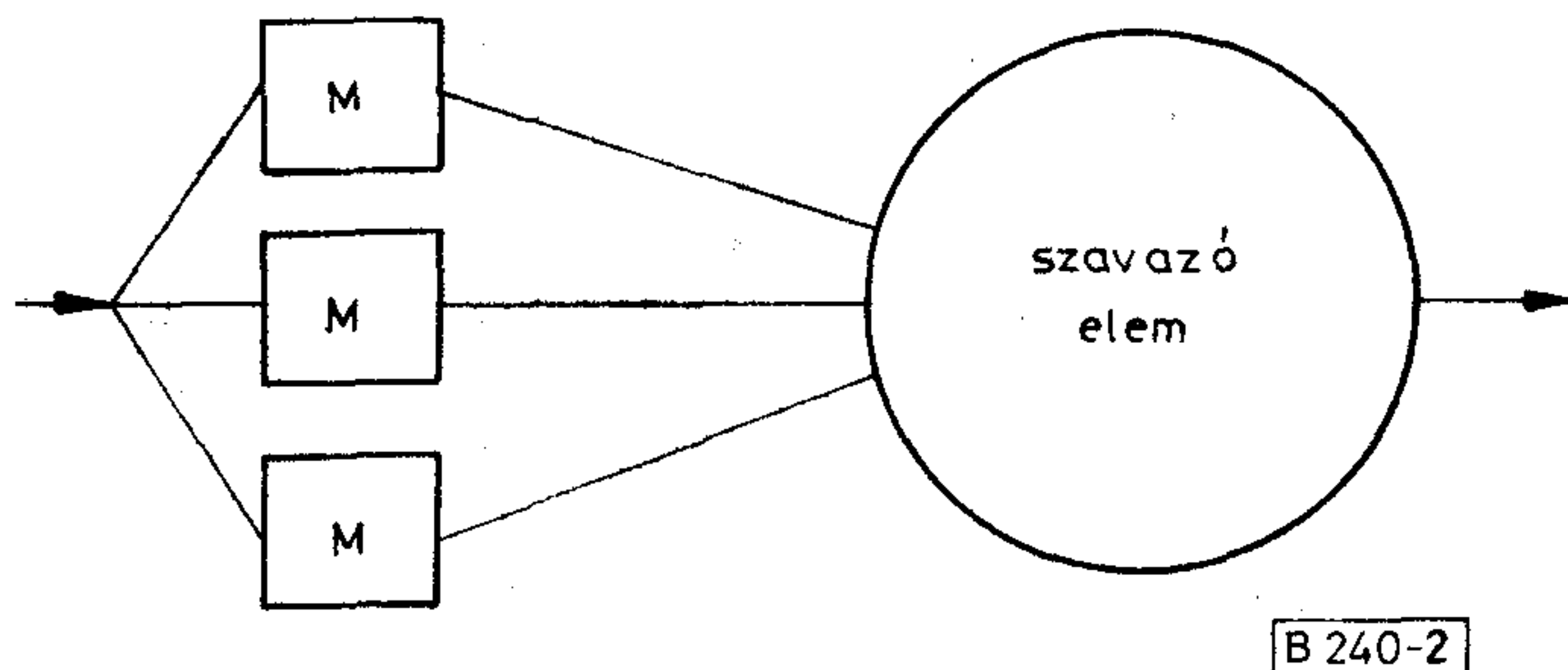
- egyedi alkatrészek duplikálása (l. fenti példa),
- triplikálás szavazással (TMR=Triple Modular Redundancy).

A szavazásos (TMR) eljárás szintén maszkoló tulajdonsággal rendelkezik. Ez az oka annak, hogy sztatikus redundanciaként ismert. Lényeges eltérés azonban a sztatikus duplikálással szemben, hogy a szavazó elem képes a hibás egység felismerésére. A triplikált modul ezáltal javíthatóvá válik, azaz a rendszer állagának fokozatos romlása megakadályozható. A szavazó elem megbízhatósága azonban döntően befolyásolja a működést, annak különösen megbízhatónak kell lennie. Hogy ezt hogyan oldják meg, azt a későbbiekben még látni fogjuk.

A 2. ábrán a TMR elvi blokk-sémája látható. Az M-mel jelölt modulok azonos funkciót látnak el, szinkron működnek. Ha közöttük eltérés mutatkozik, a szavazó elem a két megegyező eredményt fogadja el az eltérő harmadikkal szemben. (Az eltérő eredményből állapíthatja meg a modul hibás voltát.) Feltűnő, hogy ha egyszerre két modul hibázik, akkor a kimenet is hibás lesz. Ennél is nagyobb gond azonban, hogy ilyenkor a jó modul minősül hibásnak. Ez a probléma a hibatűrő tervezés sarkalatos pontja, amiről a dinamikus redundancia ismertetésekor még bővebben szó lesz. Egy lehetséges megoldás, hogy öt, hét stb. (páratlan számú) elemet kapcsolnak párhuzamosan. Ebben az esetben azonban jelentős az árnövekedés.

Csupán három modul alkalmazása is elegendő lehet, ha az ún. egyszeres hiba feltételezésével élünk. Ez azt jelenti, hogy egyszerre csak egy elem meghibásod-

dásával számolunk. Ez azzal a követelménnyel jár, hogy egy hiba bekövetkezése és észlelése között más egység nem romolhat el, ill. a helyreállításnak olyan gyorsnak kell lennie, hogy közben újabb hiba ne következhesse be. Ezen követelmények kielégítése speciális áramkörökkel és programokkal valósítható meg.



2. ábra. Triplikálás szavazással

2.2 Dinamikus hardver redundancia

Dinamikus hardver redundancia alkalmazása esetén a rendszer önellenőrző és önjavító képességgel rendelkezik (pl. hibajavító kódok). A dinamikusan redundáns rendszer tehát képes a hiba észlelésére, majd annak hatására helyreállító akció végrehajtására. Hibajelzés alkalmazása esetén karbantartó személyzet segítségével elérhető, hogy a rendszer állaga az idő folyamán elvileg nem romlik.

A dinamikus redundancia eszközei, amelyekkel minden dinamikusan redundáns rendszernek rendelkeznie kell:

a) Modularitás

A rendszert modulokra (alrendszerekre) bontjuk, amelyek összekapcsolása változtatható lehet. Ha a modulok egymás feladatait is képesek ellátni, akkor feladatátcsoportosítással megvalósítható a helyreállítás. Nagyon fontos a hibák modulok közti terjedésének megakadályozása az egyszeres hiba feltételezhetősége szempontjából. A modularitás a hibabehatárolásnál is nagy segítséget nyújt.

b) Hibadetektálás

A rendszernek képesnek kell lennie a hiba észlelésére. Ez a tulajdonság a következő eszközökkel érhető el: hibakód, státuszjel használata, önellenőrző áramkörök, duplikáció, triplikáció stb. alkalmazása, valamint a kritikus egységek belső figyelése (monitoring). Hogy a sok lehetőség közül melyiket választjuk, azt az illető modul működése, ill. működésének kritikus volta határozza meg.

c) Hibalokalizálás

A helyreállítás sikere érdekében a hibát nemcsak észlelni kell tudnunk, hanem bekövetkezésének a helyét is ismernünk kell. Lényeges elvi különbség van tehát a hibadetektálás és -lokalizálás között. A helyreállító programmal vagy a karbantartó személyzettel közölnünk kell azt is, melyik modul szorul javításra.

d) Helyreállítási akció

Az akciónak a hiba észlelése, ill. bekövetkezési helyének meghatározása után kell indulnia. Ha a program nem tudja kijavítani a hibát, permanens hiba keletkezik. Permanens hibából való helyreállítási eljárások:

- a hibás modul kicserélése egy tartalékkal,
- hibajavító modul alkalmazása,
- a hibás modul üzemén kívül helyezése, majd a működőképes modulok közti feladat-átcsoportosítás.

A hibajavító kódot általában memória-modulokban, ill. buszok figyelésére használják, a működőképes (aktív) modulok közötti feladat-átcsoportosítást pedig abban az esetben, ha nem áll rendelkezésre működőképes tartalék.

e) „Hard core” védelem

A dinamikus redundancia lényege, hogy a rendszer önellenőrző és önjavító tulajdonsággal rendelkezik. Az ezen feladatokat ellátó egységek megbízhatósága különösen fontos, azok meghibásodása nem engedhető meg. Ezeket az egységeket a rendszer „hard core” részének nevezzük. Védelmüket a drágább eljárások (pl. sztatikus redundancia) közül kell megválasztanunk:

- duplikálás kiegészítő felügyelettel,
- triplikálás és szavazás (TMR),
- hibrid redundancia, azaz TMR a hibás modulok cseréjének lehetőségével,
- komponens (esetleg alkatrész) szintű redundancia,
- permanens, huzalozott (wired-in) hibajavító kód.

f) Modulok közötti kapcsolat

A modulok közti kapcsolat megvalósításának kiválasztása döntő jelentőségű a dinamikus redundáns rendszerek esetén. A következő két lehetőség áll rendelkezésünkre:

- busz segítségével való kommunikáció,
- minden modul mindegyikkel külön-külön összekötve (point-to-point).

Az előbbi megoldás vonzóbb lehet, mivel kevésbé bonyolult, viszont a busz is hard core elem. Az utóbbi ezzel szemben költségesebb, és a rendkívül sok csatlakozás esetleg megoldhatatlan feladat elé állíthatja a tervezőket.

g) A bemenet érvényesítése

A bemenő jelek és adatok érvényesítése és/vagy hibakódos átkódolása minden redundáns rendszer számára fontos. Enélkül ugyanis hibás adatokat olvashatunk be, ami a belső redundancia ellenére is hibás működést okozhat.

2.3. A sztatikus és dinamikus redundancia összehasonlítása

Már az eddigiek alapján is látható, hogy egy hibatűrő rendszer tervezőjének rendkívül sok lehetőség

áll rendelkezésére (eddig csupán a hardverről esett szó), ugyanakkor azonban nagyon nehéz feladat az optimális megoldás kiválasztása. Célszerű ezért röviden áttekinteni a sztatikus és dinamikus redundancia jellemző tulajdonságait.

A dinamikus redundancia előnyei a sztatikussal szemben:

- A modulok nagyobb elszigeteltsége, ami a független hiba feltételének teljesülése szempontjából fontos.
- A rendszer életben marad mindaddig, amíg egy modultípusból minden tartalék ki nem fogy.
- A tartalékelemek számának és típusának szabályozhatósága.
- A tápfeszültséggel el nem látott tartalékok potenciálisan kis hibavalószínűségének kihasználása.
- A sztatikus redundancia áramköri problémáinak elkerülése (ezek pl.: ki- és bemeneti terhelések, a tápfeszültség teljesítményének növekedése).
- A tartalékelemek ellenőrzésének könnyebbége az állandó diagnosztizáló program segítségével.
- A rendszer hibatűrő képességének elvileg állandó szinten tarthatósága.

A sztatikus redundancia előnyei a dinamikussal szemben:

- Egyszerűbb alkalmazás: a nem redundáns tervezés egyszerű, szisztematikus konverziója.
- Azonnali hibamaszkolás: nincs késleltetés, ill. működésmegszakítás a helyreállítás számára.
- A rendszer minden részének egyforma védelme: a hard core és a kapcsoló áramkörök védelmére nincs külön követelmény.

Ez utóbbi tulajdonság csak a tervezés szempontjából előnyös, egyes modulokkal, alkatelmekekkel szemben viszont esetleg túl szigorú követelményeket támasztunk.

A felsorolt tulajdonságok alapján jól látható, hogy egy hibatűrő rendszer tervezésekor nem szorítkozhatunk csupán a dinamikus vagy a sztatikus redundancia által nyújtott lehetőségek kihasználására. A kettő kiegyensúlyozott alkalmazása biztosítja a hibatűrő tulajdonságok lehető legoptimálisabb megvalósítását.

2.4. Szoftver redundancia

A szoftver redundancia további programok, programszegmensek, utasítások és mikroprogramlépések alkalmazása, melyekre hibátlan hardver esetén nem lenne szükség.

A szoftver redundancia három fő formája:

a) A kritikus programok és adatok többszörös tárolása

A hiba utáni helyreállítás csak akkor lehet sikeres, ha a kritikus programok és adatok a hiba által okozott megszakítást, ill. zavart „túlélnek”. A legtöbb általános célú rendszer duplikált háttértárakat használ másodlagos memóriaként: diszk, mágnesdob, mágnesszalag. Ezek lehetővé teszik, hogy a hiba következtében károsodott programok és adatok az

újraképzéshez eredeti állapotukban rendelkezésre álljanak. A háttértár adatbázisa periodikusan újratöltődik, és a kezdeti értéket szolgáltatja, ha az adat elvesz a memóriából. A kritikus programok védelmére általában duplikált ROM-okat használnak, mivel a nem változtatható tárolás és a nemdestruktív kiolvasás jó lehetőség a kritikus programok és adatok tárolására [5, 6, 7].

b) *Tesztelő és diagnosztizáló programok program és mikroprogram szinten*

Ezeknek a programoknak vagy mikroprogramoknak a célja

- a hiba detektálása, lokalizálása, terjedelmének meghatározása;
- a hardver (tartalék is) periodikus tesztelése;
- a tárolók adatai állandóságának és teljességének ellenőrzése;
- a szoftver ellenőrzésének végrehajtása.

Kiváló példája a programok hierarchiája alkalmazásának az ESS No. 1. tárolt programvezérlésű telefonközpont [8]. Ez is és általában minden számítógépes rendszer tartalmazza a tesztelő, ellenőrző vagy diagnosztizáló programok valamelyik formáját.

A mikrodiagnosztizáló program a számítógép hardverének tesztelésére szolgáló speciális mikroprogram. Előnyei a következők:

- a rendszer egy kis részének kell csak hibamentesnek maradnia a mikrodiagnózis kezdeményezéséhez;
- a tesztek nagyobb felbontása érhető el a mikro működés vizsgálatával, ezért redukálódnak a tároló- és időkövetelmények.

A mikrodiagnosztikák rezidens és nem rezidens részeket tartalmazhatnak. A nem rezidens rész a perifériális tárolóból olvasható be, miután a viszonylag kis rezidens rész leellenőrizte a működéshez szükséges egységeket. A mikroprogramozott vezérlés használata a modern rendszerekben lehetővé tette a diagnosztizáló programok mikrodiagnózissal való egyre nagyobb méretű pótlását.

c) *A programvégrehajtás hibatűrő képessége*

A hibatűrő működés legmagasabb szintű vezérlése az operációs rendszer felügyelő programjában (supervisor) található. Ez alól csak az olyan rendszerekben van kivétel, amelyek egyszerű sztatikus hibatűréssel rendelkeznek (TMR, komponens-redundancia stb.). A modern rendszerekben a hardver-hibadetektálást és -helyreállítást speciális egységek vezérlik (Test and Repair Processor, Recovery Control Unit stb.). Ezek az egységek tájékoztatják és/vagy vezérlik a felügyelő programot a helyreállítási folyamat alatt, melynek megvalósítása nagyon változó; a helyreállítás hardver úton való végrehajtásától kezdve egészen a nagyon erős szoftver-függésig. A hibatűrő funkciók végrehajtásához a következők szükségesek:

- hibakollekció,
- a diagnózis végrehajtása,
- hibaanalízis és -jegyzék,
- hibastatisztika készítése,
- újjászervezés (rekonfiguráció),

- ellenőrzőpont- (checkpoint-) hálózat,
- csatorna- és I/O-műveletek helyreállítása,
- memóriamásolás,
- az állapotvektor tárolása,
- az újakezdési (restart) pont vezérlése a felhasználói program számára stb.

2.5. *Idő redundancia*

A redundanciának ez a formája a különböző szintű utasítások (mikroutasítások, gépi utasítások, programszegmensek vagy egész programok) ismétlését vagy elfogadását tartalmazza. Általában a dinamikus hardver és szoftver redundanciával együtt alkalmazzák. Két külön célja van az idő redundanciának:

- hibadetektálás a végrehajtás megismétlésének vagy elfogadásának segítségével,
- helyreállítás programrestarttal vagy a művelet visszahívása hibadetektálás, ill. rekonfiguráció után.

a) *Hibadetektálás*

A program végrehajtásának megismétlése valószínűleg a legrégebbi formája a hibadetektálásnak. Bár alkalmas a tranziens hibák detektálására, hatékonyságát korlátozza az a tény, hogy permanens hiba esetén következetesen hibát produkál, ezért összehasonlításakor elmarad a hibajelzés. Ezt a problémát az utasítások részben más sorrendjével vagy a hardver ismétlés alatti átszervezésével lehet áthidalni. Az adattovábbítás és -elfogadás különböző formáinak használatát (handshaking) kiterjedten alkalmazzák az általános célú rendszerekben, különösen a másodlagos (háttér-) tárolók, csatornák, I/O eszközök hibadetektálására.

b) *Újraindítás*

Az idő redundanciát egyaránt használják tranziens hiba okozta zavarok felismerésére és javítására, valamint a hardver-rekonfiguráció utáni programrestart esetén. Ez az utasítások, programszegmensek vagy teljes programok hibadetektálás utáni megismétlését jelenti. E három ismétlési eljárás tervezése a következő tényezők függvénye:

- Milyen messze lehet vagy kell a programot restartolni?
- Milyen költséges (idő, hardver, programozási kényszer) az ismétlés?
- Milyen valószínű a zavar sikeres javítása, ha azt tranziens hiba okozta?

Egyszeres utasítások ismétlése esetén minden utasítás eredményét védett tárolóban kell őrizni a következő utasítás végrehajtásáig. A másik két esetben járulékos programozási követelmények lépnek fel:

- a program szegmentálása,
- az ismétlési pont meghatározása,
- az ismétlési cím felülírása előtti állapotvektor tárolása stb.

A járulékos hardver tartalmazza a védett tárolókat az ismétlési cím és az állapotvektor számára.

3. A megbízhatóság modellezése és becslése

Hogy a tervezés során a redundáns módszerek között választani tudjunk, az egyes módszerek hibatűrő tulajdonságainak bizonyítása szükséges. E bizonyítás számszerű mennyiségek becslésével, számításával valósítható meg.

A megbízhatóság meghatározása kimutathatja az eredeti tervezés elégtelenségeit, ilyenkor további hibatűrő képességek hozzáadásával érhető el javulás. Az eljárást természetesen addig kell ismételni, míg teljesen kielégítő konstrukciót nem kapunk.

Két elvi mennyiségi jellemzőt szoktak meghatározni:

- a megbízhatóságot (az állandó hibák figyelembe vételével) és
- a túlélést (tranzien hibák esetén).

A hibatűrő képességek becslésének két módja terjedt el. Az analitikus megközelítés során a rendszer hibatűrő képességének paramétereit annak matematikai modellezésével kapjuk. A kísérleti megközelítés esetén hibát okozunk a rendszer hardver-prototípusában vagy annak szimulált modelljében, és a hibatűrő képességeket a statisztikai adatokból határozzuk meg.

3.1. Az analízis alapmennyiségei

Egy rendszer hibatűrésének legáltalánosabban használt mértéke az MTBF (mean time between failures = hibák közti átlagos idő), amely az alábbi módon származtatható:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt.$$

A nem redundáns rendszerek vagy azok elemeinek megbízhatósága a jólismert $R(t) = e^{-\lambda t}$ függvénnyel írható le, ahol λ = meghibásodási tényező (failure rate) és $R(0) = 1$.

Ha $R(t) = e^{-\lambda t}$, akkor $MTBF = \frac{1}{\lambda}$.

Az MTBF-ek összehasonlítása tehát a rendszerek λ -inak összehasonlítását jelenti. Redundancia esetén $R(t)$ polinomiális $e^{-\lambda t}$ -re és a különböző rendszerek $R(t)$ görbéi több helyen metszik egymást, ezért nem dönthető el egyértelműen, melyik a jobb. Emiatt további, speciális jellemzők bevezetése szükséges.

Ha adott egy állandó T_M (mission time = működési idő), akkor két vagy több rendszer összehasonlításához csak az $R(T_M)$ értékekre van szükség.

A megbízhatóság-javulási faktor (RIF = reliability improvement factor) egy új rendszer megbízhatóságának javulását mutatja a régiéhez képest.

$$RIF = \frac{1 - R_{\text{regi}}(T_M)}{1 - R_{\text{új}}(T_M)}.$$

Abban az esetben, ha nem adható meg a T_M állandó, az MTIF (mission time improvement factor = működési idő növekedési faktor) szolgál összehasonlításként:

$$MTIF = \frac{T_{\text{új}}}{T_{\text{regi}}} \Big|_{R_{\text{MIN}}}, \quad \text{ahol}$$

R_{MIN} egy specifikált megbízhatóság, $T_{\text{új}}$ és T_{regi} pedig azok az idők, mialatt $R_{\text{új}}$ és R_{regi} (rendszer megbízhatóság) várhatóan R_{MIN} -re csökken.

3.2. Sztatikus megbízhatósági modellek

A megbízhatóság modellezésének ez az osztálya a sztatikus hardver-redundáns rendszerek megbízhatóságának becslésére szolgál. E redundancia jelleghénél fogva az elemek állandó csatolásúak, saját meghibásodási tényezőjük van, azonnal végrehajtják a hiba maszkolását, amely sikerességének valószínűségét egységnyinek, a hibákat pedig függetleneknek feltételezzük. Ilyen feltételek mellett a sztatikusan redundáns rendszerek megbízhatósága a nem redundáns rendszerekből számítható. Ha a szimplex rendszer megbízhatósága R , akkor

$$R_{\text{duplex}} = R^2 + 2R(1 - R),$$

$$R_{\text{TMR}} = [R^3 + 3R^2(1 - R)]R_V,$$

R_V = a szavazó elem megbízhatósága.

Ez utóbbi kifejezésből nagyon jól látható, hogy szavazásos eljárás esetén a rendszer megbízhatóságát döntően befolyásolja a szavazó elem megbízhatósága. Annak hibája nem engedhető meg, ezért hard core.

3.3. Dinamikus megbízhatósági modellek

A dinamikus redundanciához hibadetektálás és helyreállítás kell. A sztatikus megbízhatósági modellek dinamikus esetben való alkalmazása mindkettő sikerességét egységnyi valószínűségűnek feltételezi. Ennek megfelelően nagyon nagy megbízhatóságot lehet elérni a tartalékok számának növelésével. Általános követelmény, hogy a dinamikus modellnek reprezentálnia kell a teljes hibatűrő rendszert, azaz

- különböző meghibásodási tényezőket működő és tartalék modulokhoz,
- minden modul tartalékainak számát,
- a nem tökéletes hibadetektálást és helyreállítást,
- a hard core védelem megvalósítását,
- a modulokon belüli hibatűrést,
- a várható hibák kiterjedését és értékét,
- a várható tranzien hibák időtartamát és eloszlását.

Látható, hogy a dinamikus redundáns rendszerek analitikus modellezése viszonylag bonyolult a különböző paraméterek nagy száma miatt, amelyek az optimális termék kiválasztásakor változhatnak. Nagyon jó eszköz a megbízhatóság becslésére egy interaktív számítógépprogram, amely on-line végrehajtja a dinamikus redundáns rendszer fontosabb paramétereinek finomítását.

Az úttörő a REL program volt, melyet APL nyelven írtak. Ha egy rendszer paramétereit specifikáljuk, adott T_M -hez megadja a megbízhatóságot. A számítás során figyelembe vehető a tökéletlen hibadetektálás és -javítás hatása is [9].

Egy másik korai kísérlet a CARE program, amelyet a JPL—STAR komputer-tervezettel kapcsolatban fejlesztettek ki [10]. Újabban erőfeszítéseket tesz-

nek általános és számítható hatékony modellek elérésére további APL-programok segítségével [11, 12].

A dinamikus redundáns rendszerek hibatűrő képességeinek kvalitatív vizsgálatához nagyon jól használható azok gráfokkal történő leírása. A különböző modulokat a gráfok csomópontjai, a modulok közti kapcsolatokat pedig ágai reprezentálják [13, 14]. Újabban az önellenőrző és helyreállító programokat is gráfos leírással elemzik, tervezik [15, 16].

3.4. A megbízhatóság kísérleti becslése

Az analitikus becslés bonyolultsága, ill. eredményeinek ellenőrzése szükségessé teszi a megbízhatóság kísérleti becslését, amelynek két módja:

- kísérlet a prototípussal,
- szimuláció.

Bár alkalmazása költségesebb és időigényesebb, a kísérlet mégis előnyösebb, ha az analitikus modell nem képes helyesen leírni a rendszer struktúrájának komplexitását vagy a várható hibák természetét. A prototípussal való kísérlet jó példája az ESS No. 1 rendszer, melyhez hibakatalógust készítettek a prototípus felhasználásával [8].

A kísérlet azonban időigényes és nem mindig áll rendelkezésre a prototípus. Erre az esetre fejlesztették ki a különböző szimulációs nyelveket (SIMULA 67, GPSS), amelyeket elterjedten használnak a hibatűrő képesség és megbízhatóság vizsgálatához.

I R O D A L O M

- [1] *Neumann János élete és munkássága* (A különböző tudományterületeken elért eredményeinek összefoglaló áttekintése.) Szerk.: Szentiványi Tibor Bp. 1979.
- [2] A. Avizienis: Architecture of Fault-Tolerant Computing Systems. FTCS-5, International Symposium on Fault-Tolerant Computing, Paris, France, June 1975. pp. 3-16.
- [3] A. Avizienis: Fault-Tolerance: The Survival Attribute of Digital Systems. Proc. of the IEEE, Vol. 66, No. 10, Oct. 1978, pp. 1109-1125.

- [4] A. Avizienis: Fault-Tolerant Computing — Progress, Problems and Prospects. Proc. of IFIP Congress '77, Toronto, Aug. 1977, pp. 405-420.
- [5] S. B. Akers: Partitioning for Testability. FTCS-6, Int. Symp. on FTC, Pittsburgh, Pennsylvania, June 1976, pp. 121-126.
- [6] C. J. Jenny: Process Partitioning in Distributed Systems. National Telecommunications Conference, Vol. 2, New York, 1977, pp. 31:1-1-31:1-10.
- [7] R. D. Royer, F. E. Fromm: Quantification and Measurement of Fault Recovery Performance FTCS-7, The 7th Ann. Int. Conf. on FTC, Los Angeles, California, June 1977, pp. 209-210.
- [8] R. W. Downing, J. S. Nowak, L. S. Tuomenoksa: No. 1 ESS Maintenance Plan. The Bell System Technical Journal, Vol. 43, No. 5, Part 1, Sept 1964, pp. 1961-2019.
- [9] W. B. Bouricius, W. C. Carter, D. C. Jessep, P. R. Schneider, A. B. Wadia: Reliability Modeling for Fault-Tolerant Computers. IEEE Transactions on Computers, Vol. C-20, No. 11, Nov. 1971, pp. 1306-1311.
- [10] F. P. Mathur: Automation of Reliability Evaluation Procedures through CARE — The Computer-Aided Reliability-Estimation Program. AFIPS Conference Proceedings, Vol. 41, Anaheim, California, Dec. 1972, pp. 67-77.
- [11] X. W. Ng, A. Avizienis: A Unifying Reliability Model for Closed Fault-Tolerant Systems. Digest of the 5th Int. Symp. on FTC, France, June 1975.
- [12] D. A. Rennels, A. Avizienis: RMS: A Reliability Modeling System for Self-Repairing Computers Digest of the 3rd Int. Symp. on FTC, Palo Alto, California, June 1973, pp. 131-135.
- [13] J. P. Hayes: A Graph Model for Fault-Tolerant Computing Systems. IEEE Transactions on Computers, Vol. C-25, No. 9, Sept. 1976.
- [14] J. P. Hayes, R. Yenney: Fault Recovery in Multiprocessor Networks. FTCS-8, The 8th Ann. Int. Conf. on FTC, Toulouse, France, June 1978, pp. 123-128.
- [15] Harmat László: Multi-mikroprocesszoros struktúrák önellenőrzése és öndiagnosztikája. Kandidátusi értekezés, 1980.
- [16] A. D. Friedman, L. Simoncini: System-Level Fault Diagnosis Computer, March 1980, pp. 47-53.
- [17] Veress Tibor: Hibatűrő irányító rendszerek a kapcsolástechnikában. Szakmérnöki diplomaterv, BME-HEI, 1981.

Nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő alrendszerek számítógépes tervező-gyártó-ellenőrző (TGE) rendszere a Telefongyárban

III. rész

VALLÓ PÉTER —
SASS SÁNDOR —
FRIDRIK MÁRTA —
PÁL IMRE
TERTA

4. Nyomtatott huzalozású lapgyártás

4.1. Létesítése, feladata, felépítése

Vállalatunk nyomtatott huzalozású lapgyártó üzeme a TGE rendszer többi eleméhez illeszkedve fejlesztési feladatok meggyorsítása, átfutási idők csökkentése, kis gyártási sorozatú különleges feladatok teljesítése, valamint biztonságos saját kapacitás biztosítása céljából 1980. év során átfogó technológiai rekonstrukció keretében létesült. A tervezés és kivitelezés során a Kogépterv működött közre, a berendezések és a technológia szállítója az ITC Intercircuit (NSZK) cég volt.

Az üzem 360×460 mm-es technológiai lapméret feldolgozására alkalmas egyoldalas, kétoldalas lyukfémezett és többrétegű lapok előállításával. Lehetőség van finomrajzolatú kártyák gyártására, aranyozott direkt csatlakoztatás kialakítására, valamint indirekt csatlakoztatás megvalósítására speciális mechanikus műveletek biztosításával. Az alkalmazott technika szubtraktív, de fejlesztéssel lehetőség nyílik additív technika bevezetésére is.

Az üzem alapterülete 1100 m^2 . A technológiai fázisok jól elkülönítve települtek.

Alapvető technológiai fázisok:

- Mechanikai megmunkálás: (darabolás, sajtolás, fűrészelés, marás, fúrás, precíziós fúrás).
- Rajzolat felvitel: (szitakészítés, szitanyomtatás, fotoreziszt).
- Vegyi és kapcsolódó technológiák: (csiszolás, kémiai rezezés, galvanizálás, leoldás, maratás, aranyozás, megömllesztés).
- Laborálás (vegyi labor, labor galván, többrétegű labor).
- Minőségellenőrzés.

A méretek, a gyártásbiztonsági és korszerű technológiákból adódó követelmények együttesen egy olyan gyártósor telepítését tették szükségessé, mely fokozott automatizálás mellett alacsony élőmunka-felhasználással, tűzvédelmi és munkavédelmi szempontok betartása mellett korszerű lapgyártást eredményezett.

4.2. Mechanikai megmunkálás és eszközei

A mechanikai megmunkálást két nagy műveleti csoportba soroljuk:

Mechanikai előkészítés

- darabolás,
- sorszámozás,
- pakettálás,
- fúrás,
- pakett bontás.

Mechanikai végmegmunkálás

- sajtolás (kivágás, lyukasztás stb.),
- kontúrmarás,
- leélezés, érintkező fészekmarás.

4.2.1. Mechanikai előkészítés

Darabolás

A vezető fóliával borított szigetelőlemezeket a gyártó cégek kb. 900×1200 mm-es táblaméretekből hozzák forgalomba. (A táblák méretei gyártónként változnak, ezért egy átlagos táblaméretet adtunk meg.) A darabolási művelet során a rétegelt lemezek technológiai méretű lapokra történő darabolását végezzük el. A technológiai méret tényleges értékeit a NYÁK üzemünkben alkalmazott fűrészi, galvanizálási és maszkkészítési technológiák sajátosságainak figyelembevételével határoztuk meg. A technológiai méretnek a lapok kész méreténél oldalanként min. 20–20 mm-rel nagyobboknak kell lennie.

Vállalatunknál felmérés alapján kialakult, hogy a fenti technológiai sajátosságok figyelembe vétele mellett a lapok optimális mérete 300×400 mm. Ezen méretű technológiai lapokra — jelentősebb hulladék növekedése nélkül — elhelyezhetők a (vállalatunknál alkalmazott) nyomtatott huzalozású lapjaink 90–95%-a.

Sorszámozás

A technológiai dokumentációkban megadott méretűre (általában 300×400 mm) darabolt technológiai lapokat sorszámmal látjuk el. Ezáltal a lapok mű-

veleti fázisai, készütségi foka, valamint a gyártás befejezése utáni selejtanalitikai elemzéseket lényegesen könnyebben lehet elvégezni.

Pakettálás

A fúrandó technológiai méretű lapokat a fúrógép asztalán levő helyező furatok segítségével mozgásmentesen kell rögzíteni, hogy a kialakítandó furatkép minden orsó alatt és minden lapon azonos pozíciójú és pontosságú legyen a helyező furatokhoz, illetve a rajzon megadott kontúrmérethez képest.

A lapokkal szemben megkövetelt pontosság határozza meg, a pakettben elhelyezhető lapok számát. Vállalatunknál 3 db folírozott lemez és egy darab — a fúrókifutáshoz szükséges — 1,5 mm vastag RPB IV anyagú lap kerül pakettálásra.

A pakettálási művelethez az erre a célra kifejlesztett SCHMOLL ABS 2 berendezést alkalmazzuk, amely páros fúrófejjel, önbeálló ütközővel és páros pneumatikus csap benyomóval rendelkezik. A szükséges furat $\varnothing 3$ mm-es, amely a későbbi műveletek során (pl. szitanyomtatás) is felhasználunk.

Az $\varnothing 3$ mm-es furatba pneumatikusan benyomott csapok szorosan, elmozdulásmentesen rögzítik egymáshoz a pakettben levő lapokat és egyben a SCHMOLL ABL 24 MS típusú NC vezérlésű négyorsós fúrógép asztalára való helyezést és rögzítést is elvégzik.

Fúrás

A pakettált lemezek fúrását két egymástól eltérő rendszerű fúrógépen végezzük az alábbiak szerint:

- SCHMOLL ABL 24 MS NC négyorsós fúrógép.
- Quadrill négyorsós, mesterminta lekövetős, manuális vezérlésű fúrógép.

A fenti berendezéseinket figyelembe véve a fúrási műveletet két nagy csoportra oszthatjuk.

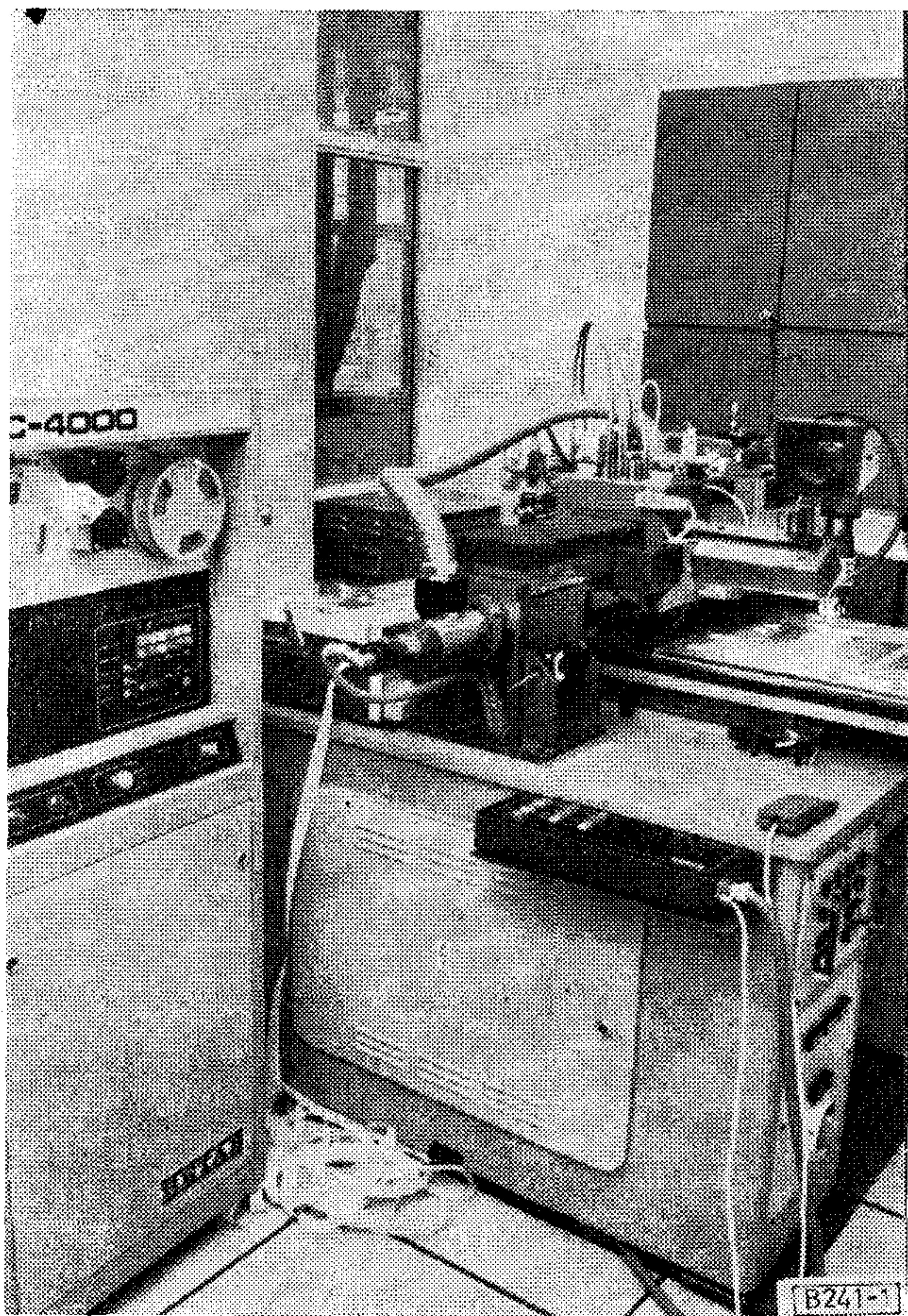
a) Lyukszalag és/vagy mesterminta készítés

A lyukszalagot, ha azt nem a tervezőrendszer biztosítja, valamint a mestermintát egy erre a célra üzembe helyezett SCHMOLL ABL 12 P típusú programozható fúrógépen készítjük úgy, hogy az egyik fúrófej helyére egy optikai rendszert szereltünk fel, amely a gép asztalára rögzített gyártófilm vagy kimaratót rajzolatú nyomtatott huzalozású lap rajzolatát 10–20-szoros nagyításban vetíti ki. A furatok helyzetének pontos meghatározását az optikai rendszeren levő szátkereszt segítségével tudjuk elvégezni.

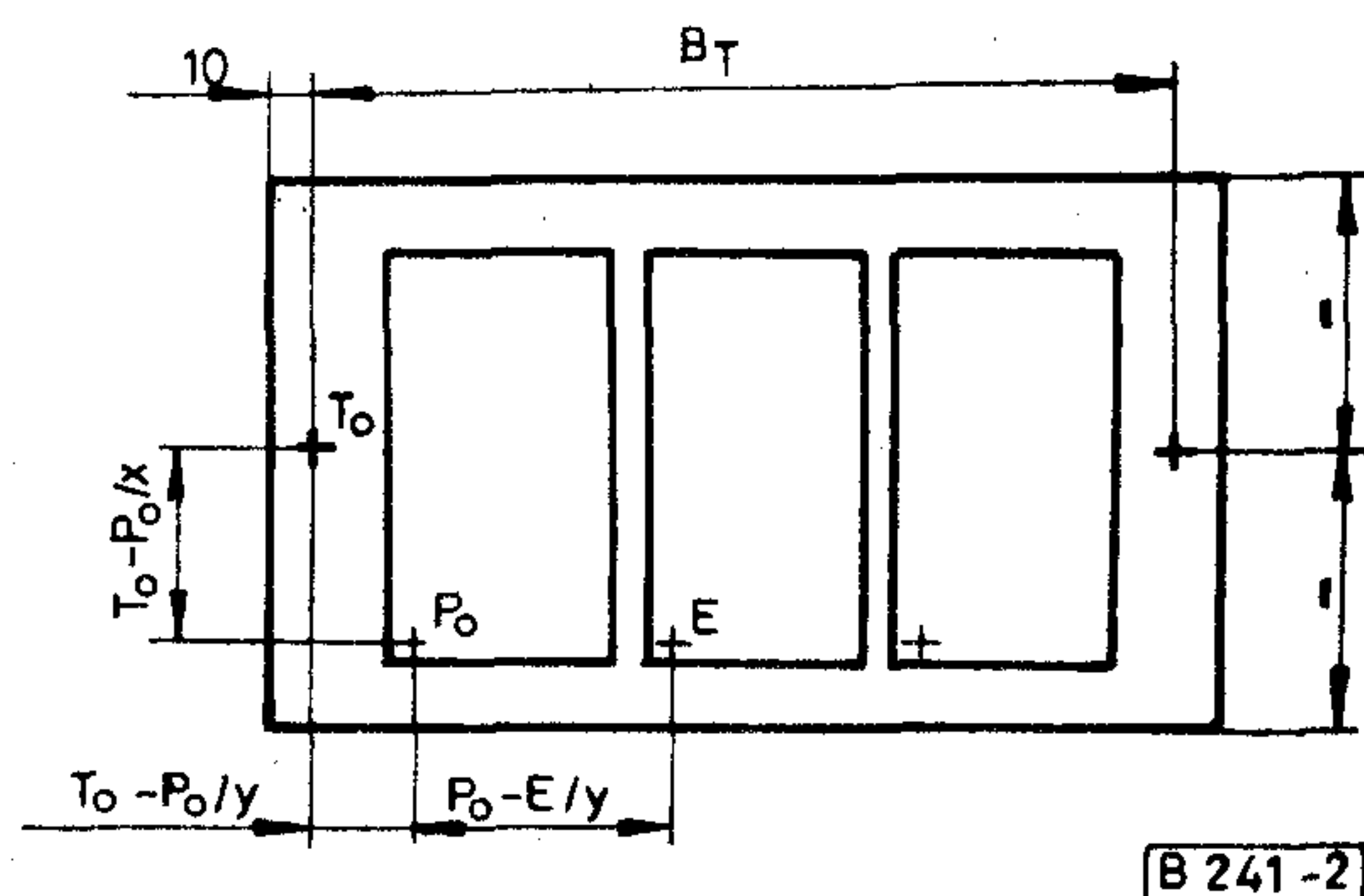
A másik fúrófejjel konkrét fúrási műveletet végzünk — a lyukszalag készítésével egyidőben, amelynek végeredményeként kapjuk meg az úgynevezett mestermintát. E mestermintát alkalmazzuk a Quadrill fúrógép vezérléséhez, a maszkoláshoz alkalmazandó gyártó-film és az NC gép lyukszalag ellenőrzéséhez.

A lyukszalag készítésénél úgynevezett útvonaltervet készítünk az alábbi szempontok alapján:

- furatátmérőként az azonos méretű furatokat összekötő legrövidebb utat jelöljük ki:



1. ábra. SCHMOLL ABL 24 MS típusú négyorsós NC fúrógép



2. ábra. Programozási ábra

Az ábrán használt jelölések értelmezése:

- P_0 a rajzolat „0” pontja
- E montírozott lapok esetén „X” vagy „Y” irányban ismételt lapok programozási „0” pontja
- P_0-E montírozáskor a „0” pont eltolás értéke
- T_0 a programozó asztal bázisfurata és a fúrandó lap pakettáló furata
- B_T a fúrandó lapok bázisfuratai közötti távolság

- az egyes útvonalak kiindulási pontja a lapra jellemző P_0 pont;
- montírozott filmek esetén a P_0 pont az első lap kiindulási pontja, minden további rajzolat montírozás esetén „0” pont eltolást kell végezni. Az új kiindulási pont az „E” pont. Az eltolás mértéke megegyezik a P_0-E értékkel.

A manuális vezérlésű Quadrill fúrógépen történő fúrásakor is kijelöljük a leggazdaságosabb útvonalat, amelyet a mestermintán fúróátmérőnként más-más színnel jelölünk.

b) Nyomtatott huzalozású lapok fúrása

Vállalatunknál kétféle alapanyagú rétegelt lemezből készült nyomtatott huzalozású lapok kerülnek alkalmazásra. A hagyományos papírvázaz fenolgyanta alapú rétegelt lemezekből bér munkában készítettjük a régi nem perspektivikus gyártmányainkhoz szükséges lapokat, ezek a legritkább esetben kerülnek gépi szerelésre és így a furatok helyzetpontossági előírásai is enyhébbek. Ezért e lapok fúrását a manuális vezérlésű Quadrill fúrógépen végezzük a mestermintán levő furatok és a kijelölt útvonalterv segítségével.

A gépi szerelésre és forrasztásra kerülő lapjainkat minden esetben üvegvázaz epoxigyantás alapú rétegelt lemezből készítjük. Ezek a furatpontossági előírások szigorúsága miatt csak a nagy pontosságú NC vezérlésű fúrógépen fúrhatók.

Az NC vezérlésű négyorsós fúrógépen — a gépkönyvi előírásoktól függetlenül, a gép kímélése érdekében — max. $\varnothing 2$ mm-es furatnagyságig fúrunk. Ez alól kivételt képeznek a gépi szereléshez szükséges $\varnothing 1/8''$ -os méretű, valamint a különlegesen nagy darabszámú furatok esetében, külön elbírálás alapján az $\varnothing 3,2$ mm-ig terjedő furatok.

Minden olyan furat, mely nem az NC fúrógépen készül, utólagos felfúrással kerül kialakításra. Ezen furatokat $\varnothing 1$ mm-es fúróval fúrjuk elő. A furatfémezett furatokat az alapértéknél 0,1 mm-rel nagyobb méretűre fúrjuk, a furatfémezés furatszűkítő hatása miatt.

Az üvegvázaz alapanyagú nyomtatott huzalozású lapok fúrásához — az üvegszálerősítés miatt — speciális kialakítású az NSZK-beli Kemmer cég által készített keményfém fúrókat alkalmazunk, amelyek kopásállósági és ennél fogva a fokozottabb él- és mérettartósági tulajdonsággal rendelkeznek. A fúróperselyek kiküszöbölése, valamint a fúró befogó-patronok méretválasztékának csökkentése érdekében egységesen $\varnothing 3$ mm-es szárú (vastagított, illetve $\varnothing 3$ mm felett vékonyított szárú) fúrókat alkalmazunk.

4.2.2. Mechanikai végmegmunkálás

A kész, maratott lapokon a szükséges mechanikai alakításokat ebben a műveleti csoportban végezzük el.

Sajtolás

E műveleti fázisban a kész lapok végleges méretkialakítása azaz kontúrvágás, lyukasztás és az esetlegesen szükséges kicsipés, valamint a lenyírás készül. Ezeket a műveleteket viszonylagosan nagy darabszám vagy speciális alakzatok kialakításánál alkalmazzuk.

Kontúrmarás

A fentiekből adódóan másodrendű szerepe van e műveletnek, mivel csak kis darabszámú sorozatoknál,

labormintáknál, és a többrétegű lapok kontúrkialakításánál alkalmazható gazdaságosan. A kontúrmaráshoz az NSZK gyártmányú SCHMOLL ACROBEVELER típusú speciálisan e célra kifejlesztett gépet használjuk.

Leélezés, kontaktusfészek marása

A Telefongyárban kétféle NYÁK-lap csatlakoztatási módszer honos, és ezek alkalmazása határozza meg, hogy mikor melyik művelet elvégzésére kerüljön sor. *Direkt csatlakozós* — aranyozott — nyomtatott huzalozású lapoknál a csatlakozó aljzatba való könnyebb betolthatóság érdekében leélezést alkalmazunk, ennek során a lapok csatlakozó részein mindkét oldalon $0,6 \times 30^\circ$ -os élettörést végzünk.

Indirekt csatlakoztatás, ahol aranyozott érintkező papucskok kerülnek felszerelésre, a nyomtatott huzalozású lapok csatlakozó részén az érintkező papucskok részére férőhelyet alakítunk ki. Mindkét marási művelet elvégzéséhez saját tervezésű és kivitelezésű célgépet használunk.

4.3. Nyomtatástechnika és eljárásai

A nyomtatott huzalozású lapok gyártásának egyik legkritikusabb műveleti fázisa a fúrt lapokra történő rajzolatfelvitel. E művelet döntően befolyásolja a későbbiek során elkészülő lapok minőségét és ezért már a művelet elkezdése előtt az előkészületi tevékenységeknél is nagyon komoly figyelmet kell fordítani a technológiai fegyelem maximális betartására.

A készítendő NYÁK lapok minőségét döntően befolyásoló tényezők:

- a legmegfelelőbb szitafesték kiválasztása,
- a legmegfelelőbb szitaszövetek kiválasztása,
- a szitaszövet keretre történő feszítése,
- a szitaszöveten levő rajzolat kialakítási módja,
- a nyomtatás technikája és eszközei.

Továbbiakban ismertetni kívánjuk a vállalatunknál alkalmazott szitanyomtatási technológiát a szitaelőlkészítéstől a szükséges rajzolatfelvitelig.

4.3.1. Ultraibolya sugárzásra keményedő szitafesték

Az UV festékek mind technológiai, mind környezetvédelmi és egészségügyi szempontból lényegesen kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a hasonló rendeltetésű oldószeres festékek. Próbaüzem során a szóba jöhető festékek viszonylag széles skálájával végeztünk kísérleteket, amely eredményeként eldöntésre került, hogy az NSZK-beli PANGOLIN és az angol DYNACHEM cégek festékei elégítik ki a legjobban igényeinket. Megállapítottuk, hogy a DYNACHEM cég festékei egyes paramétereiben jobb tulajdonságúak a PANGOLIN cég festékeinél, ezt azonban a PANGOLIN cég árai, valamint a szitanyomtatáshoz szükséges segédanyagok széles termékcsaládja (szitaérdesítőtől a kézmosószerig) kiegyenlítik.

Így elsődlegesen a Pangolin cég festékeit részesí-

tettük előnyben, míg a DYNACHEM cég festékeiből kisebb mennyiséget — különleges esetekhez — tartalékként alkalmazzuk.

Az általunk alkalmazott festékek:

- PANGOLIN UV Galvanoresist GA 30 Extra. Kék színű gépi nyomtatásra alkalmas, nagyon szép, tiszta, éles kontúrú lenyomatot lehet vele előállítani. Nyomtatáskor a szitába nem szárad be, fátolképződésre nem hajlamos. Jó galvanizáló tulajdonságú.
Hátránya: nyomtatás után max. 20 percen belül UV sugárzás segítségével ki kell keményíteni, mert ellenkező esetben a festékben levő oldószer a szabadon maradó Cu felületre kúszik és a felületet elzárja a galvanizálás elől.
- PANGOLIN UV Lötstopplack LS 30 Extra. Zöld színű, kézi és gépi nyomtatásra egyaránt alkalmas, nagyon szép kontúrú lenyomatot adó festék, gépi forrasztás okozta hőszokknak jól ellenáll, a forrasztanyag nem tapad hozzá.
- PANGOLIN UV Signierfarbe SF 50 Weiss Extra. Fehér színű, kézi és gépi nyomtatásra alkalmas jelölő festék. A gépi forrasztás okozta hőszokknak jól ellenáll.

Másodlagos (tartalék) festékek:

- DYNACHEM UV Etching resist SR 31 Blue,
- DYNACHEM UV Lötstopplack SM 119 Grün,
- DYNACHEM UV Signierfarbe weiss.

A PANGOLIN festékeknel az „Extra” megjelölés a vállalatunk részére gyárilag előállított különleges sűrűséget jelent.

4.3.2. A szitanyomtatáshoz alkalmazott szitaszövetek

A rajzolatok szitanyomtatással való felviteléhez két-féle technikát alkalmazunk: kézit és gépit.

A szitaszövetek kiválasztásánál minden esetben figyelembe kell venni a felviendő rajzolat milyenségét és a hozzá alkalmazandó technikát.

A fentiek alapján az alábbi szitaszöveteket alkalmazzuk:

- Acél szitaszövet Nr 425 ($d=0,026$ mm 400 mesh). Finom rajzolatú és kétoldalas lyukfémezett kártyák sűrű rajzolatának gépi úton való nyomtatásához.
- Acél mintaszövet Nr 350 ($d=0,028$; 325 mesh). Kétoldalas, lyukfémezett lapok nem sűrű és egyoldalas lapok sűrű rajzolatának gépi úton való nyomtatásához.
- Acél szitaszövet Nr 270 ($d=0,35$; 250 mesh). Egyoldalas lapok rajzolatának gépi úton való felviteléhez.

Az acél szitaszövetek gyártója az NSZK-beli Haver és Böcker cég, forgalmazója a PANGOLIN cég.

- Monofiles poliészter szitaszövet. MONO—LEN 120 T. Egyoldalas lapok rajzolatának, valamint a feliratok és pozíciójelek kézzel történő felviteléhez.
- Monofiles poliészter szitaszövet. MONO—LEN

48 T. Forrasztást gátló lakk kézi és gépi úton való felviteléhez.

A MONO—LEN szitaszöveteket az NSZK-beli ZBF cég gyártja.

4.3.3. Szitaszövetek feszítése és rögzítése a szitakerethez

A készítenő rajzolat minőségét jelentősen befolyásolja a szitaszövet feszessége.

- Túl feszítés problematikája: a túl feszített szitaszövet — rákel nyomás következtében — már viszonylag kevés lenyomat készítése után maradandó torzulást szenved, fellazul, a behasadásra való hajlama is nagymértékben megnő.
- Laza feszítés problematikája: Nyomtatás közben a rajzolat kisebb-nagyobb méretű torzulást szenved, nagyobb a szitaszövet rajzolatára való tapadásának és így a lenyomat festékrétegének rétegegyenetlensége, amely galvanizálásnál és a festékréteg automata gépsoron való eltávolításánál okoz jelentős problémát.

A szitaszövet feszítésének és rögzítésének kétféle technológiája alakult ki:

- a mechanikus feszítés-rögzítés, ezt minden NYÁK lapot előállító cég egyedi kialakítású, saját tervezésű mechanikus feszítésű szitakerettel oldja meg.

Előnye: a fellazult szitaszövetet ismételt felhasználás esetén újra lehet feszíteni vigyázva a túl feszítés veszélyére.

Hátránya: az előnyéből származik, nagy a veszélye annak, hogy a már rajzolattal ellátott szitaszövet nyomtatás közben fellazul, valamint a feszítés mértéke viszonylag mindig szubjektív tényezőkön múlik. Nehezen lehet a szita-feszesség mértékét stabilizálni. Ez csak külön műszeres ellenőrzéssel lenne lehetséges (tenszió mérés).

Pneumatikus feszítés és 2 komponensű ragasztóval történő szitaszövet rögzítése a leggyakrabban alkalmazott szitakészítési eljárásunk, amelyet egy e célra kialakított, SVECIA típusú pneumatikus működésű feszítő készülékkel ellátott munkaasztalon végzünk. A szitakeretre feszített szitaszövetet 2 komponensű PANGOLIN sablon ragasztó ZSK-val rögzítjük.

Alkalmazás: A ragasztót használat előtt 10:1 arányban keverjük a ZSK edzővel és egy kemény ecset segítségével hordjuk fel a kifeszített szitaszövetre „átkenési eljárással”. 10—20 perc elteltével a szitakeret kivehető a feszítőből. További 30—40 perc elteltével a sablonnal tovább dolgozhatunk. 3—5 óra elteltével a kikeményedés olyannyira előrehaladt, hogy a szitakereteket a normál nyomtatási igénybevételnek alávetethetjük. 8—24 órai száradás után a megragasztott felület oldószerálló, valamint a tapadószilárdsága tovább növekszik. 6—8 óra elteltével a megragasztott felületeket a PANGOLIN 2K—Isolierlack-kal átkenhetjük, miután ezek kiváló kopás- és vegyszerállósággal rendelkeznek.

A pneumatikus feszítésű ragasztott szitasablon készítése.

Előnye: a feszítő pneumatika egy állandó értékre beállítható és így elérhető, hogy minden azonos rendeltetésű és kialakítású szitasablon azonos feszességű legyen. Lényegesen kisebb a fellazulás veszélye.

Hátránya: Fellazulás, illetve torzulás után a szitaszövet feszessége már nem javítható.

4.3.4. Feszített szitaszövetre történő rajzolatfelvitel

A rajzolatfelvitelhez előkészített sablonokat minden esetben gondosan zsírtalanítani kell. Erre a célra nagyon jól megfelel a PANGOLIN cég e célra kifejlesztett szitazsírtalanítója a PANGOLIN Sieb-Neutral-Entfetter, amelyet 1:4 arányban vízzel hígítva kell a tisztítandó felületre felvinni, majd a felületbe kell dörzsölni, addig míg a zsíros szennyeződésre utaló nyomok teljes mértékben el nem tűnnek. Zsírtalanítás után a szitaszövetet bő vízzel ki kell mosni.

Zsírtalanítás után a szitaszövetet fel kell durvítani, hogy a felviendő fotoemulziós anyag jobb tapadását elősegítsük.

Erre a célra a szintén PANGOLIN gyártmányú szövetérdesítőt alkalmazzuk (Siebgewebe-Aufrauhs-Paste), amelyet a zsírtalanítóhoz hasonlóan gondosan be kell dörzsölni a szitaszövetbe, majd a bő víz-sugárral kell kimosni.

A fenti előkészületek után a szitasablont max. 10 percen belül fel kell használni, mivel ellenkező esetben a tisztított felületek ismételt szennyeződhetnek.

Miként a szitaszövetek megválasztásánál úgy a szitaszövetre történő rajzolatfelviteli módszerek kiválasztásánál is döntő szerepet játszik a felviendő rajzolatok osztálya, fajtája és a nyomandó darabszám.

Rajzolat finomsága szerinti osztályozás:

A minimális vezetékszélességtől, a vezetékek egymástól való távolságától, a lapon levő furat és forrszem-sűrűségtől, valamint a maradék forrszemgyűrű nagyságától és ezek törésétől függően két rajzolati osztályt különböztetünk meg vállalatunknál:

a) normál rajzolat és jellemzői:

- forrszemek helyezkednek el egymáshoz min. 1 rászter (2,50/2,54 mm) távolságra. A forrszemek között vezeték nem vezethető el;
- forrszemek helyezkednek el egymástól min. 1,5 rászteres távolságban (3,75/3,81 mm), illetve a rászterháló átlós pontjaiban (forrszem távolság 3,52/3,58 mm). A két forrszem között egy vezeték halad át.

b) finom rajzolat és jellemzői:

- forrszemek helyezkednek el egymáshoz képest min. 1 rászter távolságra (2,50/2,54 mm). A két forrszem között egy vezeték halad át;
- a vezetékszélesség max. 0,3 mm;
a szigetelésszélesség max.: 0,3 mm;
a forrszem átmérő max.: Ø1,4 mm;
a hozzá tartozó furat max.: Ø0,9 mm.

Rajzolatok fajtája szerinti osztályozás:

a) **Maszkolás:** rajzolati osztályok szerint kialakított huzalozási rajzolat felvitele. Vállalatunknál minden rajzolatot galvanikus ón—ólom bevonattal alakítunk ki. A készítendő lenyomat ez esetben negatív rajzolatú.

b) **Feliratozás:** a nyomtatott huzalozású lap hátoldalára, (szigetelő felület) ritkábban a kétoldalas, lyukfémezett lapok alkatrész-oldalára kerülő feliratok, pozíciójelek, szimbólumok felvételét szolgálja (pozitív rajzolat).

c) **Forrasztást gátló lakkbevonat:** a nyomtatott huzalozású lapok teljes felületének bevonása forrasztást gátló lakkal úgy, hogy csak a forrszemek és egyéb forrasztásnak kitett felületek maradnak szabadon.

A fentiek ismeretében határozzuk meg a szükséges nyomósablon készítési eljárást.

A nyomósablon készítésére háromféle eljárás terjedt el:

a) **Direkt eljárás:** amikor a kifeszített és előkezelt szitaszövetet folyékony fotoemulziós oldattal vonjuk be, majd száradás után a gyártófilmen keresztül megvilágítjuk. Megvilágítás során fényt kapott részen az emulzió becserződik (oldhatatlanná válik) a többi részen előhívás után az emulzió kioldódik és a szitát a festék számára átjárhatóvá teszi.

Előnye: az emulzió közvetlenül a szitaszövet szálait fogja közre és ezért lényegesen jobban kötődik ahhoz. Ezáltal megnövekszik a szitasablon élettartama, és növekszik a nyomható darabszám.

Hátránya: a megvilágítás során az egész szitakeretet kell a vákuum — másoló — keretbe helyezni, ami megnehezíti a szitakészítés folyamatát. Legfőbb hátránya azonban az, hogy a szitaszövet szála mind megvilágítás, mind az előhívás során zavaró tényezőkként jelentkezve rontják a lenyomatok kontúrminőségét.

Anyaga: A svájci ULANO cég által készített ULANO DIRECT COATING fotoemulziós oldat, amelynek szitaszövetre történő felvételét, valamint a rajzolat kialakítását (filmelhelyezés, megvilágítás, előhívás stb.). Az ULANO cég által kidolgozott technológiai előírások szerint kell elvégezni.

Felhasználási területe: nagy darabszámú nyomtatás esetén normál rajzolatú nyomtatott huzalozású lapok maszkolásához, valamint a forrasztást gátló lakkréteg szitanyomtatással történő felviteléhez.

b) **Indirekt eljárás:** a rajzolatot a szitaszövettől függetlenül készítjük el egy ún. hordozófilmen levő fotoemulziós rétegben, amelyet megvilágítás és előhívás után hengerléssel viszünk fel a szitaszövetre.

Az így kapott maszkréteg a szövet felületén helyezkedik el a szálak csak kis mértékben nyomódnak be az emulzióba.

Előnye: a nyomandó felülettel közvetlenül a fotoemulziós réteg találkozik és így a szitaszövet

szálainak kontúrtorzító hatása kiküszöbölődik. Szép lenyomatot kapunk az alkalmazásával.

Hátránya: A szítaszöveten levő emulziós réteg lényegesen könnyebben megsérülhet, és ezáltal csökken a nyomható darabszám.

Anyaga: az ULANO cég által készített előérzékenyítés nélküli SUPER-POLY—X típusú és az előérzékenyített BLUE-POLY—2 típusú fotoemulziós film. Célszerűbb az előérzékenyített BLUE-POLY—2 típus használata, mert ez esetben száraz filmmel dolgozhatunk és csak a szükséges megvilágítás után kerül sor az érzékenyítésre. Ezáltal lényegesen egyszerűbb a rajzolatfelvitel technikai lebonyolítása.

Felhasználási területe: normál és finomrajzolatú kártyák rajzolat, feliratozás, valamint a forrasztást gátló lakk felviteléhez.

Ez a technika miként a fentiekből egyértelműen kitűnik széles körű felhasználást tesz lehetővé.

c) **Kombinált eljárás:** a fenti két eljárás összekapcsolásával létrehozott sablonkészítési eljárás, amely nagymértékben kiküszöböli a két eljárás negatív tulajdonságait, ugyanakkor egyesíti a két rendszer pozitív tulajdonságait. Szép, tiszta kontúrú lenyomat készíthető viszonylag nagy darabszámban.

Anyaga: ULANO DIRECT 200/300 PR, illetve az ULANO DIRECT/INDIRECT típusú fotoemulziós anyagok.

A fotoemulziókon történő rajzolat kialakítása: a negatív filmet (emulziós oldalról olvasható), valamint a fotoemulziós filmet (szitakeretet vákuummásoló keretbe helyezés után vákuum létesítésével buborékmentesen összeszorítjuk majd a fotoemulzióhoz szükséges (előre meghatározott típustól függően 2—6 perces) ideig az ACTICOP 5000 típusú automatikus távkapcsolóval ellátott 5 kW-os fémhalogén lámpával megvilágítjuk.

Megvilágítás és érzékenyítés után az előhívás és fixálás egy saját tervezésű hideg-meleg vizű keverőcsapos „előhívó-kimosó” állványon történik.

Száradás után a rajzolattal ellátott szítaszövet keret és rajzolat közötti felületet célszerű jól tapadó, kopásálló és pórusmentes filmréteget képező „szita-töltő sablonokkal” bevonni, hogy nyomtatáskor a festék ne szennyezze a lapot és a berendezést. Ezzel az anyaggal lehet a szitán levő rajzolat esetleges hibáit is kijavítani. E célra fejlesztette ki a PANGOLIN cég a Siebfüller PSF szita-töltő sablonlakkját, amely kb. 15 perccel a felvitel után már száraz és rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, amellyel a rajzolatot alkotó fotoemulziós réteg.

4.3.4. Rajzolatfelvitel szitanyomtatással

A különböző típusú rajzolatokat (huzalozás, feliratozás, forrasztást gátló lakkozás) kétféle szitanyomtatási eljárással lehet a lapokra felvinni.

— Kézi szitanyomtatás:

Saját tervezésű és kivitelezésű berendezéssel végezzük. Berendezésünk biztosítja mind a szita-

takeret, mind a fűrt folírozott lemez tranzverzális mozgását, amely segítségével elérhető a rajzolat furatokra történő pontos helyezése.

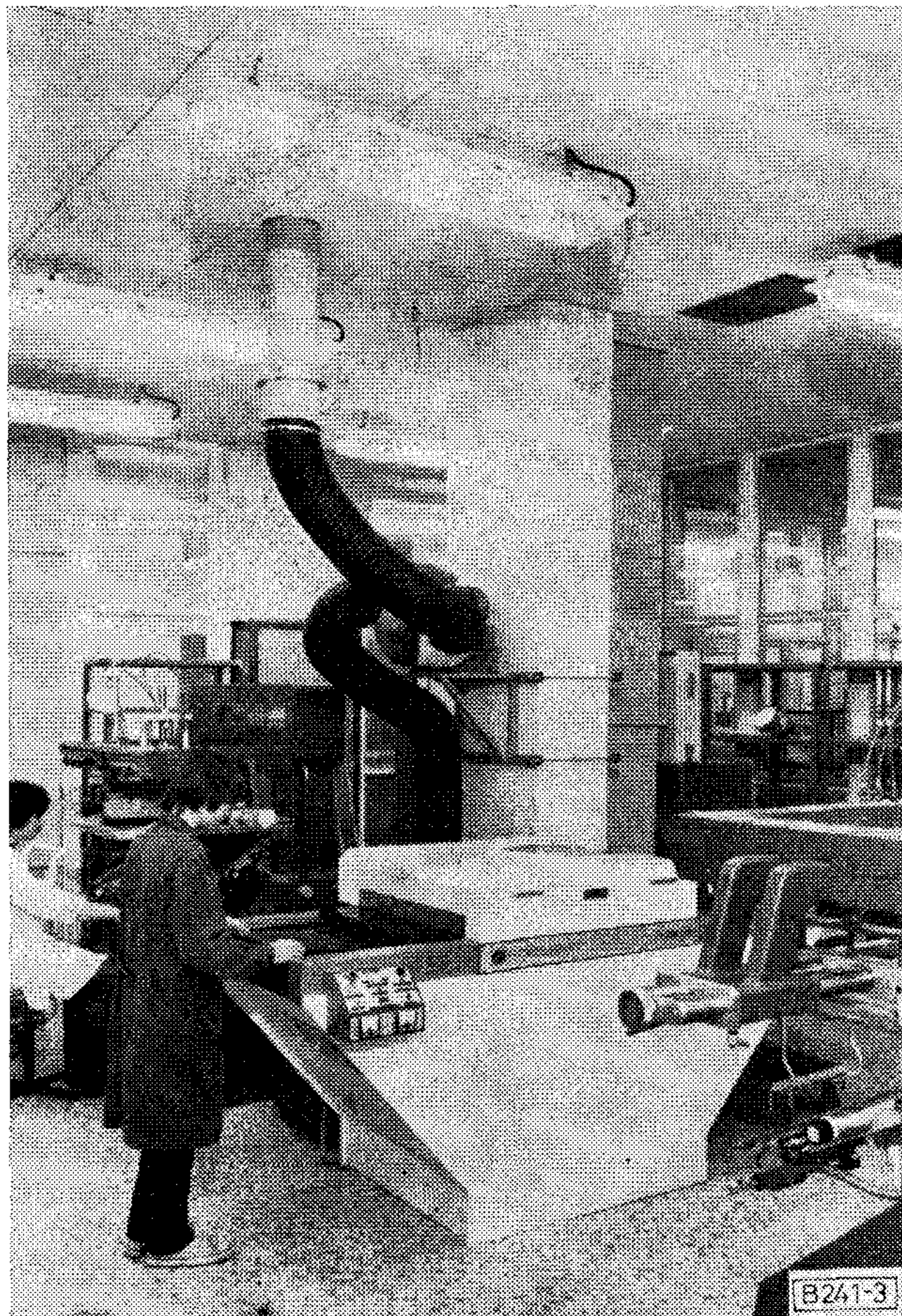
— Gépi szitanyomtatás:

A gépi szitanyomtatást AUTOROLL EXACT-RA 27 szitanyomó gépeken végezzük, amelynek lenyíló asztalán az eredeti keresztirányú lap felerősítési lehetőségét az asztal hosszirányú hornyok kialakításával tovább bővítettük. Ezzel elérhetővé vált az a cél, hogy a szitanyomtatás iránya (rákel mozgás) megegyezzen a rajzolon domináló huzalozások irányával.

Szitanyomtatás technológiája:

A szitarajzolat fűrt lapra történt nagy vonalú beállítása után egy áttetsző fóliát (ULANO hordozófilm) rögzítünk a szitanyomógép asztalának keretére (függetlenül a fűrtlapot a tartó asztalfelülettől), majd próbanyomást végzünk.

A fólián kapott lenyomatot a fűrt lapot tartó asztalfelület beállító elemeinek segítségével pontosan pozicionáljuk a lapon levő furatokra. Ezután kezdődhet a tényleges szitanyomtatás, ahol az első 3—4 lenyomatot tiszta, szennyeződésmentes papírra kell nyomni, amikor a papíron a lenyomat rajzolata már hibátlan, szabad a nyomtatást a fűrt lapokon elkezdeni. 2—3 fűrt lapra történő nyomtatás során meg kell győződni arról, hogy a rajzolat hibátlan-e. Hibátlan lenyomat esetén folytatható csak a sorozatgyártás.



3. ábra. EXATRA 27 félautomata szitanyomó berendezés és UVC 24 ultrabolya beégető kemence

Amennyiben a rajzolat kb. 10 lenyomat után sem tisztul ki, a hiba okát ki kell vizsgálni és meg kell szüntetni.

A szitanyomtatással készített rajzolat minőségét befolyásoló tényezők:

- a szitakeret mérettartóssága,
- a szitaszövet fajtája és feszsége,
- a maszk fajtája és felvitelének technológiája,
- a nyomtatáshoz alkalmazott festék és a nyomtatás technológiája,
- a rajzolat és a szitaszövet szálai által bezárt szög,
- a nyomtatás eszközei és körülményei,
- a szita és a fúrt lap közötti távolság.

Szitanyomtatás után a kész lapok lenyomatait COLIGHT UVC 24 UV alagúton átvezetve beszárítjuk. A teljesen száraz rajzolon levő esetleges hibákat retusálással javítjuk. Már szitanyomtatáskor el kell dönteni azt, hogy a lapokon levő lenyomat esetleges hibája milyen mértékű. Abban az esetben, amennyiben a hiba jelentős, úgy retusálás helyett a felvitt festék leoldásával eltávolítandó és a lapon a (szükséges előkészítések után) szitanyomtatás megismételhető. Abban az esetben, amikor a folyamatos szitanyomtatás valamilyen oknál fogva megszakad (pl. műszak vége) a szita rajzolatából a festéket papírra ki kell nyomni és a szitaszövetet száradáskésleltető spray-vel kell befújni. Erre a célra a PANGOLIN-Sieböffner-Lösung nevű száradáskésleltető spray-t alkalmazzuk.

Csak teljesen hibátlan rajzolatú nyomtatott huzalozású lap kerülhet további műveletre, mivel a szitanyomtatáskor bevitt pontatlansági, beszűrődéses stb. hibák a későbbiek során már nem javíthatók.

4.3.5. A szitasablonok tisztítása, rétegtelenítése

Miután a szükséges szitanyomtatási műveleteket elvégeztük célszerű a sablonokat kitisztítani, amíg a rajta maradt festék jelentősen be nem kötődik a szövet szálaiba.

A szitasablonok rétegtelenítéséhez, illetve tisztításához az NSZK-beli Pangolin cég több igen jó minőségű rétegtelenítő és szitatisztítószer fejlesztett ki, amelyek az általuk kiadott technológiai előírások betartása mellett biztosítják a szitasablonok ismételt felhasználásának lehetőségét. Ezek az anyagok a környezetre és a munkát végző dolgozókra teljesen ártalmatlanok. Az általunk használt szitatisztító és rétegtelenítő anyagok az alábbiak:

— PANGOLIN Flüssig-Entschichter OPK

Magasan koncentrált, szagmentes, nem gyúlékony, a környezetre ártalmatlan rétegtelenítő anyag, használat előtt 1:5 arányban vízzel hígítandó. A sablonokból pár percen belül eltávolítja az emulziót, nem mérgező, a szennyvízcsatornába közömbösítés nélkül elvezethető. Miután az emulzió feloldódott, a sablonokat erős vízsugárral kimossuk és megszáritjuk.

— PANGOLIN Sieb-Cleaner Alfa + Beta

A sablonok rétegtelenítése után az oldhatatlan emulziómaradványt, fátolképződményt és szellemképet eltávolítja. Így a teljesen elszennyeződött sziták használhatóvá és teljes értékűvé válnak.

A Sieb-Cleaner Alfa + Beta alkalmazása: A rétegtelenítés után a sablonokat vízzel leöblítjük. A még nedves szitaszövetre hordjuk fel a Sieb-Cleaner paszta Alfát, amelyet egy kefe segítségével a szita mindkét oldalán szétoszlatunk. Rövid idő elteltével a Cleaner paszta Beta részét hordjuk fel a már szitán levő Alfa részre és ismét könnyed dörzsöléssel elterítjük. A sablon szennyeződése mértékétől függően, mindkét pasztát 3–5 percig hagyjuk a szita felületen. Ezután a sablonokat vízzel leöblítjük majd végül magas nyomású vízsugárral lemossuk, megszáritjuk szokás szerint tovább megmunkáljuk.

4.3.6. Maszkolás fotoreziszt eljárással

A maszkolás, illetve a rajzolatfelvétel másik leggyakrabban alkalmazott eljárása a Szilárd fotoreziszt eljárás. Üzemünkben elsősorban a tűz- és környezetvédelmi szempontok miatt alkáli (lúgos) fotoreziszt technológiát alkalmazzuk.

Előnye: határozott éles kontúrú rajzolat készíthető. A manuálisan végzett filmpozicionálás eredményeként ez a technika alkalmazható a „finom” és „igen finom” rajzolatú, valamint azon kis darabszámú „normál” rajzolatú nyomtatott huzalozású lapok gyártásánál, amelyeknél a kis darabszám miatt a szitanyomtatással való rajzolatfelvitel gazdaságtalan. **Hátránya:** a viszonylag magas élőmunka-ráfordítás, jelentős anyag- és eszköz költségek következtében a nagy darabszámú gyártás nem gazdaságos.

A technológiai folyamat

A fúrt folírozott lemezeket kb. 50–60 °C-ra előmelegítjük, majd az előmelegített lapokat az angol gyártmányú DYNACHEM—250 típusú lamináló berendezés segítségével UV érzékeny fotoreziszt réteggel vonjuk be. A lamináló berendezésben fűtött saruk előmelegítik a fotoreziszt fóliát, majd a nyomóhengerek között engedjük át a lapokat. A nyomóhengerek biztosítják a film megfelelő tapadását.

Laminálás után kb. 20 perces pihentetés szükséges ahhoz, hogy a lapok lehűljenek. A kihűlt, laminált fúrt lapokra manuális úton pozicionáljuk a fekete-fehér vagy a diazopozitív filmet. A pontos pozicionálást biztosítja a saját konstrukciójú átvilágító asztal, amelynek a furatokon áthatoló fénye mutatja meg a pozicionálás pontosságát.

Pozicionálás után a lapokat 2×2,5 kW-os COLIGHT DMVL—A típusú ultraibolya spektrumban sugárzó fényforrásokkal ellátott berendezésbe helyezzük, majd az előzetesen meghatározott idejű megvilágításnak vetjük alá őket. A megvilágítási időt a berendezésbe beépített exponáló órán tudjuk beállítani és ellenőrizni.

Megvilágítás után a pozicionált filmet eltávolítjuk, majd ismételt kb. 20 perces pihentetés következik.

Pihentetés után sor kerül a már megvilágított lapok előhívására, amelyet DEA 1200 (USA) előhívó berendezésben végezzük. E berendezés alkalikus hívó, utóhívó, öblítő zónákból áll, amelyben a hívó és öblítő folyadék alsó-felső fúvókasor segítségével jut az előhívandó felületre. A fúvókasor eltömődését beépített szűrőrendszer gátolja meg. E műveleti fázisnál nincs desztilláció és ezért a hívóoldatot rendszeresen pótolni kell. A berendezésbe beépített három légkessor révén a lapok száraz állapotban hagyják el a berendezést. Egyes munkazónák közötti anyagtovábbítást a berendezésben levő görgősor biztosítja. A görgősor sebességét, azaz a lapoknak az egyes munkazónákon való áthaladási idejét minden esetben a hívóoldat töménységének függvényében változtatjuk.

Az előhívott, száraz nyomtatott huzalozású lapok ellenőrzés és az esetleges hibák kijavítása (retusálás) után további műveletvégzés céljából a galvanizáló műhelybe kerülnek.

4.4. Kémiai és galvanikus kezelések eszközei és eljárásai

A nyomtatott huzalozású lapok gyártása során az alábbi — egymástól elkülönülő — kémiai és galvanikus technológiákat alkalmazunk:

- Furatfémezés,
- Rajzolatgalvanizálás (vezetősáv-erősítés).
- Érintkezősávok aranyozása.

A maszkolási (rajzolat felviteli) műveleteket minden esetben kémiai előkészítő műveletek előzik meg.

4.4.1. C s i s z o l á s

A kifúrt alaplemezeket a fúrási éleken visszamaradó sorja, a furatokban forgács miatt, továbbá a lapok réz felületeinek oxidmentesítés és egyéb szennyeződések eltávolítása, valamint a felületek előérdesítése céljából csiszolásnak kell alávetni. A réz réteg káros mértékű csökkenésének megakadályozása érdekében a lapokat maximálisan 3—4-szer csiszoljuk.

A sorjátlanítást és a felületérdesítést vízzel nedvesített csiszolóhengerek végzik, a furatok és a felület további tisztítása a csiszolást követő nagy nyomású vízpermettel és a lapok leszárítását is szolgáló sűrített levegős lefúvással történik.

A géphez víztartállyal egybeépített szalagszűrő, valamint kis és nagy nyomású szivattyú csatlakozik. A sűrített levegőt a gépbe beépített turbófúvó állítja elő. A „Somaca” SBC 224 F típusú csiszológép a GML cég gyártmánya. A csiszolást legfeljebb 1-2 órával a furatfémezés megkezdése előtt kell elvégezni, mivel nagyobb várakozási idő következtében a csiszolt Cu felület oxidálódása megakadályozza, illetve nagymértékben rontja a további galvanikus műveletek minőségét.

4.4.2. A f u r a t f é m e z é s

Az általunk is alkalmazott „szubtraktív” eljárásnál a furatfémezésre, vagyis a furatfalak vezetővé tételére az alábbi két technológiai változatot alkalmazzuk:

- a) Vékony (0,3—0,5 μm vastag) rézréteg kialakítása kémiai redukcióval, majd közvetlenül utána, mintegy 5 μm vastag rézréteg leválasztása galvanikusan.
- b) A technológiailag szükséges 2,5—3 μm vastag rézréteg kialakítása kémiai redukcióval (galvanikus erősítés nélkül).

Vállalatunk az üzem tervezésekor a b) változat szerinti technológia alkalmazása mellett döntött.

A furatfémezés úgynevezett kosártechnikával történik. A függesztőszerszámban 5 lapsor kerülhet felerősítésre egymástól kb. 20 mm távolságban. Az egy tételben kezelhető lapfelületek nagysága kb. 3 m^2 .

A leghosszabb technológiai művelet a kémiai rezezés.

A kezelési idő 40—45 perc.

Műveletei:

- Szerszámra függesztés.
- Zsírtalanítás és öblítés.
- Maratás és öblítés.
- Dekapírozás és öblítés.
- Érzékenyítés és aktiválás, majd öblítés.
- Regenerálás és öblítés.
- Kémiai rezezés és öblítés.
- Szárítás.
- Leszedés és ellenőrzés.

Az ellenőrzés alkalmával hibásnak talált furatfémezésű lapokat újbóli furatfémezéssel lehet és kell is javítani.

A kezelőoldatok speciális vegyszereit az NSZK-beli M u T cég szállítja.

A berendezést a rajzolatgalvanizáló berendezéssel együtt a 4.4.4. pont ismerteti.

4.4.3. R a j z o l a t g a l v a n i z á l á s (vezetősávok erősítése)

A maratásra kerülő rézfelületek letakarása (maszkolás 4.3. szerint) után a furatfalak és vezetősávok rézrétegének erősítése, felfrissítése és a maratóközeggel szembeni védelme (galvánmaszk) céljából galvanikus ón—ólom réteget kell felvinni. A kétoldalas lyukfémezett lapok esetében az ón—ólom galvanizálás előtt galvanikus Cu réteget kell felvinni, egyrészt a már meglevő Cu réteg megerősítése, másrészt annak felfrissítése céljából.

A rajzolatgalvanizálás műveletei:

- Szerszámra függesztés.
- Zsírtalanítás és öblítés.
- Dekapírozás és öblítés.
- Galvanikus rezezés és öblítés.
- Dekapírozás fluorbórsavban és öblítés.
- Ónozás és öblítés.
- Leszárítás és leszedés.

A galvanizáló szerszámokra függeszthető és egy tételben kezelhető lapfelület kb. 0,7 m^2 .

A kezelőoldatok speciális vegyszereit az M u T cég szállítja.

4.4.4. Berendezés a furatfémezéshez (4. 4. 2.) és rajzolatgalvanizáláshoz (4. 4. 3.)

A háromféle technológiai vegyi folyamat (kémiai Cu, galván Cu, galván ón—ólom réteg felvitele) végrehajtására szolgáló kezelőkádak egyetlen kádsorba lettek összeépítve. A kádak anyaga a technológiai igénytől függően kemény PVC vagy polipropilén. Az egyes kádakhoz különböző kiegészítő szerelvények (víz, sótalánított víz, sűrített levegő csatlakozás, áramforrások, szűrőszivattyúk stb.) kerültek kiépítésre. A kádsor fölött a teljes hosszt kiszolgáló katódmozgató egység van.

A szerszámra függesztést követően a technológiai méretű lapok továbbítását, bemelegítését, kiemelését a műveleti sorrend, és a technológiai idők betartásával a berendezést kiszolgáló automatikus üzemmódú szállítókar végzi.

A berendezést „Multimat” mikroprocesszor vezérli. A kádsoron egyidőben csak egyféle program (furatfémezés vagy rajzolatgalvanizálás) végezhető.

A kétféle technológiai folyamatnál közös kádakban történik a sótalánítás és dekapírozás, az ezeket követő öblítések és a szárítás.

A programok üzemeltetési megoszlása általában a következő:

- minden 5—8 műszaknyi rajzolatgalvanizáláshoz 1—2 műszaknyi furatfémezési időt kell biztosítani azonos gyártandó darabszám mellett.

4.4.5. Érintkezősávok aranyozása

Amennyiben az áramköri lapon direkt csatlakoztatású érintkezősáv kerül kialakításra, akkor a 4.5. pont

szerinti műveletek és az azt követő ellenőrzés után kész lapokon az érintkező kerül kialakításra:

- Védőfólia felragasztása.
- Ón—ólom bevonat leoldása és öblítés.
- Nedves csiszolás és lemosás.
- Maratás és öblítés.
- Nikkelezés és öblítés.
- Dekapírozás és öblítés.
- Aranyozás és öblítés takaréköblítőben.
- Öblítés sótalánított vízben és leszáritás.
- Védőfólia eltávolítása.

A felragasztott védőfóliát kézi működtetésű — gumizott felületű hengerlő készülékkel „vasalják” fel a lapokra.

A nedves csiszolás kézi művelet, amelyhez csiszolóanyagként „Scotch Brite Hand Pad No 7448” kézi csiszolólapot használnak.

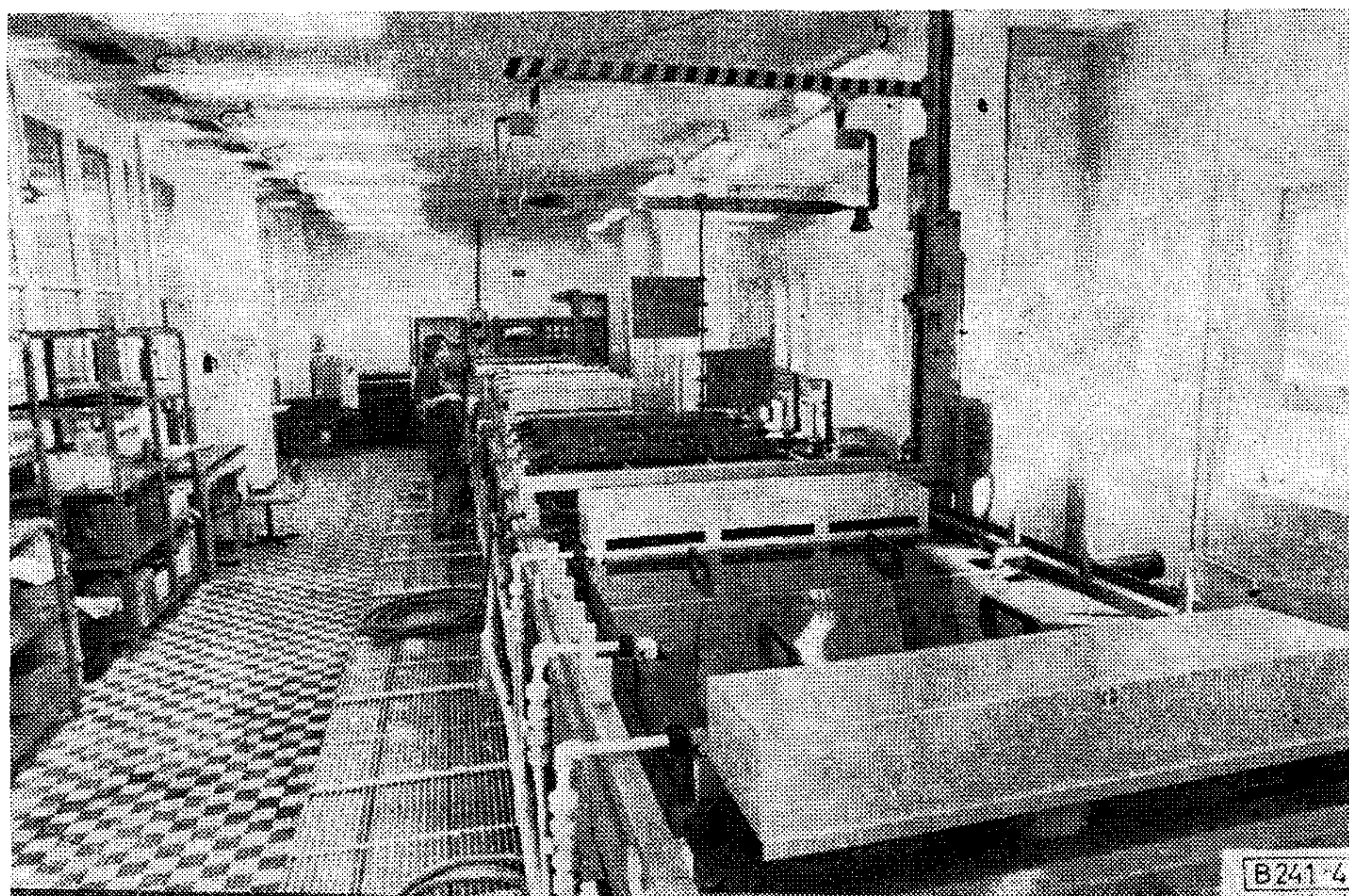
Az aranyozás galván technológiája manuális kiszolgálású kádsorban kerül lebonyolításra. A nemesfém-felhasználás ellenőrzésére az aranyozókád áramkörébe amperperc számláló került beépítésre.

A kádsort a csatlakozó szerelvényekkel együtt (katódmozgató, szűrők, áramforrások stb.) az M u T cég szállította.

A nemesfémsót az Állami Pénzverő Vállalat, az elektrolitokhoz szükséges speciális vegyszereket az M u T cég szállítja.

4.4.6. S ó t a l a n í t o t t v í z e l ő á l l í t á s a

Az elektrolitok és kezelőoldatok készítéséhez, valamint egyéb technológiai műveletek után az öblítéshez sótalánított vizet (ionmentes víz, vezetőképessége max. 30 μ S) kell használni. Az áramköri lap gyártás



4. ábra. M und T galvánautomata

átlagos sótanított vízigénye 1—1,5 m³/óra. A csúcsfogyasztás azonban elérheti a 2,5 m³/óra értéket is.

A sótanított víz termelése 1 db „DH 280—HOH—K iker” típusú teljes sótanító berendezésben történik. A berendezést az Április 4. Gépgyár Nagykanizsai Gyára szállította és szerelte.

4.5. Leoldás és maratás eszközei és eljárásai

4.5.1. A védőfesték (4.3. szerinti maszk) leoldása

A rajzolatgalvanizálás (4.4.3.) után a kimaratandó rézfelületekről el kell távolítani a védőfestéket (maszket). A leoldást célberendezésben permetezéssel végzik az alábbi műveletsorral:

- Leoldás 5%-os meleg (40 °C) nátronlúgoldattal.
- Öblítés hideg vízzel.
- Szárítás sűrített levegővel.

A berendezésben görgős konvejsor továbbítja a lapokat az egyes kezelősávokon keresztül.

A „6100 A” típusú strippelő (leoldó) berendezés a DEA cég gyártmánya.

4.5.2. Az áramköri lapok maratása

A védőfesték eltávolításával szabaddá tett rézfelületeket réz II kloridot, ammóniumkloridot és ammóniumhidroxidot tartalmazó oldattal kell lemaratni az áramköri lapok szigetelő anyagáról. A rajzolatot (vezetősávok, forrszemek, furatfalak stb.), az ón—ólom bevonat védi meg az elmaródástól. A maratás permetezéssel végzik az alábbi műveletsorral:

- Maratás meleg (40 °C-os) maratóoldattal.
- Öblítés hideg vízzel.
- Leszáritás sűrített levegővel.
- Ón—ólom bevonat fehérítése fluorbórsavas oldattal.
- Öblítés hideg vízzel.
- Szárítás sűrített levegővel.

A berendezésben görgősor továbbítja a lapokat az egyes kezelőzónákon keresztül. A görgők mozgatására szolgáló lánc titán, ami tökéletesen ellenáll a maratóoldatnak. A lánc végighalad valamennyi kezelőzónán (marató, öblítő stb.) és az öblítőzónákban megtisztul az előző kezelőzónában felrakódott szennyezésektől. A görgősor sebességének változtatásával lehet a maratás minőségét befolyásolni (túlmaradás, alámaradás, rézfolt maradék kialakulásának megakadályozása). A „180 B” típusú maratóberendezés a DEA cég gyártmánya.

4.6. Megömlesztés eszközei és eljárásai

A galvanizálás után az ón—ólom bevonat nem homogén, hanem porózus, azaz mikroszkopikus légzárva-



5. ábra. DEA—180 B marató és DEA 6100 leoldó berendezések

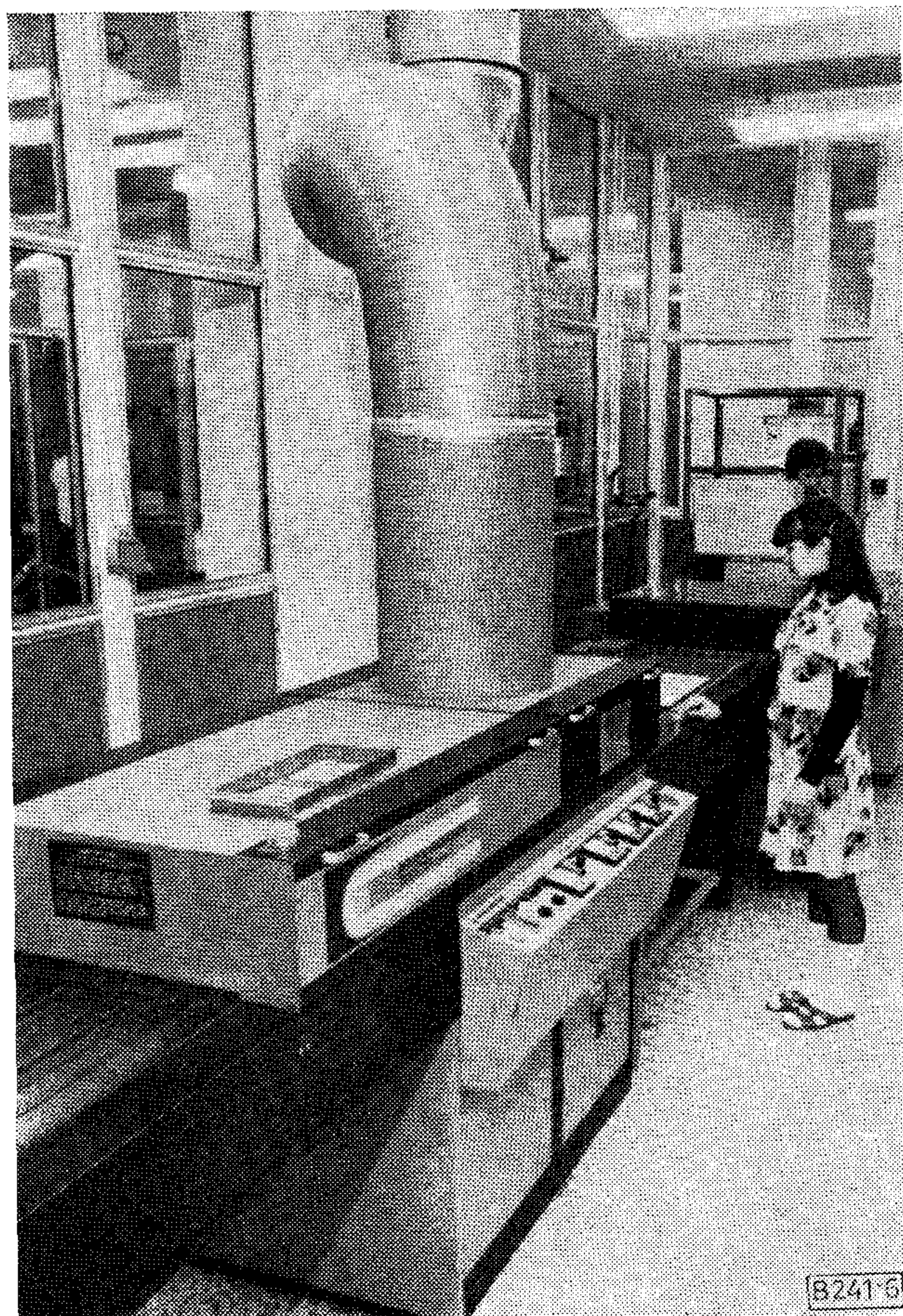
nyokat, lyukakat tartalmaz. Maratás után a rajzolat oldalán szabadon maradó Cu felület található, amely korróziós veszélyt jelent a lapokra. A felületi porózuság, valamint a szabad Cu felület megszüntetése tehát a rajzolat ón—ólom bevonatának homogenizálása érdekében a lapokat egy ún. megömlesztő infra-alagúton kell átvezettetni. Itt az ón—ólom réteg megömlesztése következtében az eredetileg szemcsés, sötét színű és matt ón—ólom felületen csillogó fényes homogén felületet alakít ki.

Ez a technológiai lépés közvetlenül a maratás (4.4.5.) után következhet vagy — amennyiben az áramköri ábrán direkt csatlakozó érintkező sávok vannak — szétvágás és az érintkezősávok aranyozása után végezhető el.

Az ón—ólom bevonat megömlesztésének műveletsora:

- Folyasztószer felhordása a lapfelületekre.
- Szárítás (oldószer elpárologtatása).
- Megömlesztés infravörös alagútkemencében.
- Hűtés.
- Folyasztószer lemosása és szárítás.

A lapokat a folyasztószer felhordására szolgáló hengerek közé kell vezetni, és a berendezés szállítószalagja, illetve görgősora vándoroltatja tovább az egyes műveleti zónákon keresztül. A szárító, megömlesztő és hűtő zónákon áthaladó szalag láncszemei



6. ábra. RESEARCH—2814 infravörös megömlasztó berendezés

titánból vannak. A bevonat megömlasztása a lapok mindkét oldalán egyidőben történik. Megömlasztás után bő vízsugaras mosás, majd sűrített levegős szárítás következik.

A „Model 4384” típusú berendezés a Research cég gyártmánya.

4.7. Minőségellenőrzés és eszközei

Az előzőekben már néhány helyen elmondtuk a gyártásközi ellenőrzés szükségességét és jelentőségét. Megállapítottuk, hogy nagyon gondos munkával, önmeózással, illetve gyártásközi ellenőrzéssel a gyártás különböző fázisaiban a selejtet ki lehet szűrni és többségében javítani is lehet. Megállapítottuk azt is, hogy egy kártyára vetítve a legtöbb élőmunka-ráfordítást az ellenőrzés, illetve hibás nyomtatott huzalozású lapok javítása igényli. (Utánfűrés, maszkolás, illetve maratás utáni retusálás stb.)

A nyomtatott huzalozású lapjaink vizsgálatához kétféle eljárást alkalmazunk:

4.7.1. Roncsolásmentes vizsgálat

- a) Furatfémezés ellenőrzése során mikroszkóppal (PROJEKTINA) szűrőpróbaszerűen ellenőrzük:

- a furatok falának minőségét,
- a furatfémezés minőségét (kémiai Cu),
- a rajzolat galvanizált lapok furatában levő bevonatok minőségét,
- az elkészült lapok furatainak minőségét.

- b) Felület (bevonat) minőségének ellenőrzését binokuláris mikroszkóppal végezzük, amely tértérhatású képen mutatja meg az általunk vizsgált nyomtatott huzalozású lapok felületének minőségét. E vizsgálat segítségével ki tudjuk szűrni

- a légzárványos,
 - az alámaródott,
 - a porózus,
- felületi hibákat.

- c) Furatszám-ellenőrzést összehasonlító eljárással végezzük úgy, hogy az OPTIC—AIDE (NSZK) márkájú furatszám-ellenőrző berendezésbe helyezzük a mestermintát és a fűrt lapot, fedésbe hozás után a furathelyességet fehér, a többlet, illetve hiányzó furatok helyzetét más-más színű fénypont jelzi.

- d) Zárlat- és szakadásvizsgálatát 10-szeres nagyítású optikával végezzük. Ezzel az eszközzel végezzük a maszkolás és maratás utáni ellenőrzést is.



7. ábra. BETASCOPE CC 910 rétegvastagság vizsgáló berendezés

4.7.2. Roncsolásos vizsgálat

A rétegvastagság-vizsgálat során a furatokba és a rajzolatra kémiai és galvanikus úton felvitt anyagok rétegvastagságát ellenőrizzük.

A rétegvastagság ellenőrzéséhez az elkészült technológiai méretű lapokon a hasznos felületen kívüleső helyre elhelyezett ún. vizsgálóábrákat kivágjuk, majd csiszolatot készítünk és a szükséges vizsgálatokat ezen a csiszolaton végezzük el. A nyomtatott huzalozású lapon kívül elhelyezett vizsgálóábra rendelkezik mindazon tulajdonságokkal, amelyek a technológiai méretű lap minden pontjára jellemzők. Ezáltal anélkül, hogy a hasznos felületet, illetve a nyomtatott huzalozású lapot roncsolnunk kellene, indirekt úton kapunk információt a lapjaink minőségéről.

A rétegvastagság-méréshez használatos eszközeink:
Csiszolatkészítő berendezés (NDK Zeiss).

Csiszolatvizsgáló mikroszkóp (NDK Zeiss).

Rétegvastagság-mérő Betascope (NSZK).

Vizsgálóábra kivágó (saját konstrukció).

A minőségellenőrzés során kapott információkat minden esetben kiértékeljük és a kapott eredményeket visszacsatoljuk a gyártáshoz. Selejt analízisa segítségével meghatározzuk a gyártás, a technológia kritikus pontjait és azok felülvizsgálatával, esetleges korszerűsítésével az előforduló meghibásodások számát és mértékét csökkenthetjük.

A nyomtatott huzalozású lapokat gyártó üzemünkben és az ott alkalmazott technológiai folyamatban kiemelt szerepet kapott a minőségellenőrzés.

Csak teljesen hibátlan és minőségileg kifogástalan nyomtatott huzalozású lapok hagyhatják el az üzem területét, mivel csak ilyen kártyákkal tudjuk biztosítani az automatikus elembeültetést, forrasztás zavartalan folyamatát.

MINDENNA NAPUNK

ELEKTRONIKÁJA

Rovatvezető:
Dr. Hetényi László

A műholdas műsorszórás

PRIBELSZKY GYÖRGY
ESZTÓ PÉTER
DR. HETÉNYI LÁSZLÓ TKI

A műholdakkal, mint retranszlátor állomásokkal történő tv műsorszórás gondolata már a II. világháborút követő években felmerült. Ez a gondolat a rakéta-technika polgári alkalmazásának majdani lehetőségéből adódott. Azóta már számos idevonatkozó kísérlet valósult meg és jelen napjainkra vonatkoztatjuk a gyakorlati műholdas műsorszórás elterjedésének kezdetét.

Mostani közleményünkkel a műholdas műsorszórás nemzetközi helyzetébe kívánunk betekintést adni, mivel bizonyos felkészültséggel kell fogadnunk a számunkra is majdan kínálkozó lehetőségeket, illetve tisztában kell lennünk azzal, hogy melyek a megvalósítást gátló tényezők. Egy későbbi közlemény keretében a műszaki megvalósításról is szólni kívánunk. A következőkben összefoglaljuk a témában vezető államok kísérleti és üzemi tevékenységét a műholdas műsorszóró rendszerek területén.

A Szovjetunióban 1977-től kezdve működik műholdas műsorszóró rendszer. A nagy kiterjedésű ország URH rádió és tv adóhálózatának műsorral való ellátása a számítások szerint gazdaságosabb műsorszóró műhold segítségével, mint földi hírközlő hálózattal.

Az elsőként megvalósított EKRAN rendszerben a földi vevőállomások újrásugárzást, vagy kábeles műsorelosztást alkalmazó közösségi vételt tesznek lehetővé. A műholdról vett jellel a nagy, vagy közepes nagyságú területeket besugárzó tv-adók számára, viszonylag költségesebb, jobb paraméterekkel rendelkező I. osztályú földi vevőállomásokat alakí-

tottak ki. A kisebb körzeteket besugárzó tv-adók és a kábeles elosztó rendszerek számára az olcsóbb II. osztályú vevőállomások szolgáltatják a műsorjelet. Az EKRAN rendszer továbbfejlesztése az 1979-ben üzembe helyezett MOSZKVA rendszer. Az időközben végbement technológiai fejlődés hasznosításával az átviteli paraméterek jelentős javítása mellett, lehetővé tette a földi vevőállomások létesítési költségeinek csökkentését, a hatásos műhold-adóteljesítmény növelése és a lecsökkentett vevő-zajtényező által. Ennek hatására 12 m-ről 2,5 m-re lehetett csökkenteni a vevőantenna átmérőjét a vevőállomásokon.

Az Egyesült Államok széles körű kísérleteket folytatott a műsorszóró műholdas technológia kidolgozása és különböző célú felhasználása területén. Az 1974-ben pályára állított ATS-6 műhold (Applications Technology Satellite) az egyéb technológiai kísérletek mellett három műsorszórási kísérletso-rozat elvégzésére is lehetőséget nyújtott:

- a TRUST (Television Relay Using Small Terminals) kísérlet a kis-költségű közvetlen földi vevők számára történő műholdas műsorszórás technológiájának és technikájának a kifejlesztésére;
- a HET (Health, Education, Telecommunication) kísérlet oktató, nevelő programoknak iskolák, kórházak és elszigetelt települések számára irányozta elő a műsortovábbítást;
- a SITE (Satellite Instructional Television Experiment) kísérlet annak demonstrálását

szolgált, hogy megoldható CCIR minőségű tv-műsor továbbítása egyetlen nagy teljesítményű földi állomásról műholdon keresztül, India vidéki területein elszórva telepített, némileg módosított *standard tv vevőkészülékek* számára.

Ezeket a kísérleteket részben önállóan, részben (pl. SITE) nemzetközi együttműködés keretében végezték. Más országok műsorszóró műholdas kísérleteiben általában a műhold pályára juttatásával vettek részt (Kanada, Japán).

Kanada déli része az USA-hoz hasonlóan sűrűn lakott, hírközlő és adóhálózattal jól ellátott országrész. Északi fele viszont gyér lakosságú, a tömegkommunikációt erősen nélkülöző vidék. Kanada 1972-ben helyezte üzembe az első ANIK nevű országos űrtávközlési rendszerét, melynek keretében a rádió- és a tv-adóhálózatnak műsorral való ellátására is lehetőség adódott. A rendszer továbbfejlesztését jelentő ANIK-B rendszert 1978-ban helyezték üzembe. Ez két független fedélzeti átjátszó rendszert alkalmaz a 6/4 és a 14/12 GHz-es sávban (a magasabb frekvencia az „Up-link”, az alacsonyabb a „Down-link”). Az előbbivel Kanada északi részén, az utóbbival (14/12 GHz) a déli országrészekén oldanak meg űrtávközlési feladatokat. A frekvenciasávok ilyen megválasztásával biztosítják a déli területeken sűrűn kiépített földi 6 és 4 GHz-es hálózatokkal való zavartalan együttműködést.

1976-ban Kanada üzembe helyezte a CTS (Communications Technology Satellite) kísérleti műholdat, amellyel a közösségi műsorvétel lehetőségeit vizsgálták, alkalmazásként pedig oktatási és egészségügyi felvilágosító műsorokat adtak. A 12 GHz-es sávban sugárzó műhold nagy hatásos teljesítménye (200 W kimenő teljesítményű HH cső; EIRP=59 dBW) lehetővé tette a Japánban kifejlesztett, közvetlen egyéni műsorvevő eredményes kipróbálását, amely mindössze 60 cm átmérőjű parabola antennával elfogadható vételt biztosított.

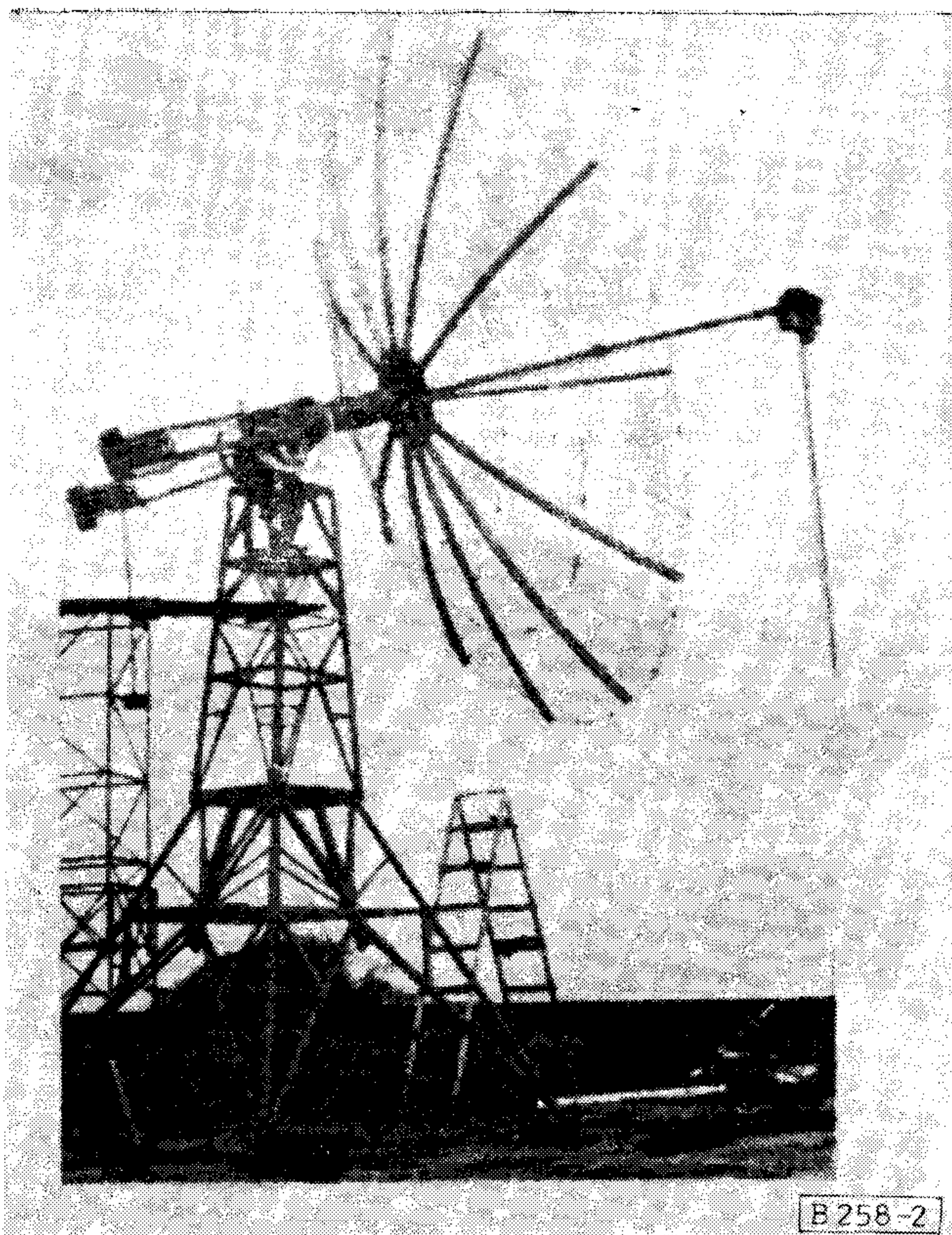
Japánban 8000-nél több tv műsorszóró adó működik. Ezeknek legalább 80%-a átjátszó adó, amely saját körzetében újrásugározza, valamely távoli nagy teljesítményű tv-adó műsorjelét. A távoli szigetek műsorellátása ma sem megoldott, a hagyományos módon nagyon költséges lenne. Megoldásként műholdas műsorszórtó rendszer kialakítását vették tervbe. Ezt előkészítendő, 1978-ban üzembe helyezték a BSE nevű (Broadcasting Satellite Experiment) kísérleti rendszert, amelyben egyrészt az olcsó közösségi és közvetlen tv-műsorvétel lehetőségeit kutatták, másrészt hullámterjedési és interferencia-méréseket végeztek. A 14/12 GHz-es rendszerben a főirányban 56 dBW EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) miatt a fő sugárzási zónában elegendő volt 1,6 m átmérőjű vevőantennákat alkalmazni, míg a távoli szigetekeken is csak 4 m-es parabola antennák voltak szükségesek ahhoz, hogy a nagyfokú csapadékcillapítás ellenére 45 dB-nél jobb jel/zaj viszonyú képet kapjanak. 1 m átmérőjű antennával és egyszerű vevőberendezéssel elfogadható minőségű egyéni vétel volt elérhető a műhold fő sugárzási irányának területén.

India rádió- és tv-műsorral való ellátottsága rendkívül rossz. A 600 millió lakos birtokában kb. 25 millió rádió vevőkészülék és kb. 350 ezer tv-vevő van. A tv-vevőkészülékek legfeljebb a tv-adóval rendelkező tíz-egynéhány nagyváros körzetében működtethetők. A földi hírközlő hálózat igen alacsony kiépítettségű.

Az igények, a lehetőségek és a gyakorlati előnyök felmérése céljából 1975–76-ban kísérletet folytattak a SITE program keretében; (1. és 2. ábrák), melyben a műsorjelet az USA ATS-6 műholdja sugározta az 520–860 MHz-es TV-V. sávban. A nagy hatásos műhold adóteljesítmény (EIRP=53 dBW) egyéni vételt tett lehetővé, hazailag kifejlesztett egyszerű vevőberendezés és 3 m átmérőjű úgynevezett „chicken-mesh” antenna alkalmazásával (tyúk-ketrec-háló). A műsor megjelenítésére átalakított tv-vevőkészülékeket alkalmaztak. India 1983–84-re tervezi hazai műholdas rendszerének kifejlesztését. A két geostacionárius műholdra épülő INSAT-I. rendszer a hazai távközlési igények kielégítése mellett egyéb feladatokat is ellát. Az elsődleges sugárzási övezetben két, egyenként minimálisan 42 dBW EIRP-vel bíró széles sávú műsorszóró csatorna közvetlen rádió- és tv-műsorvételt tesz majd lehetővé egyszerű vevőkészülékek segítségével. A tv-műsor vételéhez $G/T=8,2$ dB/K° érzékenységgű, a Hi-Fi rádióműsor vételéhez $G/T=10,8$ dB/K° érzékenységgű előtét-adapter szükséges.



1. ábra. A SITE program keretében sugárzott indiai műsor ernyőképei, amelyeket az Írországi Dublinban vettek 1976-ban. (Wireless World 1976.)



2. ábra. A dublini vételkísérleteknél használt, dróthálóból kialakított, 6 méter átmérőjű parabola antenna az ATS-6 műhold jeleinek vételére.

Európában jelenleg még nincs üzemi műholdas műsorszórás, de széles körű elméleti és gyakorlati kutatások folynak a témakörben. Európára jellemző, hogy kis térségben sok eltérő érdekeltségű ország helyezkedik el. Ebből kifolyólag lényeges problémát jelent a megvalósítandó műsorszóró műholdas rendszerek koordinációja. Ilyen rendszerek kialakítására megvan az igény, részben a földi hírközlő hálózat tehermentesítése, részben a műsorral való ellátottság bővítése céljából. A hasonló érdekeltségű országok együttműködve, közös műholdon keresztül tervezik rendszereiket kialakítani. Így az északi államok (Dánia, Svédország, Norvégia, Finnország, Izland, Grönland) az 5°E geostacionárius pozícióra kívánják műholdjukat fellőni. A NORDSAT rendszerű hálózat a 12 GHz-es sávban fog sugározni.

A Német Szövetségi Köztársaság a 70-es évek eleje óta önálló kísérleteket folytat. Tervbe vette, hogy 1983-ban üzembe helyezi TV-SAT nevű kísérleti műsorszóró műholdját, amely 65 dBW EIRP teljesítménnyel és kb. 0,5 átmérőjű vevőantennával közvetlen műsorvételt tesz majd lehetővé. Ezzel a fejlesztéssel egyidejűleg tárgyalások folynak egy francia—NSZK—olasz—luxemburgi közös műholdas műsorszóró rendszer kidolgozásáról.

A műholdas műsorszóró rendszerek áttekintése

A megvalósított műholdas műsorszóró — kísérleti és üzemi — rendszerekben a kitűzött hírközlési feladat a következő: valamely adott földrajzi terület egy, vagy több rádió és/vagy tv műsorjellel való el-

látása oly módon, hogy biztosítsa a műsor újraelosztását és/vagy az egyéni vétel lehetőségét.

A hírközlési feladat megoldását jelentő műsorszóró műholdas rendszerek rendszertechnikai szempontból számos tekintetben hasonlóak, de közöttük jelentős eltérések is találhatók. A közös vonások a következők:

Az adott földrajzi terület besugárzása geostacionárius műholdról, speciálisan kialakított sugárzási karakterisztikájú antennával történik. A műhold funkcionálisan egy frekvencia-transzponáló típusú ismétlő állomás, amely a műsorjeleket erre a célra létesített földi állomásról kapja. Az alkalmazott modulációs rendszer *eltér* a földi műsorszórásban szabványosított modulációs rendszerektől. A rádió- és tv-műsorvevő készülékek *közvetlenül nem alkalmasak* a műholdas műsorszórás vételére. A műsor vétele megfelelően kialakított másodlagos műsor-elosztó rendszer, vagy megfelelő *vevő- és modulációátalakító berendezés közbeiktatásával* lehetséges.

Jelentős eltérések találhatók az egyes alkalmazott modulációs megoldásoknál. A japán BSE kísérletben többek között a tv-műsorjel digitális átviteli lehetőségét is vizsgálták (64 Mbit/s DPCM primer moduláció és 4-PSK, vagy 8-PSK szekunder moduláció alkalmazásával). Ezt a speciális kísérletet leszámítva, minden rendszerben *nagy-lökettű analóg frekvenciamodulációt* (FM) alkalmaztak. Mindegyik rendszerben a képjel mellett egy, vagy több hangjel került átvitelre. Az első hangjel a kép kísérő hangja, a többi hangjel vagy másnyelvű kísérőhang (pl. SITE kísérletben), vagy rádió műsorjel. A kép és hangjelek nyalábolására alkalmazott módszerek a következők:

- hangátvitel frekvenciamodulált segédvivőn, a segédvivők egy-hangjel hozzáférésűek;
- hangátvitel frekvenciamodulált segédvivőn, a segédvivőt több hangjel FDM-nyalábolott jele modulálja (az EKRAN rendszerben a segédvivőn kísérő hang és rádió műsorjel, a BSE kísérletben a második segédvivőn 6 db 5 kHz-es sáv szélességű beszédjel van);
- hangátvitel frekvenciamodulációval, független vivőhullámon (TRUST kísérletben).

A független vivőhullámon történő hangátvitel a műhold főcsatorna nonlineáris karakterisztikái és a több-vivő hozzáférés következtében kép—hang áthalás szempontjából kedvezőtlenebbnek mutatkozott.

Több rendszerben az első segédvivő névleges frekvenciája és modulációs lökete a vevőberendezés egyszerűsítése érdekében a földi műsorszórásban alkalmazott kép és hangvivő közti távolságnak, illetve löketnek megfelelően lett megválasztva (EKRAN, BSE). A szükséges hangminőség eléréséhez ez esetben a segédvivő szintjét emelni kell, amely a képjel torzulásainak növekedését okozza (intermoduláció). A segédvivő frekvenciájának növelése esetén nagyobb modulációs löket és alacsonyabb segédvivő szint alkalmazható. Ugyanakkor demoduláló, vagy demoduláló-remoduláló típusú vevők rendszeresítése esetén lehetőség van adóoldali szótag-kompador és vevőoldali expandor alkalmazására a jelátvitel minőségének javítására (MOSZKVA).

Lényeges eltérések találhatók az alkalmazott

frekvenciasávok megválasztásában. A különböző rendszerekben a 700–860 MHz-es, a 2,5; a 4; vagy a 12 GHz-es sávot használják a kísérleti műsor sugárzására. A végleges rendszerek a jelen előírások alapján a 12 GHz-es sávban fognak üzemelni 11,7 és 12,5 GHz között. Tekintettel arra, hogy a műhold adóantennájának sugárzási karakterisztikáját a besugárzandó terület határozza meg, valamint a rendelkezésre álló adóteljesítmény csak szűk határok között mozoghat, a szükséges antennanyereség a frekvenciától független kötött paraméter. A műhold–föld szakasz csillapítása és egy adott méretű földi vevőantenna nyeresége egymást kompenzálva változik a frekvencia függvényében. Ezen okból az alkalmazott frekvenciasáv megválasztása pusztán technikai-gazdaságossági kompromisszum eredménye, illetve zavartatási kérdések függvénye. A földi hírközlő hálózattal megegyező frekvenciasáv alkalmazása esetén a zavartalan együttműködés érdekében spektrális energia-diszperzió alkalmazása is szükséges lehet.

A több tv-képjelet sugárzó rendszerekben általában mindenegybes képjel a hozzá nyalábolt hangjelekkel együtt külön fedélzeti főcsatornán kerül továbbításra. A főcsatorna sáv szélessége 25–40 MHz. Ettől eltér a Kanadai ANIK-B rendszer, amely üzembiztonsági okokból úgy lett kialakítva, hogy egy-egy műhold-fedélzeti végerősítő HH-cső, szükség esetén két tv-műsorjelet is továbbíthat, a vételi jelminőség rovására.

A megvalósított rendszerekben jelentős eltérés van a műhold által hatásosan kisugárzott teljesítményben (EIRP). Ezt részben az alkalmazott végerősítő HH-cső kimenő teljesítményének eltérése, részben a besugárzandó terület nagyságának eltérése indokolja. Kanada CTS műholdja 200 W-os kimenő teljesítményű HH-csővel 59 dBW-os EIRP csúcsot ért el a 12 GHz-es sávban, az ANIK rendszerben viszont 6 W-os HH-csővel csak 36 dBW értékű EIRP-t lehetett megvalósítani. A realizált hatásos sugárzási teljesítmény a többi rendszerekben is ezen két határérték közé esik.

Eltérések mutatkoznak az átvitelre kerülő jelek paramétereit illetően is. Ez részben az eltérő szabványok (NTSC, PAL, SECAM), részben az eltérő kompromisszumok eredménye. Így például a TRUST kísérlet folyamán 4 MHz-es, a SITE kísérlet folyamán pedig 4,2 MHz sáv szélességű NTSC videójelátvitel történt, annak ellenére, hogy mindkét kísérlet az ATS–6 műholdon keresztül, annak ugyanazon fedélzeti főcsatornáját alkalmazva került lebonyolításra. Japán a BSE kísérlet keretében eredményesen próbálta ki különlegesen széles sávú rendszerét (High-definition TV system; CCIR Rec. 801). Az átvitt hangjelek általában 10 kHz sáv szélességűek. A második, illetve további hangjelek 15 kHz (Hifi rádióműsor jel), 10 kHz második kísérő hang, vagy 5 kHz sáv szélességűek voltak.

A videójel átviteli paramétereinek javítása érdekében a különböző rendszerek a standard videó *preemphasis karakterisztikát* alkalmazták (CCIR Rec. 405–1). A MOSZKVA rendszerben a videó szinkron impulzusok fel-, illetve lefutó éleinél a preemphasis karakterisztika differenciáló hatása következtében kialakuló jelcsúcsok korlátozása 2–3 dB modulációs

lőket növelést tett lehetővé. Ez nem csökkentette a szinkronizálás biztonságát, viszont a nagyobb modulációs lőket jel/zaj viszony javulást eredményezett.

A különböző rendszerekben elért jelátviteli minőség nyilvánvalóan erősen függ az alkalmazott vevőrendszer kialakításától. A műholdas vevőkészülékek problémáival egy másik alkalommal foglalkozunk.

Műholdas tv-sugárzás Európában

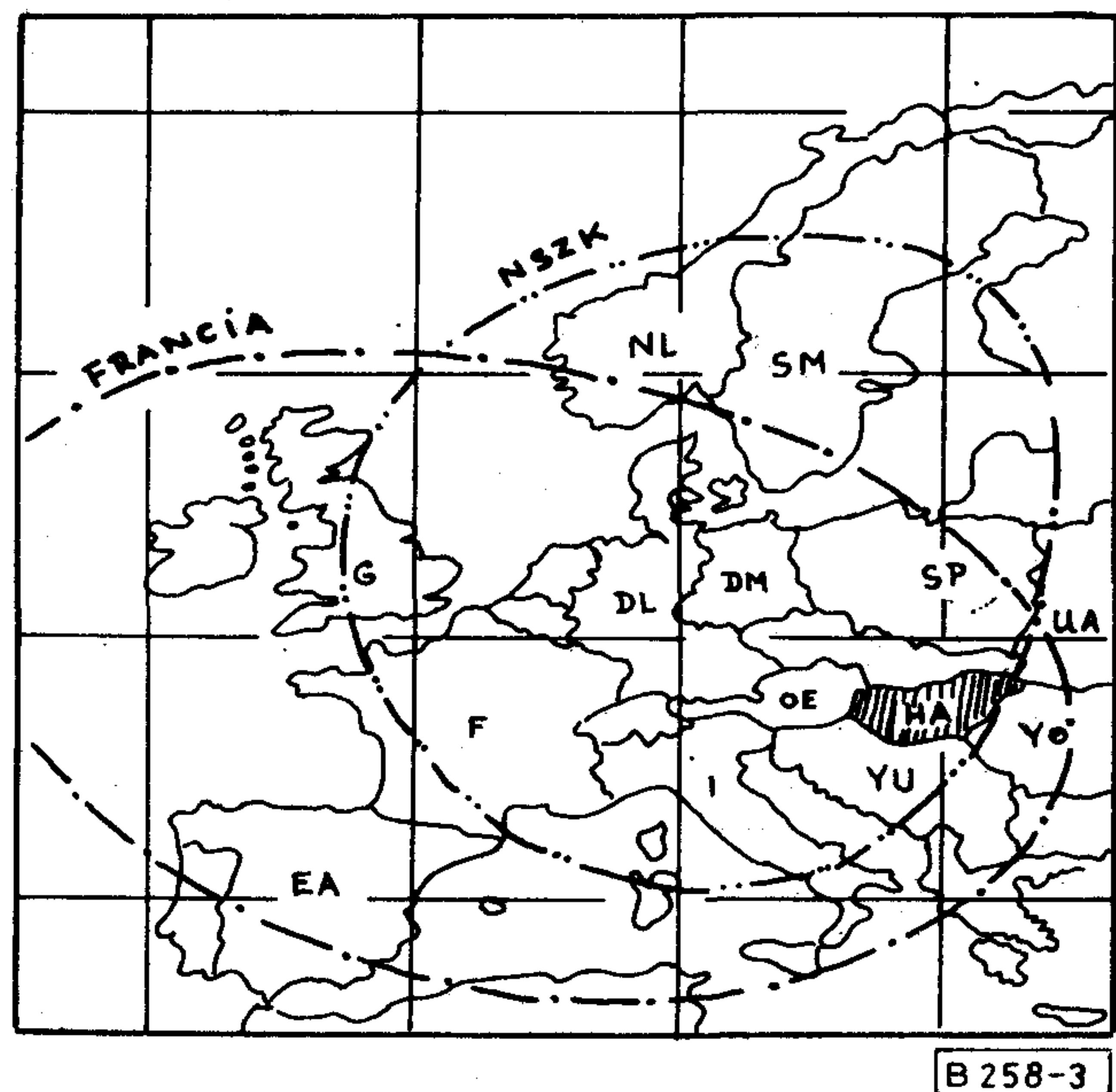
Az 1977-ben, Genfben megrendezett „SB” (Satellite Broadcasting) értekezlet alkalmával az ITU (International Telecommunications Union) tervet dolgozott ki az üzemszerű műholdas műsorszórás adminisztratív feladataira. Ennek kapcsán a műsorszórásra a 11,7–12,5 GHz-es mikrohullámú sávot jelölték ki a „Down-link” (lesugárzás) irányára. A műholdak meghajtása („Up-link”) a 14 GHz-es sávban történik. A műholdak kb. 800 MHz széles adási frekvenciasávján belül 40 csatornát jelöltek ki, egyenként 19,2 MHz-es csatornatávolsággal. A műholdakat úgy kell kivitelezni, hogy 0,9 m (3 láb) átmérőjű, egyéni, földi vételre szolgáló antennák szintjén legalább -103 dBW/m^2 földfelszíni teljesítménysűrűséget hozzanak létre. Ez a teljesítménysűrűség egyben kijelöli azt a földi besugárzott területet is, amelyen belül *egyéni vételt* lehet megvalósítani. A *közösségi vételre* szolgáló, 1,8–2 m átmérőjű antennákkal bíró berendezések számára minimálisan -111 dBW/m^2 teljesítménysűrűséget írtak elő és ez azt jelenti, hogy a közösségi vétel lényegesen nagyobb területen biztosítható, mint az egyéni vétel.

A műsorszóró műholdak az egyenlítő felett, a föld felszínétől 36 000 km magasságban a földről állni látszanak, illetve a földdel azonos szögsebességgel forognak a gravitációs középpont körül. Mivel már most számos *geostacionárius* objektum van az egyenlítő síkjában (pl. telefonátviteli holdak stb.), csak kevés számú szabad pozíció áll rendelkezésre a műsorszórás céljaira. Európa térségében a következők az 1977-ben kiosztott pozíciók:

Pozíció Greenwich-hez képest	A besugárzott ország
+23° (kelet) +5° (kelet)	Szovjetunió Görögország, Törökország, Ciprus, Finnország, Svédország, Norvégia, Dánia, Izland
–1° (nyugat)	Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, NDK, Románia, Magyarország
–7° (nyugat)	Albánia, Jugoszlávia
–19° (nyugat)	Ausztria, Belgium, Franciaország, Luxemburg, Olaszország, NSZK, Svájc
–31° (nyugat)	Anglia, Írország, Izland, Portugália, Spanyolország
–37° (nyugat)	Andorra, Liechtenstein, Monaco, San-Marino

A műholdak cirkuláris polarizációval adnak és a polarizáció forgásiránya a minimális zavartatások érdekében a frekvenciában, illetve területileg szomszédos államok esetében ellentétes.

A közeljövőben nem várható, hogy Magyarországnak, vagy a közvetlen szomszédos államoknak (a Szovjetuniót kivéve) műholdas tv sugárzása lenne. Az NSZK—francia ARIANE program keretében azonban várható, hogy 1984-re megindul a tv műsorok sugárzása a -19° -os egyenlítősi pozícióra helyezett műhoddal, 64—65,5 dBW EIRP sugárzási



3. ábra. Az ARIANE francia—NSZK műhold — 111 dBW/m² teljesítménysűrűségű sugárzásának határai, 1980-as előzetes adatok alapján. (Wireless World 1980/10.)

teljesítménnyel. Az ARIANE műhold 5 db NSZK felhasználású és 5 db francia felhasználású tv-műsor sugárzására lesz alkalmas. Ezen műhold sugárzási karakterisztikája a -111 dBW/m² teljesítménysűrűséggel befedi egész Magyarországot (3. ábra), az 1980-as publikált tervek alapján. A jó minőségű egyedi vételhez szükséges -103 dBW/m² -es teljesítménysűrűségi határ azonban Ausztria középvonalára esik és így Magyarország területén 1 m körüli átmérőjű antennával és a technika mai állásához illeszkedő jóminőségű parametrikus keverővel (és FM/AM transzkódderral) sem várható, hogy elfogadható vételt lehet majd megvalósítani. Feltehetően eredményes vételt produkálhatnak azonban a 2 m, vagy ennél nagyobb átmérőjű antennával ellátott közösségi vevőrendszerek.

Olvasóink tájékoztatására meg kell jegyeznünk, hogy egy a 12 GHz-es sávban működő kis zajú parametrikus keverő a maga lokál-jel ellátó egységeivel, valamint az FM/AM konverziós áramkörök, házi, amatőr eszközökkel nem lesznek kivitelezhetők. Az áramkörök finommechanikai és speciális alkatrészigénye jelen ismereteink szerint túlhaladja az egyéni előállíthatóság határait. A forgalomba került gyári vevő-adapterek 500—1000 USA \$-ért vásárolhatók, de várható, hogy az árak a sorozatgyártással csökkenni fog. Ma még azonban a műhold-vevő adapterek és antennák tömeggyártásáról nincsenek ismereteink.

IRODALOM

- Final Acts of the WARC-77* (Geneva 1977)
Freeman, K. G.: 12 GHz FM Fernsehempfang über Satelliten (Funkschau 1974, Heft 3.)
Magele, M.: Direkte Rundfunkversorgung über Satelliten (Nachrichten Elektronik 1980/2.)
Avjacskev, V. M.: Prijomnie Usztroisztva szisztemi „Ekran” (Elektroszvjaz 1977/5.)
Kantor, L. Ja.: Szisztema szputnyikovo Televizionnovo vessanyija „Moszkva” (Elektroszvjaz 1980/1.)

HÍREK ÜZEMEINKBŐL

Veszteségidők korszerű felmérése

A Telefongyár nagykátai gyáregységében a Budapesti Műszaki Egyetem szakemberei veszteségidő felmérést végeztek. A dolgozók kedvezően fogadták a hatékonyságnövelő módszereket. Ennek eredményeképpen a normarendezés 50 százalékát alapbéresítették és módosították a minőségi bérezés követelményrendszerét is.

Új berendezés, új feladatok

A Telefongyár központi szolgáltató gyáregysége új berendezéseket kapott. Ennek keretében történt a PICOMAT telepítése, amelyhez meg kellett terem-

teni a feltételeket az új technológia bevezetése érdekében. A festőműhely rekonstrukcióját követően még maradtak megoldatlan problémák, így a légtechnika beszállítása és a konvekciós kályhákban a betolás megoldása.

Multiplexor a Telefongyár A-II gyáregységéből

A tervek szerint a Telefongyár A-II gyáregységének termelése az előző évhez képest 43 százalékkal emelkedik.

Növekszik a multiplexorok aránya, amelyeket első sorban szovjet exportra készítenek.

Itt vezetik be először az új bérezési formát, a csoportteljesítmény rendszert is.

TARTALOM

СОДЕРЖАНИЕ

INHALT

CONTENTS

ETO 519.241:621.38.002.68

Dr. Gefferth L.:

Elektronikus áramkörök gyártási selejtjének csökkentése a névleges értékek és toleranciák megváltoztatásával a kihozatali érzékenység alapján

HÍRADÁSTECHNIKA 1982. 8. sz.

A cikk ismerteti a statisztikus áramkörtervezéshez segítséget nyújtó kihozatali érzékenység fogalmát. Képletet ad kiszámítására a Monte Carlo analízisből kapott eredmények alapján. Megmutatja, hogyan lehet alkalmazni a kihozatali érzékenységet a kihozatal növelésére (a selejt csökkentésére) az áramköri paraméterek névleges értékének és/vagy toleranciájának megváltoztatásával, az ún. központosítással és tolerancia kiosztással mind folytonos, mind diszkrét tolerancia értékekkel. Az alkalmazási lehetőségeket LC létraszűrő mintapéldákkal illusztrálja. A kihozatali érzékenység fogalma nem használ speciális áramköri tulajdonságokat, így felhasználási köre nem korlátozódik a lineáris áramkörökre.

ETO 621.311.6:621.318.57

Terjéki J.:

Többkimenetű kapcsoló üzemi tápegységek tervezési szempontjai

HÍRADÁSTECHNIKA 1982. 8. sz.

Napjaink elektronikai ipara egyre szélesebb körben alkalmazza a kapcsoló üzemi tápegységeket, és ezen belül a többkimenetű tápegységeket is. A cikk ismerteti a több kimenetű tápegységek alapvető rendszertechnikai megoldásait. Foglalkozik azzal, hogy a kimenetek stabilitását hogyan lehet befolyásolni a szabályozott jellemző megválasztásával. Áramköri megoldások bemutatása nélkül ismerteti az egyes rendszerek fő jellemzőit, hogy elősegítse az adott célra optimális megoldás kiválasztását.

ETO 62-192:621.3.019.3

Veress T.:

A hibatűrő rendszerek elvi kérdései

HÍRADÁSTECHNIKA, 1982. 8. szám

Napjainkban egyre több szakterület igényel nagy megbízhatóságú, hibatűrő berendezéseket. A különböző felhasználási területeken való alkalmazás eltérő követelményeket támaszt ezekkel a berendezésekkel szemben. A cikk a tervezés azon alapvető szempontjait ismerteti, amelyek bármely felhasználási területen hasznosíthatók. Elemzi a hibafajtákat és az ezeknek megfelelő védő redundancia megvalósítási lehetőségeit. Végezetül a megbízhatóság modellezését és becslését vázolja.

ETO 621.3.049.75.001/.002:681.3/.5

Valló P.—Sass S.—Fridrik M.—Pál I.:

Nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő alrendszerek számítógépes tervező-gyártó-ellenőrző rendszere a Telefongyárban. 3. rész

HÍRADÁSTECHNIKA 1982. 8. sz.

A hadiiparban, majd a 70-es évek elején egyes műszakilag élenjáró tőkés elektronikai vállalatoknál a nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő rendszerek előállítására megjelentek a számítógépes tervező-gyártó-ellenőrző rendszerek. Ezzel egyidőben hazánkban is különböző programok indultak országos, illetve tárca szinten, az ipari automatizálás, illetve számítógépes tervező-gyártó-ellenőrző (TGE) rendszerek fejlesztése területén. A cikksorozat bemutatja a Telefongyárban a nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő alrendszerek előállítására létesült TGE rendszert, mely széles körű iparági és intézeti együttműködés keretében az ez irányú koncepciók teljes kiépítésű gyakorlati megvalósulását jelentette.

ДК 519.241:621.38.002.68

Д-р. Гефферт, Л.:

Снижение брака в производстве электронных схем с изменением номинальных значений и допусков на основании чувствительности исполнения

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1982. № 8.

Статья знакомит с понятием чувствительности исполнения служащей помощью в проектировании статистических схем. Описывает формулу для ее вычисления на основании полученных данных анализа Монте Карло. Показывает как возможно использовать чувствительность исполнения для увеличения продуктивности (снижением брака) с изменением номинального значения и/или допусков параметров схем, а также т. н. централизацией и распределением допусков, как непрерывными, так и дискретными значениями допуска. Возможности применения автоиллюстрирует с помощью образцовых примеров ступенчатых фильтров LC. Понятие чувствительности исполнения не использует специальные свойства схем и так, область ее применения не ограничена на линейные схемы.

ДК 621.311.6:621.318.57

Тереки Й.:

Точки зрения проектирования блоков питания в ключевом режиме с несколькими выходами

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1982. № 8.

Электронная промышленность настоящего времени всё более обширно использует блоки питания в ключевом режиме, в рамках этого также и блоки питания с несколькими выходами. Статья излагает основные решения системно-техники блоков питания с несколькими выходами. Рассматривает то, что каким образом можно воздействовать на стабильность выходов путём выбора регулируемых показателей. Без продемонстрирования схемных решений излагает основные показатели отдельных систем для того, чтобы способствовать выбору оптимального решения данной цели.

ДК 62-192:621.3.019.3

Вереш Т.:

Принципальные вопросы системы с допуском отказов

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1982. № 8.

В настоящие дни все более специальные области потребуют аппаратуры с большой надёжностью и допуском отказов. По этим аппаратам применение их в различных областях предъявляются различные требования. Статья излагает те основные точки зрения проектирования, которые могут быть использованы в любых областях применения. Дает анализ видов отказов и возможность осуществления их защитной редунданции. В заключении в общих чертах приводит моделирование и оценку надёжности.

ДК 621.3.049.75.001/.002:681.3/.5

Валло, П.—Шапш, Ш.—Фридрих, М.—Пал, И.:

Система проектирования — производства — контроля на ЭВМ схемы печатного монтажа и построенных из них подсистем на 3-де Телефондьяр. Часть 3.

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1982. № 8.

В военной промышленности, а потом в начале 70-х годов у некоторых передовых капиталистических предприятий электроники для изготовления схем печатного монтажа и построенных из них системы появились электронно вычислительные проектно-производственные — контрольные системы. Одновременно с этим и в нашей стране были начаты различные программы на общегосударственном т. е. на уровне министерств в области разработки систем промышленной автоматизации т. е. проектно-производственной-контрольной (ТГЕ) системы на ЭВМ. Серия статей, продемонстрирует созданную на 3-де Телефондьяр систему ТГЕ для изготовления печатных схем и построенных из них подсистемы, система в рамках обширного сотрудничества между отраслевой промышленностью и институтом означает практическое осуществление в полной комплектации концепций такого рода.

DK 519.241:621.38.002.68

Dr. Gefferth, L.:

Verminderung des Fertigungsausschusses von elektronischen Stromkreisen mit Hilfe der Veränderung der Nennwerte und der Toleranzen auf Grund der Empfindlichkeit für Herausholung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. Nr. 8.

Der Artikel beschreibt den Begriff der Empfindlichkeit für Herausholung. Dieser Begriff leistet gute Hilfe zu der statistischen Planung von Stromkreisen. Wir bekommen vom Artikel „eine Formel zur Berechnung der Ergebnisse der „Monte-Carlo Analyse“. Der Verfasser zeigt, wie man die Empfindlichkeit für Herausholung, im Interesse der Erhöhung derselben (das heisst; zur Verminderung des Ausschusses) verwenden kann, und zwar mit Hilfe der Veränderung der Nennwerte und (oder) der Toleranz von Stromkreisparametern und ausserdem mit der sogenannten Zentralisierung und Toleranzverteilung bei kontinuierlichen und diskreten Toleranzwerten. Die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten werden mit Musterbeispielen von Leiterstufenfiltern illustriert. Der Begriff der Empfindlichkeit für Herausholung benutzt keine speziellen Stromkreiseigenschaften und deshalb beschränkt sich sein Verwendungsgebiet nicht nur auf die Linearstromkreise.

DK 621.311.6:621.318.57

Terjéki, J.:

Entwurfgesichtspunkte von Schaltnetzeilen mit mehreren Lastseiten

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. Nr. 8.

Die elektronische Industrie der Gegenwart verwendet in immer weiteren Kreisen die Schalthetrieb-Netzgeräte und innerhalb dessen auch Netzgeräte mit mehreren Ausgängen. Der Artikel berichtet über die systemtechnischen grundsätzlichen Lösungen der Netzgeräte mit mehreren Ausgängen. Der Artikel befasst sich ferner mit dem Problem, wie man die Stabilität der Ausgänge, mit Hilfe der guten Erwählung der geregelten Charakteristik beeinflussen kann. Ohne die Vorführung von konkreten Stromkreislösungen werden im Artikel die Hauptcharakteristiken der einzelnen Systeme veröffentlicht, um mit dieser Methode die Erwählung der optimalen Lösung zu einer gegebenen Zielsetzung zu erleichtern.

DK 62-192:621.3.019.3

Veress, T.:

Prinzipelle Fragen von Fehler-ertragenden Systemen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. Nr. 8.

Heutzutage benötigen immer mehrere Fachgebiete, Fehler-ertragende Systeme mit grosser Zuverlässigkeit. Die Verwendung auf verschiedenen Gebieten machen gegenüber diese Geräte abweichende Forderungen nötig. Dieser Artikel macht uns diejenigen grundsätzlichen Standpunkte bekannt, welche auf allen Verwendungsgebieten nutzbar sind. Der Verfasser analysiert die Fehlerarten und die Verwicklichungsmöglichkeiten der dazu gehörenden Schutzredundanz. Zum Schluss bekommen wir eine kurze Übersicht von der Modellierung der Zuverlässigkeit.

DK 621.3.049.75.001/002:981.3/5

Valló, P.—Sass, S.—Fridrik, M.—Pál, I.:

Computersystem für Planung-Fertigung-Prüfung von gedruckten Schaltungen und von denselben aufgebauten Untersystemen, in der Budapester Telefonfabrik (Teil 3.)

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. Nr. 8.

Zuerst in der Kriegsindustrie und später in den 70-er Jahren auch bei einigen technisch fortschrittlichen kapitalistischen Firmen der elektronischen Industrie, erschienen Computersysteme für Planung-Fertigung-Prüfung, die bei der Herstellung von gedruckten Schaltungen und von denselben aufgebauten Systemen verwendet wurden. Gleichzeitig begann man auch in Ungarn verschiedene Programme auf Landes- und Ministeriumniveau für das Entwicklungsgebiet der industriellen Automatisierung, bzw. der Computersysteme für Planung-Fertigung-Prüfung (P. F. P.) auszuarbeiten. Die Artikelreihe stellt das PFP-System vor, welches in der Telefonfabrik, zur Herstellung von gedruckten Schaltungen und von denselben aufgebauten Untersystemen errichtet wurde. Die Errichtung dieses PFP-Systems bedeutete — im Rahmen einer weitgehenden Zusammenarbeit des Industriezweiges und der Forschungsinstitute — die völlig ausgebaute praktische Verwirklichung der diesbezüglichen Konzeptionen.

UDC 519.241:621.38.002.68

Dr. Gefferth, L.:

Yield optimization of electronic circuits by means of changing nominal values and tolerances based on yield sensitivity

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. No 8.

The yield sensitivity applied in the field of statistical design is described. The algorithm of the calculation is given using the results of a Monte Carlo analysis. It is shown, how yield sensitivity can be used for yield optimization in design centering and tolerance assignment with continuous or discrete tolerances. The nominal values and the tolerances can be changed separately or simultaneously. The illustrative examples are LC ladder filters. The yield sensitivity does not employ special circuit properties so it can be applied not only in the case of linear circuits.

UDC 621.311.6:621.318.57

Terjéki, J.:

Design aspects of SM power supplies with multiple outputs

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. No. 8.

Now the electronics industry utilises switched mode power supplies to greater and greater extent, among them the ones with multiple outputs. The paper introduces the basic system engineering solutions of power supplies with multiple outputs. It is dealt with the stability of outputs and how it can be modified by choosing the characteristic to be controlled. It reviews the characteristics of the individual systems without circuit examples for to help the selection of optimal solution to a given purpose.

UDC 62-192:621.3.019.3

Veress, T.:

Fault tolerant system problems

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. No 8.

Nowadays more and more areas require high reliable, fault tolerant systems. The applications in different fields raise different demands against to these equipment. The paper reviews the basic respects of the design, which can be used in each fields of application. The types of faults and the protective redundancy possibilities are analysed. At last modelling and estimation of reliability is outlined.

UDC 621.3.049.75.001/002:681.3/5

Valló, P.—Sass, S.—Fridrik, M.—Pál, I.:

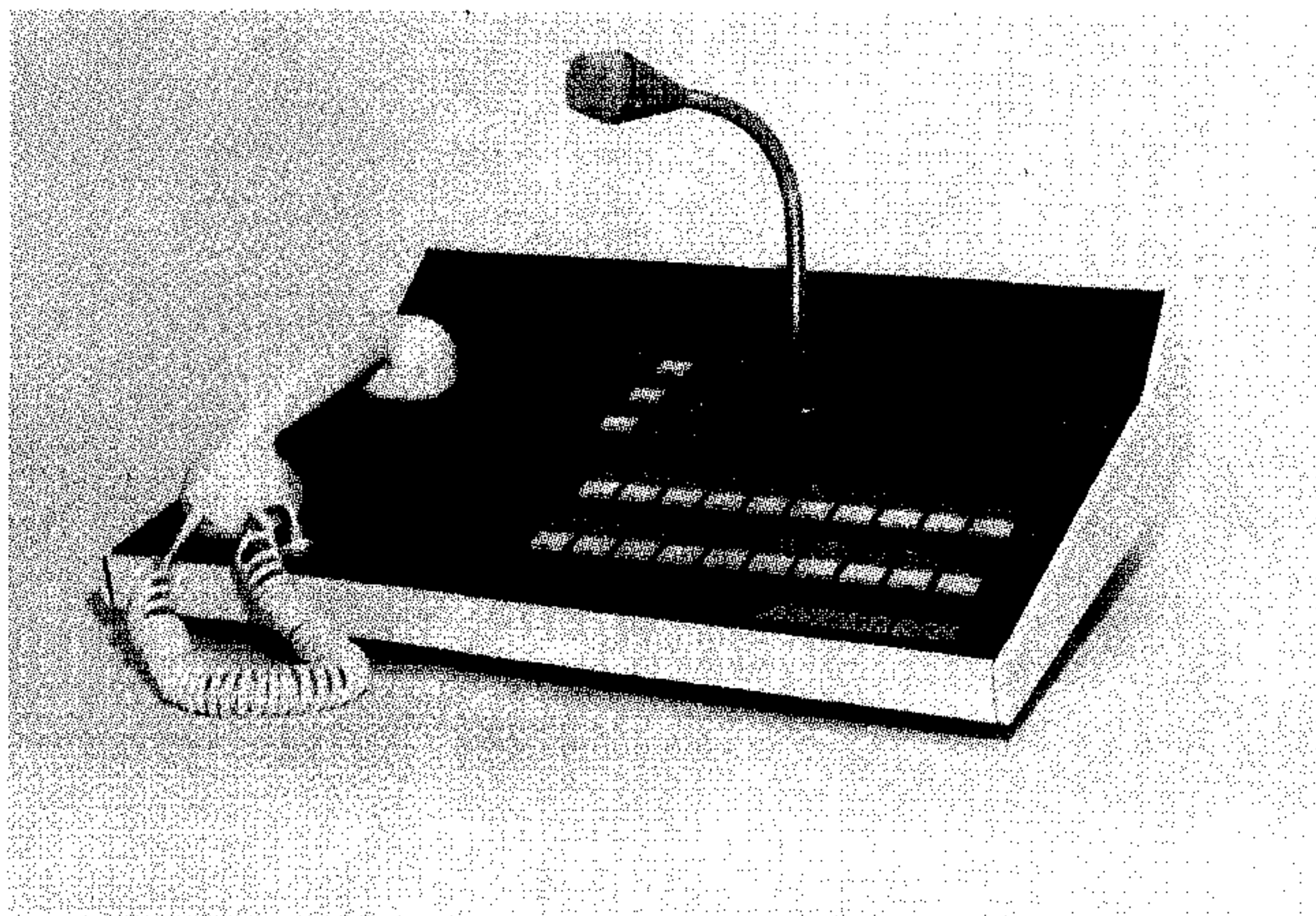
Computer aided design-production-control system of PCB-s and subsystems built up of them in Telefongyár. Part 3.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1982. No. 8.

In the military industry, in the beginning of the 70-es in certain leading capitalist companies in electronics computer aided design-production-control systems are introduced for producing printed circuit boards and the systems built up of them. At the same time, various programs have started in national and in portfolio level in the field of industrial automatization and development of computer aided design-production-control (DPC) systems in Hungary, too.

The article serial introduces the DPC system implemented for the production of PCB-s and subsystems built up of them in Telefongyár. This system means the total practical realization of the conceptions regarded, within the scope of wide interwork between the institute and the industry branch.

„ASTERISK” sugaras hálózatú elektronikus távbeszélő rendszer



A munka- vagy folyamatirányítás napjainkban egyre inkább megköveteli az információcsere biztosítását, a döntések gyors és üzembiztos közvetítését. A BHG ezen cél megvalósítása érdekében fejlesztette ki az ASTERISK típusú centralizált irányítású távbeszélő rendszerét. Ezen rendszerben az irányító személy a mellékállomások bármelyikével bármikor kapcsolatba léphet, illetve az onnan érkező információk ismeretében azonnal intézkedhet. Adott esetben a mellékállomásokkal konferencia kapcsolatot is létesíthet, a beszélgetéseket magnetofonnal is rögzítheti. A központ kezelőkészlete hangszóró-mikrofon üzemű. A távbeszélő rendszer a szokásos 2 huzalos kábelhálózaton telepíthető. Alkalmazásának néhány területe: gyárak, üzemek, raktárak munkairányítása, ipari és mezőgazdasági telepek, olaj- és földgáztermelő üzemek irányítása, pályaudvarok forgalomirányítása, kemping, motel, hotel diszpécsterszolgálat, erőművi és alállomási üzemirányítás.

Szolgáltatások

A központ kétféle kialakításban max. 20, ill. 39 mellékállomás kiszolgálására alkalmas. A központ-berendezést 20 vonal alatt dobozolt — asztalra, vagy falra helyezhető — kivitelben is szállítjuk. A mellékállomások — adott típuson belüli — bővítése egyszerű módon, nyomtatott áramköri lapok dugaszolásával eszközölhető. A központhoz a forgalmi igényeknek megfelelően — az alkalmazott vonalszerelvények típusától függően — csatlakoztathatók mellékállomási, fővonalai, társközponti vonalak. A központ működése zajtalan, irodahelységben is elhelyezhető. Áramkörei analóg és digitális integrált áramkörökből épültek fel. A berendezés hálózatról és telepről egyaránt működik. Hálózatkimaradás esetén telepre való átkapcsolás automatikus és szünetmentes üzemet biztosít.

Műszaki adatok

Beköthető vonalak száma	20, ill. 39
Hangfrekvenciás átviteli sáv	300—3400 Hz
Csatlakozási impedancia	600 ohm
Beiktatási csillapítás (beállítható)	0...7 dB között
Átviteli út központ és mellékállomás között	2 huzalos
Maximális hurokellenállás távbeszélő készülékkel együtt	1200 ohm
Egy konferenciába kapcsolható mellékállomások száma	max. 10
Csengető feszültség	60 V, 25—50 Hz
Üzemi környezeti hőmérséklet	+5 °C...+40 °C
Méretetek (mm-ben)	
	Szélesség Magasság Mélység
Központ-berendezés (20 vonalig dobozban kiépíthető)	440 280 300
Központ-berendezés szekrényben (39 vonalig kiépíthető)	1280 560 470
Kezelőkészlet	500 170 370
Mellékállomás	asztali távbeszélő készülék

BHG Híradástechnikai Vállalat

1509 Budapest Pf. 2.

Telefon: 453-300

Exportálja BUDAVOX H—1392

Budapest P.O.B. 267.

