

HÍRADÁS- TECHNIKA

A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA

1

HÍRADÁS- TECHNIKA

1974. január, XXV. évfolyam 1. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

25 éves a Híradástechnikai Tudományos Egyesület és folyóiratunk	1
KOPERNICZKY KÁROLY—DR. LAJTHA GYÖRGY: Rendszerváltozás gazdasági feltételei a távbe- szelő hálózatokban	3
Egyesületi hírek	10, 19
DR. BERCELI TIBOR—GÁBOR GYÖRGY—HAMMER GÉZA—MARKÓ SZILÁRD—DR. REITER GYÖRGY: Mikrohullámú integrált áramkörök	11
DR. ERDÉLYI JÁNOS—UGRAY LÁSZLÓ—FEJES LÁSZLÓ—DR. KOVÁCS FERENC: Félvezető alapú integrált áramkörök fejlődési irányai	20
Tartalmi összefoglalások	28
Обобщения	28
Zusammenfassungen	28
Summaries	28
Résumés	29

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA főszerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi
titkár, BALOGH PÁL, DR. SÁRKÖZI GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos
szerkesztők, DR. FLESCHE ISTVÁN, DR. RUPPENTHAL PÉTER szerkesztőségi mun-
katársak. — A szerkesztőség címe: 1024 Budapest II., Mártírok útja 85. II. em. 231.
Telefon: 154-859. — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: 1055 Budapest V.,
Kossuth Lajos tér 6–8. Telefon: 113-027

Szerkeszti a szerkesztő bizottság

INDEX: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest, Lenin körút 9–11. Levélcím: 1906. postafiók 223. Telefon: 221-285. Felelős kiadó: SIKLÓSI
NORBERT igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta
Központi Hírlapirodánál (KHI, 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI
215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 36 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat
külföldre előfizethető: „KULTURA” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest. Postafiók 149.
73.1250 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: JANKA GYULA igazgató

25 éves a Híradástechnikai Tudományos Egyesület és folyóiratunk

Kettős jubileumot ünnepelhetünk. 1974. januárban indul lapunk, a Híradástechnika 25. évfolyama és 1974. januárban lesz 25. évfordulója Egyesületünk megalakulásának is.

Lapunk tulajdonképpen már elmúlt 25 éves, mert első száma — még mint Magyar Híradástechnika — a Magyar Technika mellékleteként 1946 szeptemberében jelent meg, a Híradástechnika tehát e számának megjelenésekor már a 29. életévébe lép. Az első önálló szám kelte 1950. december 21. és ez a szám IV. évfolyamnak nevezte magát. A lapengedélyt csak ebben az évben kértük — a mellékletekhez lapengedély nem kellett —, ezért a bürokrácia csak I. évfolyam megjelöléséhez járult hozzá. Az első három, ilyen módon illegális évfolyam még mint a Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete Híradástechnikai Szakosztályának lapja jelent meg. Főszerkesztője Gerő István lett. A legális I. évfolyam 1. számát már a Híradástechnikai, Finommechanikai és Optikai Tudományos Egyesület adta ki, Lévai Pál főszerkesztő irányítása alatt. A lap ekkor elvileg kéthavonta jelent meg, de az el látás cikkekkel még így is akadozott, gyakoriak voltak a dupla számok, azaz négyhónapos szünetek. Híradástechnikai iparunk ebben az időben (tehát az 1946 körüli években) az újjáépítéssel volt elfoglalva, önálló fejlesztés alig volt, a magyar híradástechnikai tudomány pedig gyerekcipőben járt. Ez volt az oka annak, hogy a híradástechnikusokat úgy kellett rávenni egy-egy cikk megírására. Valóban, a Híradástechnika cikkei időrendi sorrendben hűen tükrözik híradástechnikai iparunk és tudományunk történetét. Érdekes végigtekinteni az első számok tartalmát. A legelső cikket Kovács Ferenc, a Posta akkori vezérigazgatója írta az 1946. évi párizsi CCIF konferenciáról. A cikk először közöl rövid ismertetést a magyar irodalomban a 12 csatornás kábeles vivőfrekvenciás berendezésről, és először tesz említést a külföldön fejlesztés alatt álló 600 csatornás koaxiális rendszerről. A CCIF konferencia akkor tárgyalta az európai tranzitgyűrű sugárirányú meghosszabbításának a tervét. Budapestet a tranzitgyűrű elkerülte,

csak a délkelet-európai irány haladt át fővárosunkon. A tervek szerint Budapesten 1952-ben 240 elsőrendű nemzetközi áramkör fog végződni és 168 átmenő áramkör lesz. — A második cikkben Kodolányi Gyula számolt be a brüsszeli rádiókonferenciáról, mely a műsorszórádók hullámhossz elosztását tárgyalta. A konferencia sürgette a nemzetközi kábelhálózat helyreállítását a nemzetközi műsorcsere megindítása érdekében és állást foglalt a stúdió-hangrögzítés egységesítésében. — A harmadik cikket Kozma László írta a távbeszélővonalak többszörös kihasználásáról. A party-line és a bérháztelefon megoldások bevezetését javasolta, részletes gazdasági megfontolások kíséretében.

Az összevont 2–3. szám Kozma László cikkét folytatta, azonkívül Kósa Ferenc cikkét hozta rádióadó-berendezések végfokozatának méretezéséről, Sárközy Géza cikkét a rádió adástechnika újabb fejlődéséről és Gergely Ödön ismeretterjesztő cikkét telepítő és pufferüzemekről. Sárközy Géza cikke már tárgyalja a m-es, dm-es és cm-es (30 cm-nél rövidebb) hullámsávot is és megemlíti az „ún. klisztron” külföldi alkalmazását is.

A negyedik szám Gyurgyik Béla cikkét közli a helyközi és József telefonközpont újjáépítéséről, hozza Kósa Ferenc cikkének folytatását és e sorok írójának cikkét csillapítástagok túrálásáról. Talán nem árt Gyurgyik Béla cikke alapján egy kis emlékezés: A kivonuló német katonaság — írja a cikk — 1945. január 14-én éjjel 3 óra körül felrobbantotta a kábelbevezető aknát és a központba páncéloklókat lövöldözött. A robbanás folytán kiütött tűz elpusztította a 13 600 különvonal és 4800 ikerállomás befogadására alkalmas 7A1 központot, a 160 munkahelyes interurbán központot, a kábelrendezőket, vonalfelügyeletet és áramellátó berendezést, bár a 15–20 főnyi műszaki személyzet a németek visszavonulása után a legnagyobb önfeláldozással tett meg mindent a tűz elfolytására. De nem volt megfelelő tűzoltó berendezés, de még elegendő oltóvíz sem...

Lévai Pál elhunytja után, 1957-ben Balogh Pál vette át a lap vezetését, aki rövid idő alatt pótolta azokat

a hiányosságokat, melyeket elődje hosszú betegsége okozott. Gondoskodott a tervszerű fejlesztésről, a színvonal állandó emeléséről, az éppen aktuális témák feldolgozásáról, a szerzői gárda növeléséről. Ennek köszönhető, hogy 1964 óta a lap már havonta jelenik meg (1962 óta már mint Híradástechnika) és cikkellátási gondjai nincsenek. 1965-ben Balogh Pál hivatali elfoglaltsága miatt leköszönt és azóta a lap tudományos szerkesztője. Ekkor Boglár Gyula, jelenlegi főszerkesztőnk, vette át a lap irányítását. Vele ismét jó kézbe került a lap szerkesztése, amit olvasóink előtt nem kell bővebben kifejtünk.

A lap történetéhez is tartozik, hogy az Egyesület 1959-ben (akkor már a finommechanika és az optika különvált tőlünk) a Híradástechnika legjobb cikkeinek a jutalmazására évente odaítélendő Virág—Pollák emlékérmét alapított. A díjjal olyan önálló eredményeket tartalmazó dolgozatok jutalmazhatók, mondja az alapítólevél, melyek elérik a tudományos színvonalat, és elősegítik az adott időszak aktuális műszaki problémái megoldását, vagy amelyek nagymértékben elősegítik a szakmai továbbképzést. Az Egyesület elnöksége az első alkalommal az emlékérmét Valkó Iván Péter, Radvány Jenő és Frischmann Gábor egy-egy cikkének ítélte oda. A lap színvonalának az emelkedésére jellemző, hogy évről évre nehezebb eldönteni, hogy a sok értékes cikk szerzője közül kik kapják a díjat. Reméljük, hogy a választás a jövőben is mind nagyobb gondot fog okozni.

Emlékezzünk meg az egyesületi évfordulóról is. A történetet 1945-tel kell kezdenünk, mert ebben az évben, január 18-án alakult meg a Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete és rövid időre rá annak Híradástechnikai Szakosztálya, a későbbi egyesület magva. Mikor a Párt elhatározta a szakmai szakszervezetek átalakítását iparági szakszervezetekké, merült fel a tudományos egyesületek szervezésének a terve, hogy azok a „Mérnök Szakszervezetben” megkezdett szakmai, tudományos továbbképzést folytassák. A már akkor meglevő szakmai egyesületek összefogására és új egyesületek szervezésére alakult meg a MTESZ 1948. június 29-én, és alig félévvel rá, 1949. január 29-én tartotta meg alakuló ülését a Híradásipari, Finommechanikai és Optikai Tudományos Egyesület. A „tudományos” jelző azt kívánta kihangsúlyozni, hogy nem új érdekképviselő alakításáról van szó. Az első közgyűlésen (1950. június 17-én) elfogadott alapszabály szerint az Egyesület célja a híradástechnika területén működő műszaki és tudományos dolgozók tömörítése a híradástechnikai ipar és tudomány fejlődésének az előmozdítására társadalmi munkával. Az első közgyűlés Réti Józsefet, a Híradásipari Igazgatóság vezetőjét választotta meg elnöknek.

300 taggal alakultunk meg, de már 1951-ben elértük a 900-as taglétszámot, közöttük 100-an a Műszaki Egyetem és a Műszaki Főiskola hallgatói. A híradástechnikusok nagy lelkesedéssel vettek részt

a célok valóra váltásában. Előadásokat, klubnapokat, ankétokat tartottak, munkabizottságokat szerveztek, nehéz lenne a sokféle tevékenységet felsorolni. 1951-ben rendeztünk először kiállítást a Műszaki Egyetem és a Műszaki Főiskola végzős hallgatóinak szigorlati terveiből és megépített készülékeiből, ahol az ifjú mérnökök rövid ismertetőt is tartottak. A Híradástechnika ekkor már 1100 példányban jelent meg, tagjaink közül 540 volt előfizető.

Hasonlóképpen, ahogyan a Híradástechnika cikkei, az egyesületi élet története is híven tükrözi a hazai híradástechnika fejlődését, gondjait és sikereit. E megemlékezés keretében csak néhány jellegzetes eseményt elevenítsünk fel. Ilyen volt 1954-ben az első híradástechnikai konferencia a vákuumtechnikával kapcsolatos problémákról és tennivalókról, aztán 1955-ben az ugyancsak háromnapos II. Híradástechnikai Konferencia a híradástechnikai alapanyagok és alkatrészek fejlesztésének és gyártásának a helyzetéről. 1958-ban tartottuk a III. Híradástechnikai Konferenciát (ez már ötnapos volt), melynek már ezt a címet mertük adni: „A magyar híradástechnika eredményei és feladatai”. Ezeken a konferenciákon, melyeket az MTA-val közösen rendeztünk, az elhangzott javaslatokat határozati javaslatokba foglaltuk, melyek túlnyomó részét az állami szervek megvalósították. A III. Konferenciával egyidejűleg rendezte meg az Egyesület az első hazai híradásipari kiállítást a Technika Házában. Ezen 39 vállalat és intézmény vett részt, és 40 000 látogatója volt, közöttük a Kormány számos tagja és a Budapesten akkreditált diplomáciai testületek tagjai.

1959-ben tartottuk az első mikrohullámú kollokviumot, melyen 20 külföldi szakember is részt vett. Ez az év különlegesen mozgalmas volt: 20 előadást, 18 klubestet tartottunk, kiállítást rendeztünk tranzistorizált szerelvényekből és mérőeszközökből, bemutattunk egy tranzistorizált sztereóerősítőt, és sok munkabizottságunk működött eredményesen. A következő évben technológiai kiállítást szerveztünk, melynek 10 000 látogatója volt.

1957-ben alapította az Egyesület a Puskás Tivadar emlékérmét „a magyar híradástechnika fejlesztése terén kimagasló érdemeket szerzett személyek kitüntetésére”. Az emlékérmét első ízben 1959. évre adtuk ki, és pedig Koczka Lászlónak, Kozma Lászlónak és Barta Istvánnak.

Az elmúlt 25 esztendőben sok más társadalmi munkát is fejtett ki az Egyesület a magyar híradástechnikai ipar és tudomány fejlesztése érdekében. Ezalatt a magyar híradástechnika saját lábára állt, megerősödött, megizmosodott. A Híradástechnikai Tudományos Egyesület tagjai és a Híradástechnika munkatársai jóleső érzéssel állapíthatják meg, hogy ebben a folyamatban nekik is részük volt. Bizton remélhetjük, hogy az elkövetkező időszak sem lesz sikerekben kevésbé gazdag.

Dr. Izsák Miklós

Rendszerváltozás gazdasági feltételei a távbeszélő-hálózatokban

ETO 621.395.34:621.395.74

A távbeszélő-hálózatok automatizálásának kezdetén kialakultak a kapcsolástechnikai, átviteltechnikai berendezések alaptípusai. Ezek az alaptípusok elveikben 30–40 évig változatlanok maradtak, és a hálózat bővítésére, a mennyiségi igények fedezésére ugyanazokat a műszaki paramétereket teljesítő berendezések voltak használhatók. Kapcsolástechnikában az emelő-választó, vagy rotary típusú gépek felhasználásával készült központok 30–40 évig szinte egyedüli elemek voltak a hálózatokban. Az ezekhez kapcsolódó jelfogós vezérlés is csak lényegtelen minőségi módosulásokkal, de változatlan formában került beépítésre. Az átviteltechnikai berendezések is döntő többségükben 4kHz osztású frekvencia multiplex-rendszerek, amelyek a CCITT ajánlásokban rögzített csoportképzési fokozatokon keresztül állítják elő a vonalon átvendő frekvenciaspektrumot. Nem voltak jelentős változások a jelzésrendszerben sem. Ennek hatására az újonnan gyártott berendezések közvetlenül együtt tudtak működni a hálózatban már régebben beépítésre kerülő berendezésekkel. Hosszú ideig nem merült fel a hálózattervezés során az új és régi berendezések illesztési problémája.

A távbeszélő-hálózatok nagymértékű mennyiségi fejlődése, és az új elektronikus elemek megjelenése magával hozta új elveken működő kapcsolástechnikai és átviteltechnikai berendezések kifejlesztését.

A kapcsolástechnika fejlődésének első lépése a crossbar gépek megjelenése volt. Mechanikus és elektronikus vezérlésű crossbar központok jelentek meg. Az átviteltechnikában ebben az időben csak a csatornaszám növekedett, és a leágazási, valamint az átkapcsolási technika alakult ki.

A további mennyiségi fejlődés szükségessé tette, hogy az új átviteltechnikai, és kapcsolástechnikai berendezések helyszükséglete, áramfogyasztása csökkenjen, megbízhatósága pedig tovább növekedjék.

A világon átlagosan 7 előfizető/100 lakos a távbeszélőállomás-sűrűség, és így kb. 250–300 millió állomás van. Ez az érték évenként 6–10%-kal emelkedik, úgyhogy évenként 15–20 millió új távbeszélő végállomást, készüléket, kell bekapcsolni, a megfelelő központkapacitás, és az ehhez tartozó átviteli út biztosításával. Folyamatosan gondoskodni kell ezenkívül az elavult berendezések lecseréléséről is. Ez olyan mértékű berendezésgyártást jelent, hogy az új berendezések kialakításánál az egyszerű tömeggyártathatóságot is szem előtt kell tartani. Az itt felsorolt elvek és igények teljesítését lehetővé tette a félvezető technika fejlődése, és kialakultak az elektronikus vagy kvázielektronikus központok, és a tömeggyártás követelményeit kielégítő, időosztásos átviteltechnikai berendezések. Az új berendezésekhez csatlako-

zóan új jelzésrendszert is kifejlesztettek. A piacok megszerzése szempontjából is döntő jelentőségű, hogy mely cégek tudnak hosszú távon perspektívát adni ajánlott rendszerükkel. A jelenleg ismert piaci tendenciák, valamint a postaigazgatások véleményének összesítése alapján arra a következtetésre lehet jutni, hogy a rendszerváltozás feltételei a hírközlő-hálózat szempontjából fejletlen földrészekben sokkal inkább biztosítottak, mint a már viszonylag nagy telefonsűrűséggel rendelkező Európában, vagy Észak-Amerikában. Ez azzal indokolható, hogy a már tömegesen alkalmazott rendszerekkel bíró országoknál új rendszer bevezetése jelentős többletbefektetést igényel, meg kell változtatni a hálózat kialakult struktúráját, a karbantartás hagyományos módszereit.

Ezek az új berendezések már nem képesek közvetlenül együttműködni a hálózatba hosszú éveken át beépítésre került régi rendszerekkel. Az új és régi berendezések közé illesztőegységeket kell elhelyezni. Az illesztőegységek beszerzése többletköltséget jelent. A különböző rendszerek fenntartása, javítása és tartalékolása szintén növeli a távközlőhálózat évi költségének a jelenértékét. A jelzésátvitel együttműködésének biztosítása különösen nehéz műszaki feladatot jelent.

Az előzőek alátámasztására a hazai rotary-crossbar-ECR központrendszerek együttműködtetési problémáit érdemes felhozni. Közismert, hogy a rotary rendszer olyan hiányosságai, mint pl. az áttárcsázhatóság, az alközponti beválasztás és a többszörös számlálás hiánya, akadályozza a crossbar-rendszerek szolgáltatásainak maximális kihasználását. Vannak központtípusok, ahol ezek a szolgáltatások már be sem vezethetők, míg más típusoknál jelentős anyagi és munkaerő-ráfordítással oldhatók csak meg. A több mint 40 éve alkalmazott rendszer szabta meg a számkiosztási és forgalomirányítási elképzeléseket is. A központok rendszerváltozásánál, tehát az új és korszerű berendezés alkalmazásánál, a felhasználó választót előtt áll. Vagy a régi, de nagytömegű kapcsolórendszerét módosítja, idomítja a műszaki lehetőségeken belül az újhoz, vagy nem használja ki csak töredékében az új rendszer előnyeit. Mindkét változat pénzbe kerül, mert az új, de rendszerint drágább berendezés kihasználásának korlátozása is veszteséget jelent. Kétségtelen azonban, hogy a bevezetés első periódusában — amikor az új berendezés kapacitása csak néhány %-a a réginek — az egységes szolgáltatás biztosítása jelentős többletköltséget jelent a postáknak, s így természetesnek és törvényszerűnek is tűnik a fenntartók fokozott tartózkodása, sőt sokszor kifejezett ellenállása az új rendszer bevezetésével szemben.

Az áttérés nehézségei miatt megfontolandó, hogy

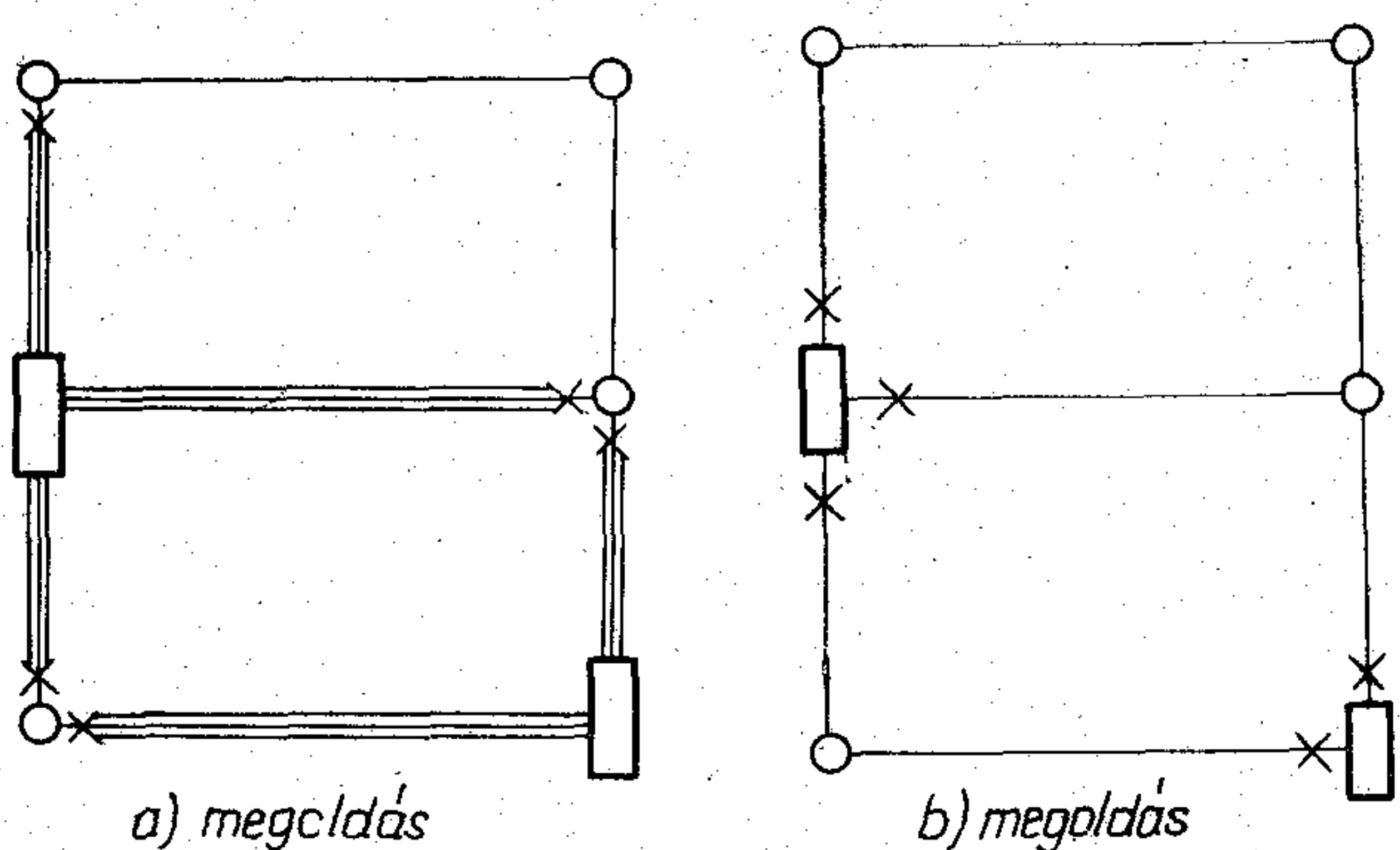
egy, már jelentős értékeket tartalmazó, távbeszélő-hálózatban új technikával kialakított kapcsolástechnikai és átviteltechnikai berendezések bevezetése mikor és milyen ütemben hajtandó végre. Gazdasági megfontolások alapján megvizsgáljuk, hogy az új rendszerek bevezetésével járó vitathatatlan nagy előnyök milyen esetben kompenzálják az áttérésre fordított többletkiadásokat.

A rendszerváltozás gazdasági optimalizálásának áttekintéséhez a következő sorrendben végezzük el a számításokat:

Először kiszámítjuk, hogy a régi és új átviteltechnikai és kapcsolástechnikai berendezések együttműködéséhez szükséges illesztőtagokat a régi, vagy az új rendszerhez célszerű-e csatlakoztatni. A különbség az 1. ábrán látható. Bár első pillanatban közömbösnek látszik, hogy az illesztőtag az összekötő vezeték melyik végén helyezkedik el, a gyakorlatban ennek két okból van jelentősége:

a) Az illesztőtag nem függetleníthető teljesen a berendezéstől, és legtöbbször magában az illesztett berendezésben is változtatást igényel;

b) A hálózat jellege függ attól, hogy a berendezések között milyen rendszerű jelek haladnak.



1. ábra. Illesztési módszerek hatása a hálózat jellegére; □ — új rendszer; ○ — régi rendszer; × — illesztőtag; ≡ — új rendszerű jelek haladnak a vonalon; — — a régi rendszernek megfelelő jelek haladnak a vonalon

Ebből kiadódik az illesztő berendezések teljes jelenértékének minimuma az áttérési periódus alatt. És kiszámítottuk azokat a tényezőket, amelyek az áttérés során növelik a költségeket. Majd vázoljuk az új típusú berendezések bevezetéséből származó előnyöket, figyelembe véve a kisebb méretű épületeket, a felügyelet nélküli üzemmódot, és az esetleg biztosítható többletszolgáltatásokat.

A költségnövelő tényezők egybevetésével kialakítható az áttérés gazdaságilag legkedvezőbbnek tűnő programja. Ennek gyakorlati kialakításához figyelembe vesszük az eddig kidolgozott áttérési módszereket és hálózati struktúrákat. A gazdasági számítások alapján a létező megoldások közül igyekszünk választani.

Mielőtt a gazdasági számításokra áttérnek, először röviden áttekintjük a hálózatban alkalmazott berendezések arányainak változását.

A berendezésarányok változása

Az új típusú berendezésekre, áramkörökre való áttérés gazdasági kérdéseinek vizsgálatához számítsuk ki, hogy a t -edik évben milyen arányban szerepel a hálózatban új, illetve régi típusú berendezés. A számításhoz induljunk ki abból a feltevésből, hogy a $t=0$ időponttól kezdve a beruházások során csak új típusú berendezés kerül a hálózatba. Ebből következik, hogy számításunk első lépéseként a beruházások nagyságát kell meghatározni.

A beruházások célja

A beruházások feladata a fejlődés során felmerülő igények kielégítésén kívül az elhasználdott, selejtezésre kerülő berendezések pótlása, illetve a nem kielégítő szolgáltatású, avult berendezések lecserélése. E három tényezőhöz tartozó berendezés mennyiséget külön-külön számítjuk ki.

a) A fejlődés nagysága a szokásos módon kamatoskamat képletével számítható ki. Ha jelenleg $N(0)$ csatorna áramkör, gép központ, kábel stb., van, akkor a t -edik évben

$$N(t) = N(0) \cdot (1 + v)^t \quad (1)$$

lesz, ahol v a fejlődésre jellemző állandó.

A $(t+1)$ -edik évben szükséges beruházás kifejezhető, mint a $(t+1)$ -edik évben a fejlődés hatására szükséges berendezésszám, mínusz a t -edik évben már üzemben levő berendezések stb. száma. A fejlődés hatására tehát a $(t+1)$ -edik évben

$$\Delta N(t+1) = N(0) \cdot [(1 + v)^{t+1} - (1 + v)^t] \quad (2)$$

számú új berendezést kell a hálózatban elhelyezni.

Kiemelve $(1 + v)^t$ tényezőt

$$\Delta N(t+1) = N(0) \cdot [1 + v]^t [1 + v - 1] = N(0) \cdot [1 + v]^t \cdot v$$

b) Az elhasználdott, kiöregedett berendezések lecserélése miatt szükséges mennyiségi pótlás kiszámítható, ha ismerjük az adott berendezés, kábel vagy építmény T élettartamát. Selejtezendők ugyanis azok a berendezések, amelyek a t -edik évben éppen T -korúak. Itt a T nem az előzetes tervezési érték, hanem egy általában annál nagyobb valószínűségi élettartam. A leselejtezendő mennyiség a $(t+1)$ -edik évben:

$$N_s(t) = N(t) \left[\frac{1}{(1 + v)^T} - \frac{1}{(1 + v)^{T+1}} \right] = \frac{N(t)}{(1 + v)^T} \cdot \frac{v}{1 + v} \quad (3)$$

A nagyságrendek megbecsülése érdekében nézzük meg, hogy 30 éves átlagos élettartam esetén a vizsgált egység, vagy berendezés t -edik évben levő darabszámának hány %-a cserélendő le évi 8% fejlődés mellett. Táblázatból kiolvassuk $N_s(t) = 0,005 \cdot N(t)$, az adott számértékek mellett. 6%-os fejlődés és 20 éves élettartam esetén a szorzótényező 0,015, végül 8%-os fejlődés és 50 év élettartam esetén 0,0010 (l. 1. táblázat).

c) A minőségi követelmények kielégítése érdekében szükséges berendezések mértékét úgy állapítjuk meg, ha megvizsgáljuk a hálózat elhasználódási fokát, és arra törekszünk, hogy a beruházások mértéke biztosítsa, hogy ez az arány a beruházások során ne

1. táblázat

Fejlődés $v=$	5	6	7	8	10
	%				
20	0,018	0,015	0,012	0,010	0,007
25	0,014	0,011	0,009	0,0070	0,0042
30	0,011	0,008	0,0062	0,0047	0,0027
35	0,0085	0,0062	0,0045	0,0032	0,0017
40	0,0066	0,0046	0,0032	0,0022	0,0010
45	0,0054	0,0036	0,0024	0,0016	0,0007
50	0,0042	0,0026	0,0017	0,0010	0,0004

csökkenjen. Az elhasználódási fok a berendezések pillanatnyi értéke $P(t)$ és a beruházási érték $B(t)$ hányadosával fejezhető ki

$$k = \frac{P(t)}{B(t)}.$$

Annak érdekében, hogy k ne csökkenjen a t időpontban üzemben levő $N(t)$ berendezés b -ed részét új berendezéssel kell pótolni [$b \cdot N(t)$] a $(t+1)$ -edik évben. A pénzügyi leírást megadó k érték egyben a szolgáltatás avulását is jellemzi. A szolgáltatás korszerűségének és minőségének legalább állandó szinten tartásához lényeges, hogy k értéke az időben ne csökkenjen. A távközlési berendezéseknél szokásos 4,4% évi leírás feltételezésével kiinduló követelményünk teljesítéséhez $b=0,06-0,08$ biztosítandó, vagyis elavulás miatt 6–8% cserélendő le évenként.

A teljes beruházási mennyiség a három tényező összege, ami felírható a következő alakban

$$N(t+1) - N(t) = \Delta N(t+1) + b \cdot N(t) + N_s(t),$$

ahol b az új szolgáltatások miatt beszerzendő berendezések aránya, amit az előbbiekben 0,06–0,08 értéknek tételeztünk fel.

A beruházások nagysága

A következőkben a berendezések rendszerük szerinti osztályozása céljából jelöljük a hálózatban levő új berendezések számát a t -edik évben $N_2(t)$ -vel, a régi berendezéseket pedig $N_1(t)$ -vel. Akkor általánosan felírható, hogy

$$N(t) = N_1(t) + N_2(t) \quad (4)$$

a kiinduló feltételeknek megfelelően

$$N(0) = N_1(0) \text{ és } N_2(0) = 0 \quad (5)$$

Ezek előrebocsátása után nézzük meg az új berendezések számának alakulását. Ez az évenkénti fejlődés és a régi berendezések lecseréléséből adódó berendezésszám összege.

$$N_2(t+1) = \sum_{t=0}^t N(t+1) - N(t) = \sum_{t=0}^t \Delta N(t+1) + b \cdot N(t) + N_s(t) \quad (6)$$

A $\sum$ alatti kifejezést $\delta N(t)$ -vel jelölve és $N(t)$ értékét $N(0)$ -al kifejezve

$$\delta N(t) = N(0) \cdot (1+v)^t \left[v + \frac{v}{(1+v)^{T+1}} + b \right]. \quad (7)$$

A felírt egyenletet rendezve:

$$\delta N(t) = N(0) \cdot (1+v)^t [v + K + b] \quad (8)$$

ahol

$$K = v \cdot (1+v)^{-(T+1)}.$$

A korábbiaknak megfelelően ennek értéke adott fejlődési tényező és avulási vagy lecserélési idő esetén állandónak tekinthető. A zárójelben levő mennyiségek tehát egy adott berendezés típusra, és ismert fejlődésre állandóak.

Az áttérési idő

A következő feladatunk az lesz, hogy kifejezzük azt az időpontot, amikor régi berendezés már nem marad a hálózatban, vagyis amikor $N_1(t) = 0$. Ebből a feltételből következik, hogy $N(t) = N_2(t) = \delta N(t)$. Ez meghatározható a (6) egyenletből, amibe behelyettesítjük (8)-at.

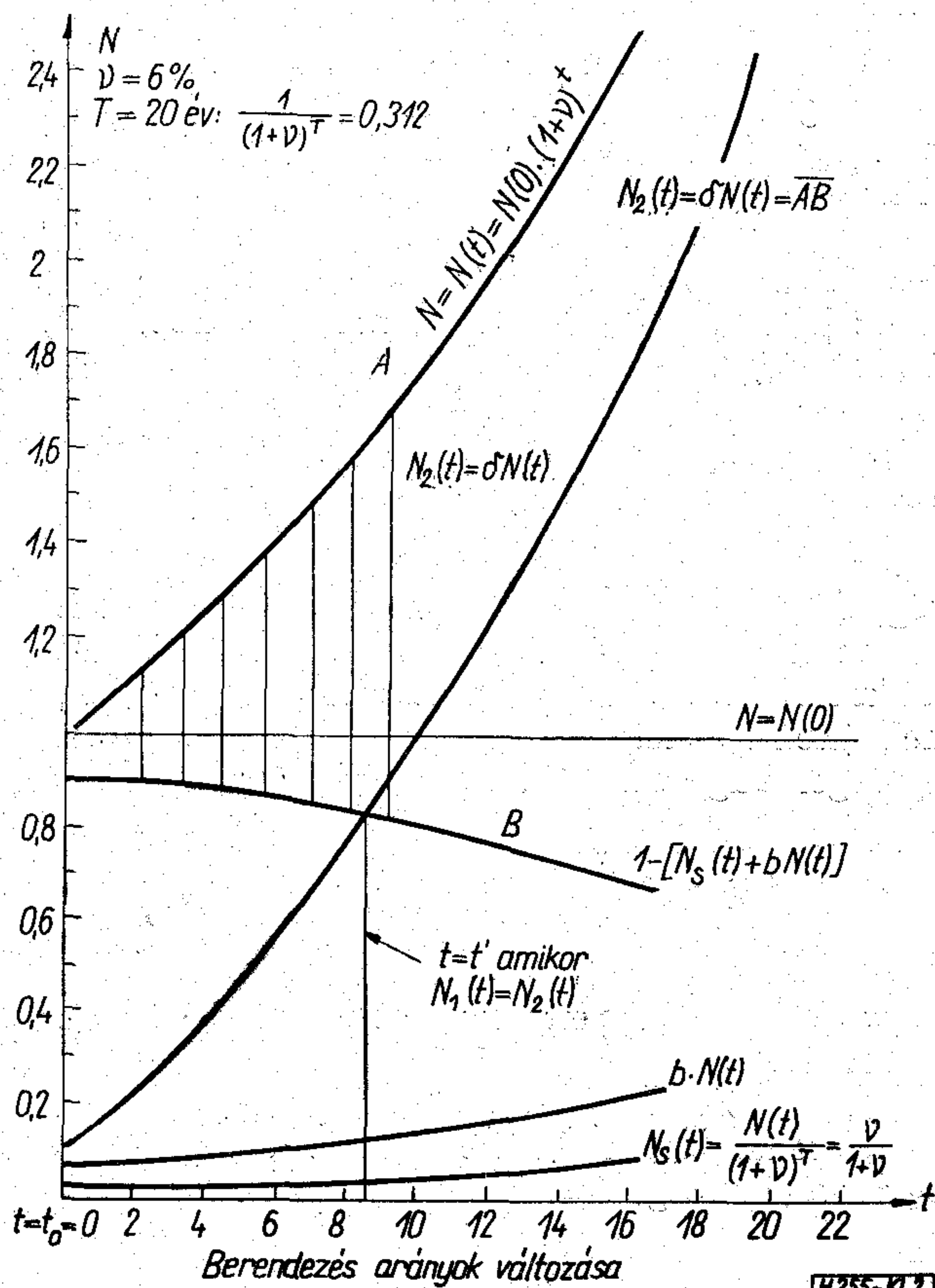
$$N_2(t) = \sum_{i=0}^t N(0) (1+v)^i \cdot (K + v + b). \quad (9)$$

A véges mértani sorozat összeg képletet felhasználva kapjuk

$$N_2(t) = N(0) [K + v + b] \cdot \frac{(1 \cdot v)^t - 1}{v}. \quad (10)$$

Ha ezt egyenlővé tesszük $N(0)$ -val, akkor azt kapjuk, hogy [az (1) és (10) egyenlet összevetése]:

$$(1+v)^t = 1 + \frac{v}{K+b}. \quad (11)$$



2. ábra. A berendezés arányok változása az idő függvényében

Tovább rendezve

$$(1+v)^t = 1 + \frac{1}{(1+v)^{-T-1} + \frac{b}{v}}. \quad (12)$$

Áttérve a logaritmikus alakra

$$t \cdot \log(1+v) = \log \left[1 + \frac{1}{(1+v)^{-T-1} + \frac{b}{v}} \right]. \quad (13)$$

A keresett időpont, amikor az áttérés befejeződik

$$t_0 = \frac{\log \left[1 + \frac{1}{(1+v)^{-T-1} + \frac{b}{v}} \right]}{\log(1+v)}. \quad (14)$$

Tájékoztató közelítésképpen a logaritmikus kifejezéseket a Taylor-sor első tagjával helyettesítve:

$$t_0 = \frac{1}{\frac{(1+v)^{-T-1} + \frac{b}{v}}{v}} = \frac{1}{v(1+v)^{-T-1} + b} \approx \frac{1}{K+b}. \quad (15)$$

Vagyis az áttérés 6–8%-os fejlődés esetén 10–16 évig tart. Erre az időszakra kell az illesztőegységeket a hálózatba bevezetni.

Az áttérés költségének minimumszámítása

Az új átviteltechnikai vagy kapcsolástechnikai berendezések a jelentős típusváltozás miatt csak külön illesztőegységekkel képesek a meglévő hálózat hasonló célú elemeivel együttműködni. Az illesztőegységek költsége áramkörönként vagy fokozatonként C értékűek. Jelenleg a hálózatban már működik $N(O)$ egység vagy áramkör, amelyet illeszteni kell az új megoldású berendezésekhez, vagy az újakat kell illeszteni a meglévőkhöz. Vizsgáljuk az áttérés t_0 időszaka alatt felmerülő illesztési többletköltségek jelenértékét, (a jelenérték definícióját és számítását lásd: [1, 2, 3, 4, 5] irodalmakban) különböző illesztési stratégiák alkalmazása esetén.

Az áttérés teljes időszakában az új berendezéseket illesztjük a régiékhöz

Ennek az elvnek az alkalmazásával, csak az utolsó régi típusú berendezés selejtezése után érvényesülnek maradéktalanul az új rendszer előnyei. A költségek alakulásához írjuk fel az illesztőegységek költségeinek jelenértékét. A hálózatba beépítésre kerülő új egységek vagy berendezések száma (10) szerint:

$$N_2(t) = N(O) [K + v + b] \cdot \frac{(1+v)^t - 1}{v}.$$

A beruházási lépcsők száma t_0 áttérési időszak alatt legyen s és i az éppen vizsgálat alatt levő beruházás sorszáma.

A hálózatba beépítésre került új típusú berendezések és rendszerek üzemeltetéséhez szükséges illesztőegységek költsége $C = \Delta C \cdot N_2(t)$ és ennek jelenértéke

$$C_0^{(i)} = \frac{C}{(1+r)^s}.$$

egy beruházási lépcsőben, ahol r a népgazdaságban használatos átlagos kamatláb. A teljes t_0 időszakban

$$C_0 = \sum_{i=0}^s C_0^{(i)} = \sum_{i=0}^s N_2(t) \cdot \Delta C \cdot \frac{1}{(1+r)^{t_0/s+i}}$$

ami részletesen kiírva

$$C_0 = \sum_{i=0}^s N(O) [K + v + b] \cdot \frac{(1+v)^{\frac{t_0 i}{s}} - 1}{v} \cdot \Delta C \cdot \frac{1}{(1+r)^{\frac{t_0 i}{s}}}.$$

Az időtől független tagokat kiemelve:

$$C_0 = N(O) \cdot \Delta C \cdot \frac{K + v + b}{v} \sum_{i=0}^s \frac{(1+v)^{\frac{t_0 i}{s}} - 1}{(1+r)^{\frac{t_0 i}{s}}}. \quad (16)$$

Ez az a többletköltség, ami az új technikára való áttérés miatt jelentkezik, ha az új berendezéseket illesztjük a régihez.

Az új berendezések megjelenésétől kezdve a régi berendezéseket illesztjük az újakhoz

Ennek az elvnek az alkalmazása folyamatosan érvényesíti az új technika előnyeit. Tételezzük fel, hogy az illesztés költsége nem függ az áttérés stratégiájától és jelen esetben is ΔC . Mivel N berendezés vagy áramkör működik, valamennyit el kell látni a $t=t_0=0$ időpontban illesztőegységekkel. Ennek a költsége, ami egyben a jelenérték is,

$$C_0 = \Delta C \cdot N(O). \quad (17)$$

Jelöljük az első illesztési stratégiához tartozó többlet beruházások jelenértékét C_{01} -el az utóbbit C_{02} -vel. E kettő összetétele érdekében vizsgáljuk a C_{01}/C_{02} hányadost (16) egyenlet osztva (17)-el.

$$C_{01}/C_{02} = \frac{K + v + b}{v} \cdot \sum_{i=0}^s \left\{ \frac{(1+v)^{\frac{t_0 i}{s}}}{(1+r)^{\frac{t_0 i}{s}}} - \frac{1}{(1+r)^{\frac{t_0 i}{s}}} \right\}. \quad (18)$$

A Σ alatti kifejezés két véges mértani sor összegének különbsége. A különbségi kifejezést először abban a speciális esetben értékeljük, amikor $v=r$ (a kamatláb és a fejlődési tényező). Ebben az esetben a (18) egyenlet számos közelítés után a következő egyszerű alakban adható meg:

$$C_{01}/C_{02} \approx \frac{K + v + b}{v} (s+1).$$

Ebből kiolvasható, hogyha $s \gg 1$, akkor

$$C_{01} = \frac{K + v + b}{v} s \cdot C_{02} \quad (19)$$

tehát ha az új berendezéseket illesztjük a régiékhöz, az lényegesen költségesebb, mintha valamennyi régit illeszténénk első lépésben vagy az összekapcsolás mértékétől függően kiépítve, de a hálózat jellegét mielőbb korszerűsítve — az újhoz. Ha $v \neq r$, akkor a (18) egyenlet más közelítését vizsgálhatjuk meg. Általában $r > v$ ezért felírható, hogy

$$\frac{1+v}{1+r} = 1 - \theta.$$

Ezt felhasználva, majd a különbségek és összegek hatványait sorbafejtve és az első két tagot felhasználva a következő közelítő formulát kapjuk:

$$C_{01}/C_{02} \cong \frac{K+v+b}{v} [s+s] = 2 \frac{s}{v} (K+v+b). \quad (20)$$

Az előzővel azonos következtetés vonható le. Látszik, hogy $C_{02} < C_{01}$, de nem vizsgáltuk még, hogy nem létezik-e a C_{02} -nél még kisebb áttérési költség. Ezért ezek után felmerül az a kérdés, hogy létezik olyan t időpont, ameddig az első stratégiát követve, majd ott áttérve a másodikra, és ha t a $0 < t^* < t_0$ intervallumban van akkor a C_{01} és C_{02} jelenértéknél kisebb lesz az illesztés költsége. Nevezzük ezt változó illesztési módszernek.

Változó illesztési módszer

Az áttérés kezdetén az új berendezéseket illesztjük a régiakhoz. Majd a t^* időpontban az akkor még üzemben levő régi berendezést illesztjük az újakhoz. Ennél az eljárásnál az áttérés miatt szükséges illesztőtagok

költsége:

$$C_{03} = N(0) \cdot \Delta C \frac{K+v+b}{v} \sum_{i=1}^{s=t^*/t_0} \frac{(1+v^{it_0/s}-1)}{(1+r)^{t_0 i/s}} + \frac{N(t^*) \Delta C}{(1+r)^{t^*}} \quad (21)$$

ahol az első tag jelenti a t^* időpontig az újtípusú berendezésekben elhelyezett illesztőegységek jelenértékét, és a második jelenti t^* időpontban még üzemben levő valamennyi régi berendezési illesztésének költségeit.

Itt $N_1(t^*) = N(t^*) - N_2(t^*)$ és a (10) és az (1) összefüggéseket felhasználva:

$$N_1(t^*) = N(0) \left[-(1+v)t^* \cdot \frac{K+b}{v} + \frac{K+v+b}{v} \right]. \quad (22)$$

Beírva ezt a (18) kifejezésbe, majd az így megjelenő (21) alatti mértani sort összegképpel helyettesítjük.

Az ekkor keletkező formula közvetlenül nem értékelhető. Ezért első közelítésképpen feltételezzük, hogy $v < r \ll 1$, és az ebből következő sorfejtési lehetőségeket végrehajtjuk.

Ekkor a következő összefüggést nyerjük.

$$C_{03} = N(0) \cdot \Delta C \frac{K+v+b}{v} \left[\frac{v}{K+b+v} + \frac{K+b}{K+b+v} v t^* + \frac{2t^*}{t_0} \right]. \quad (23)$$

Keressük C_{03} minimumát, a $0 \leq t^* \leq t_0$ tartományban, vagyis azt az időpontot, amikor az illesztési módszereinket változtatni kell. A (23) kifejezést differenciálva, majd a differenciálhányadost 0-val téve egyenlővé a következő egyenletet kapjuk.

$$Kv + bv + \frac{2(1+r)^{t^*}}{t_0} \cdot (K+b+v) = v[1 + Kt^* + bt^*] \cdot \ln(1+r). \quad (24)$$

Ismét keressük az egyenlet megoldását közelítéssel. Ennek során az összegek és különbségek hatványait, valamint a logaritmust sorbafejtjük, és a sor első két tagját használjuk fel. Majd megoldva az egyenletet t^* -ra és a megoldást tovább egyszerűsítve, figyelembe véve, hogy $v \cong r$ -el, első tájékoztatásként a következő összefüggést kapjuk:

$$t^* \cong \frac{K+b-r}{r(K+b)}. \quad (25)$$

Általában elég hamar át kell térni a 2. módszer szerinti illesztésre. Ha $r = K+b$, akkor azonnal a régi berendezések illesztését kell végrehajtani.

A rendszerváltozás szükségessége

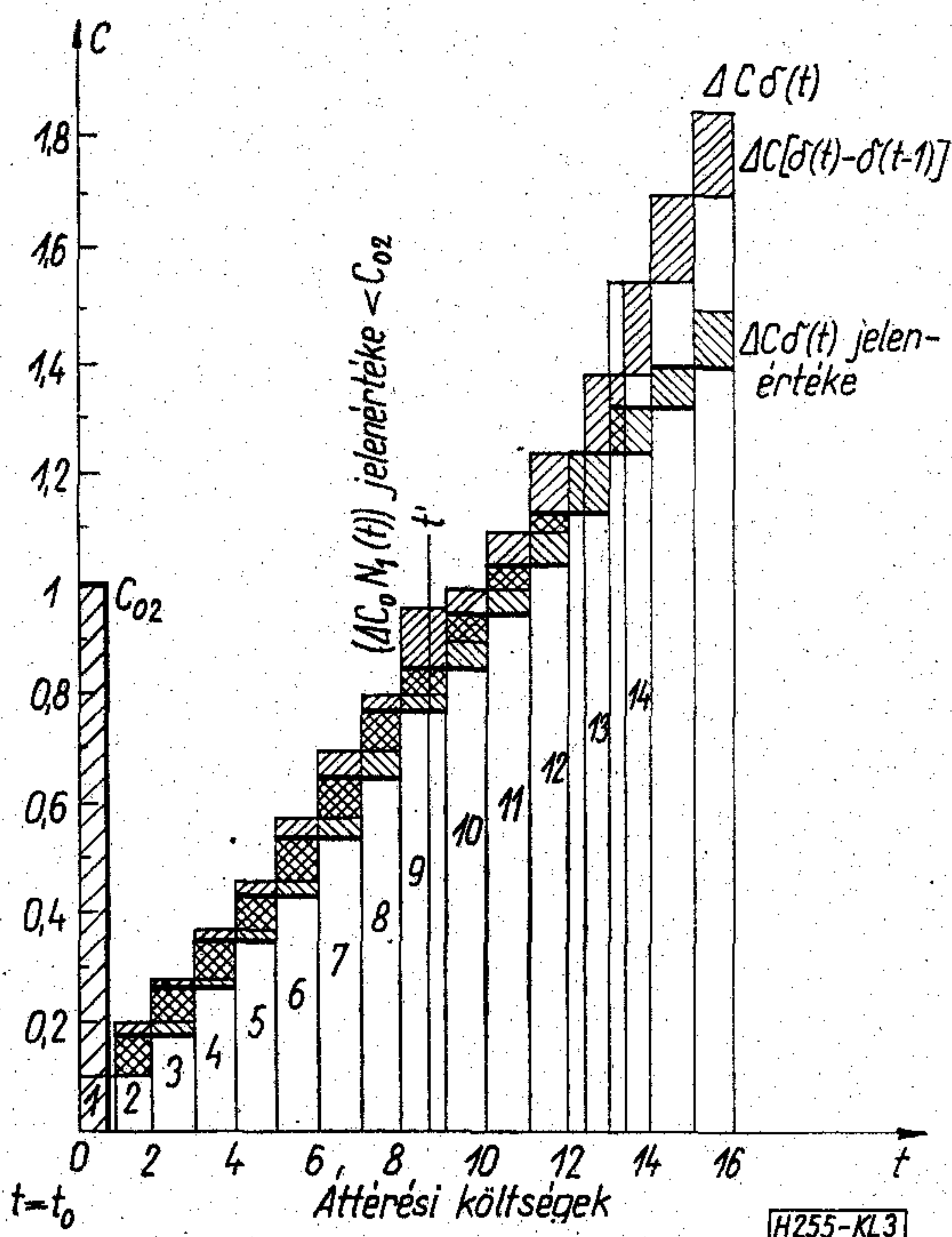
Az üzemeltetők rendszerváltozásra ösztönző igényei jelentősek. Vizsgáljuk meg az ösztönző és a visszafogó érveket. Az üzemeltető érdekei a fenntartásigényesség, ráfordítás és a szolgáltatás minőségének javításában jelentkeznek.

Fenntartásigényesség

Kétségtelenül a postaigazgatóságok talán legnagyobb problémáját a következő évtizedekben a szükséges fenntartó személyzet biztosítása fogja jelenteni.

Várható a fenntartóktól olyan igény, hogy a karbantartói személyzet létszáma 1985-ig ne növekedjék, azt követően pedig csökkenjen, dacára az évi 6–10%-os kapacitázzaporulatnak.

Ez az igény reálisnak látszik, hiszen az extenzív létszámgazdálkodás feltételei már nem biztosíthatók. A program megvalósítása csak alacsony karbantartás-igényű új berendezések bekapcsolásával, illetve a régi fenntartásigényes központok kiváltásával érhető el.



3. ábra. Az áttérési költségek a különböző módszerek esetén, minden évben a teljes illesztési jelenértékköltség addigi összege látható

Költségek

A fenntartó postaigazgatóságok specifikációiban általánosan olvasható az a feltétel, hogy a beruházási és a fenntartási költségek az újonnan fejlesztendő berendezéseknél nem haladhatják meg a meglévő, alkalmazott berendezések hasonló paramétereit. Ennek ellenére nincs tudomásunk olyan új központrendszer-ről, melynek az egy vonalkapacitásra eső költsége ne lenne nagyobb az üzemelő rendszereknél.

Milyen indokok játszanak szerepet abban, hogy a központok ára állandóan emelkedik és az egy előfizetői állomás létesítésére eső költségből is egyre nagyobb és nagyobb részarány jut a kapcsolás árára?

A kapcsolóúttal és ebből következően a kapcsolóelemekkel szemben egyre nagyobbak az igények. Mechanikai rendszereknél a nemesfém-érintkezők alkalmazása ma már természetes követelmény. A zajérzékenység csökkentésére tett intézkedések, az egyre kisebb kapcsolóáramok, a keresztpontonkénti kapcsolás alkalmazása, mind többletköltséggel jár. A félvezetők alaptulajdonságaiknál fogva nem alkalmasak közvetlenül kapcsoló üzemmódra. Ilyen felhasználásuk a jelfogóval szemben még többletinvesztálást igényel. A legnagyobb probléma azonban ezen a területen, hogy az elektromechanikai kapcsológép után nem alakult még ki egy általánosan elfogadott kapcsolóelem. Márpedig egy alkatrészt csak a milliós nagyságrendű tömeggyártás teheti gazdaságossá.

A félvezetőtechnika gyors fejlődése, állandó változása kiforratlan technológiája akadályozta tulajdonképpen alkalmazásának széles körű elterjedését hosszú élettartamú nagyberendezéseknél. Kétségtelen azonban, hogy a félvezetőtechnika fejlődése lelassult és lassan kialakul a hosszútávon is figyelembe vehető, kapcsolóberendezések vezérlési feladatait ellátó alkatrészválaszték. Talán a tárolók fejlesztése az a terület, ahol még tág lehetőségek vannak biztosítva új eljárások alkalmazására. Az integrált áramkör-technika alkalmazása árcsökkenés szempontjából ma éppolyan biztató, mint 10 évvel ezelőtt a germánium alapanyagú alkatrészeké volt. Jelenleg azonban a hazai gyártóbázis kialakulatlansága következtében a fejlesztők jórészt a még drága import alkatrészekre vannak utalva.

A szolgáltatás minőségének javítása

A postaigazgatóságok előírják specifikációikban az új szolgáltatások biztosíthatóságát. Rendszerint azonban az ezen speciális szolgáltatásokat kielégítő áramköröket még nem rendelik meg, mert a szolgáltatás általános használatát a hálózatukban található korszerűtlen régi központok nem biztosítják, átalakításuk pedig nem lenne gazdaságos. Végeredményben tehát ezek a többletszolgáltatások csak akkor válnak közhasználatúvá, ha egy új rendszer már annyira elterjedt, hogy indokolhatóvá válik a régi központokra kapcsolt előfizetőknek a szolgáltatás használatából való kizárása.

A következő megvizsgálandó tényező a gyártó érdekeltsége az új központrendszerek kifejlesztésében. A gyártó érdekei a versenyképesség és a gazdaságos gyártás és szerelhetőség irányába hatnak.

A versenyképesség

Ezt a feltételt már a bevezetőben érintettük. Megállapítható, hogy ha ma még nem is igényli a posták nagy része az elektronikus központok gyártását, azt mindenesetre kikötik, hogy a szállított rendszer legyen annyira rugalmas, hogy a későbbiekben különösebb adaptáció nélkül bármilyen rendszerrel együtt tudjon működni. Nyilvánvaló, hogy a postaigazgatóságok óvakodnak az amúgy is jelentős adaptációs problémáikat a jövőre nézve tovább szaporítani. A versenyképesség feltétele tehát kettős feladatot ró a gyártóra. Régi gyártott rendszerét fokozatosan korszerűsíteni kell és fejlesztenie kell egy új rendszert, mely a régivel úgy tud együttműködni, hogy minőségileg jobb paramétereit, új szolgáltatásait teljes mértékben kihasználhatók legyenek.

Gyártástechnológia

Az új rendszerek kifejlesztésének egyik legalapvetőbb oka, hogy a várható nagy vonalkapacitás-igény kielégítésére szolgáló központokat hagyományos technikával gyártani már nem gazdaságos. A technológia fejlődése a híradástechnikai iparban különösen feltűnő, s ennek eredményeképpen egyre kevésbé gazdaságos a régi módszerrel és anyaggal gyártani. Gondoljunk csak a kábelezés technológiájának fejlődésére, az információtárolókra, a szerelés és vizsgálat gépesítésére, automatizálására.

Összefoglalva az eddigieket, egy rendszerváltozás legfőbb elősegítő kritériumai a gyártó részéről a versenyképesség, és az új technika és technológia alkalmazásából adódó előnyök, az üzemeltető részéről pedig a fenntartási-igényesség csökkenése. Korlátozó, illetve ellene ható tényezők a meglévő hálózat illesztési problémái, és a rendszerváltozással még mindig együttjáró magasabb ár.

Digitális technika bevezetése a távközlőhálózatba

A közeljövő várható legnagyobb változása az időosztásos digitális technika széles körű elterjedése lehet. Jelenleg a frekvenciaosztásos átvitel és a térosztásos kapcsolás a nyilvános távközlőhálózat beruházott értékeinek mintegy 90%-át teszi ki. Ez a technikai megoldás azonban a további technikai fejlődés igényeit nem tudja kielégíteni. Az áttérési költségek minimumszámítása során leírtak alapján a gazdaságos tömeggyártás miatt szükségessé vált kevesebb egyedi beállítást és mérést igénylő rendszer kidolgozása. Ennek a célkitűzésnek az időosztásos átvitel és kapcsolás várhatóan meg fog felelni, és a következő évtized a két rendszer együttműködési problémáit kell, hogy megoldja.

Világtrend

Jelenleg Európában PCM átviteltechnikai szakaszok üzembehelyezésével kezdődött el a digitális technikára való áttérés. Kísérleti szinten megjelentek az időosztásos központok. Ebben a fejlődési fázisban minden digitális szakasz végpontján megjelenik a digitális analóg átalakító, ami a teljes egészében

analóg hálózathoz illeszti a kidolgozott új rendszert. Ez a megoldás azonban a gazdasági számítások alapján a távlatban feltétlenül gazdaságtalan lesz. A nagyszámú digitális rendszer valamennyi végpontján digitál—analóg átalakítók elhelyezése megsokszorozza a hálózatépítés költségeit. Ugyanakkor nehezen látszik megoldhatónak, hogy igen elterjedt vivőfrekvenciás berendezések és térosztásos központok valamennyi csatlakozási pontjára egy lépésben analóg—digitál átalakítók helyezzünk el, hogy a hálózat teljes egészében digitális jellegű legyen. Ez a költség meghaladja a postaigazgatások ötéves beruházási terveit, tehát a jelenérték szempontjából leggazdaságosabbnak kimutatott megoldás az egy lépésben azonnal szükséges tőkeráfordítás nagysága miatt gyakorlatilag nem valósítható meg. Ez a probléma fékezte le mind a francia, mind az angol kísérleti hálózatok szélesebb körű elterjedését. Tanulva a digitális technika bevezetésében első helyen levő két európai ország tapasztalataiból, a zürichi távközlési szemináriumon a svájci postaigazgatás egy új áttérési tervet ismertetett.

Az áttérési terv lényege, hogy a digitális berendezések egymással digitálisan kapcsolódnak. A bővítéseket és új létesítményeket, melyek digitális rendszerben kapcsolódnak össze, folyamatosan bővítik és az analóg hálózattal párhuzamosan alakítanak ki egy digitális hálózatot. Az előfizetők, illetve információforrások egy része a digitális hálózatban, más része az analóg hálózatban foglal helyet. A digitális hálózathoz induló és oda érkező hívások közben átalakítók nélkül az egységes digitális időosztásos hálózaton jutnak át. Hasonló a helyzet az analóg hálózattal. Ha a két hálózat között kell a forgalmat lebonyolítani, akkor az analóg hálózat csatlakozási pontján elhelyezzük az átalakítókat.

Ez a svájci hálózatkiépítési módszer akkor alkalmazható előnyösen, ha a nagy érdekeltséget mutató előfizetői csoportok csak egy hálózathoz kapcsolódnak.

Ebben az áttérési módszerben az új technika bevezetése egyidejűleg teszi lehetővé átviteles és kapcsolástechnikai berendezések kipróbálását, és a kapcsolástechnikai berendezések különböző fokozatai között az együttműködést anélkül, hogy az egész hálózat üzembiztonságát veszélyeztetné. A zürichi szeminárium óta eltelt 2 év során több más ország is igyekezett ehhez az elképzeléshez hasonló módszert találni a digitális technikára való áttérésre.

Helyközi hálózat

A hazai viszonyok között a digitális technika bevezetése elsősorban a körzethálózati síkban történhet meg. A rurálhálózatban levő előfizetők forgalmának nagyrésze a körzeten belül marad, így a rurálhálózatban elhelyezett PCM berendezések és időosztásos jelek kapcsolását lehetővé tevő központok üzembehelyezhetők úgy, hogy a gócközpontba csak azoknak az áramköröknek a részére, melyek a körzethálózatról kilépnek kell analóg-digitál átalakítókat elhelyezni. A gazdaságos fejlesztés ezek szerint következőképpen kezdődhet el.

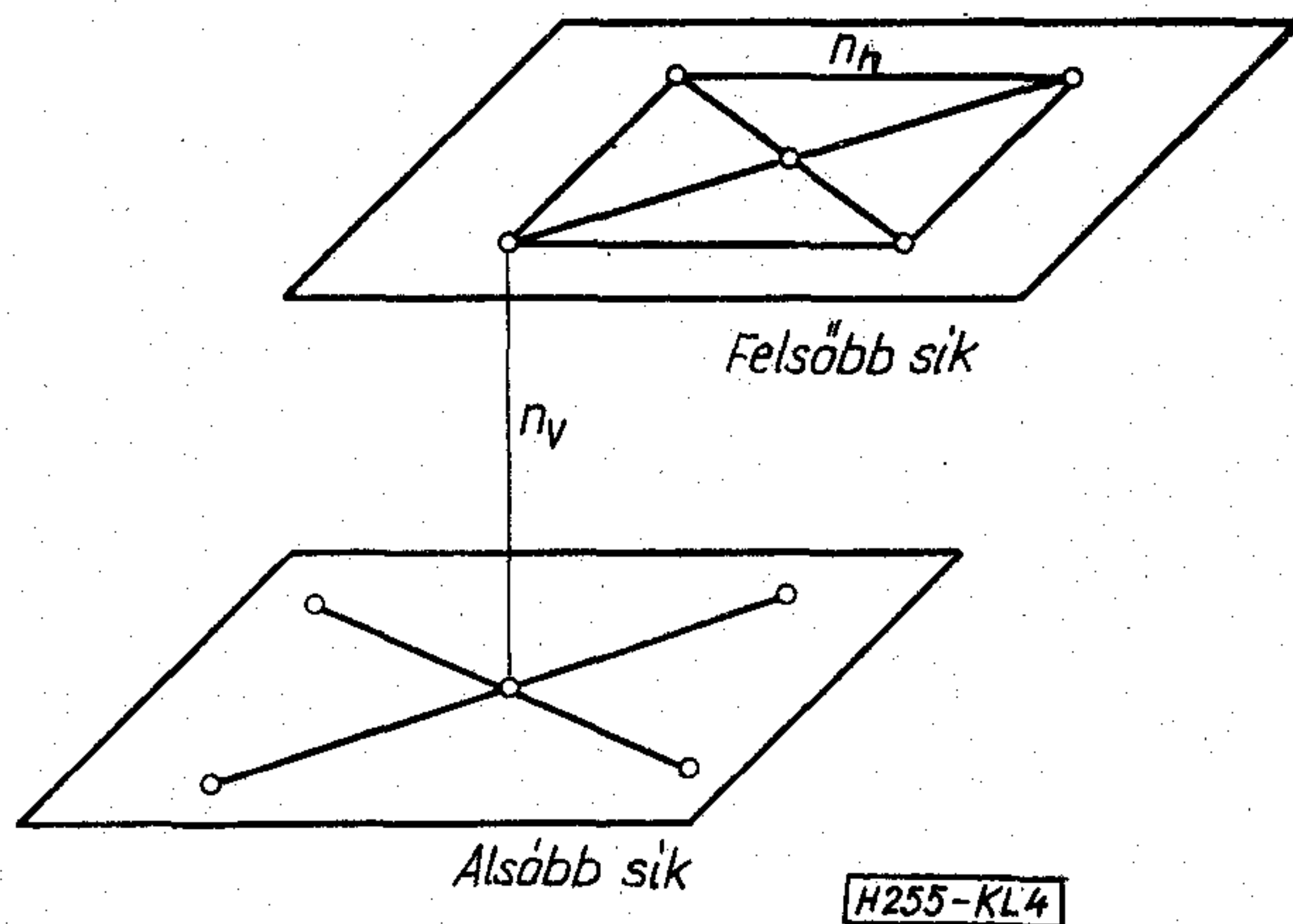
Egy góckörzetben, annak a góckörzetnek automatizálásakor valamennyi vég-szektor és szektor-vég

áramkör részére PCM összeköttetéseket biztosítunk. A gócon belül maradó 1, 2, 3 vagy 4 szakaszos összeköttetések analóg-digitál átalakítás nélkül digitális hálózatot képeznek. Ennek működéséhez olyan vég-, szektor- és gócközpontok kellenek, melyek a PCM rendszerek időosztásos jelzéseit időosztásban tudják felhasználni, és a kapcsolómező, ha működési módját tekintve térosztásos is, de alkalmas időosztású jelek átvitelére. Ennek a fejlesztésnek Magyarországon reális lehetősége van, mert a Telefongyár által kidolgozott PCM 30/32 berendezés a jövő digitális hálózatának szabványosított eleme lesz, az ECR-központok pedig illeszkedni tudnak az időosztásos jelzések vételére, és az ennek segítségével vezérelt cross-bar gépek alkalmasak időosztásos multiplex jelek átkapcsolására. Az analóg-digitális átalakítók száma a forgalomhoz képest igen csekély, ugyanis a kezdeményezett forgalom 50—70%-a a góc területén belül marad.

Az első ilyen góckörzet megvalósítása után létrehozható ugyanazon gyűjtőgóc területén belül második, harmadik, negyedik góckörzet, egészen addig, ameddig a gyűjtőgóc területén levő valamennyi góc nincs ellátva digitális rendszerekkel. Ebben a fázisban következik be a gyűjtőgóc központ kiváltása digitális kapcsoló központtal. Ez a fázis várhatóan csak akkor következik be, amikor már a fejlesztési igények miatt esetleg több gyűjtőgóc területén megkezdődött a gócszakaszok digitális berendezésekkel való kialakítása.

Magyarországon ezt az áttérési ütemezést az is indokolja, hogy 1970—80 között a gyűjtőgócok korszerű automata távhívó központokat kapnak, és korszerű nagy csatornaszámú kiskoaxiális rendszerekkel kapcsolódnak a fővároshoz. Ezeknek a rendszereknek az élettartama legalább 20 év, úgyhogy 1990-ig elavulásukkal nem kell számolni, így nem indokolt, hogy ebben a felsőbb hálózati síkban 1990 előtt megjelenjenek új elven működő távközlési rendszerek.

A gazdasági számításokat, és a fejlődési tendenciákat vizsgálva egyaránt úgy látszik, hogy hazai viszonylatban az alsóbb hálózati síkok ellátása digitális rendszerekkel célszerű lesz. Természetesen szükséges ehhez, hogy a digitális rendszerek tömeggyártás során olyan szintre jussanak, hogy az üzemeltetők részére gazdaságos legyen 10—30 km távolságon új építések esetén is ezeknek a rendszereknek az alkalmazása és minőségük az igényeket kielégítse.



4. ábra. A hálózati síkban fekvő horizontális összeköttetések és a hálózati síkokat összekötő vertikális összeköttetések

Helyi hálózat és különszolgáltatások

A helyi hálózatok fejlődésében két jellegzetes tendencia látható. Az egyik tényező a szolgáltatások körének állandó bővülése, a másik pedig a helyi hálózat méreteinek növekedése.

E két fejlődési irányzat a kapcsolástechnika két fő funkcióját, a kapcsolást és a vezérlést ellentétes irányban befolyásolja. Az üzemeltetés és gyártás igényei egyaránt a vezérlési funkciók koncentrációja, s ugyanakkor a kapcsolómező decentralizálása irányába hatnak.

A helyi hálózatok terjeszkedésének eredményeként már itt is több koncentrációs sík különböztethető meg. Így ma nagyvárosi hálózatban külön kezelhetjük az előfizetői koncentrátorok, a főközpontok és az azok forgalmát tovább koncentráló trunkközpontok síkját.

TD rendszerben működő átviteltechnikai berendezések gazdaságos telepítését a távolság és az átvendő forgalom nagysága befolyásolja. TD kapcsolóközpont gazdaságosságát ugyancsak az átvendő forgalom nagysága, és emellett a kapcsolat homogenitása, az A/D átalakítók alkalmazásának szükségessége szabályozza.

Mindezek összefoglalásaként, a gazdaságos alkalmazhatóságnak két alapvető feltétele adódik. Időosztásos berendezések ott alkalmazhatók elsődlegesen, ahol 10 km-nél nagyobb távolságra nagy forgalmi nyalábokat kell irányítani.

Az előzőekben meghatározott síkok közül ennek a feltételnek a trunkközpontok síkja felel meg legjobban.

A trunkközpont valóban több főközpont koncentrált forgalmát irányítja egy másik, rendszerint távolfekvő trunkközpont irányába. Előfizető nem csatlakozik hozzá, s így az információ-átalakítás minimális mértékű berendezés-többletet igényel. A kevés számú, zártrendszerben működő trunkközpontok között a tranzitálás is könnyebben megoldható tárolási és átalakítási problémák nélkül.

Felmerül még egy lehetőség a helyi hálózatban a TD berendezések alkalmazására. Amennyiben egy szolgáltatás egyetlen főközpontból kapcsolható, és a többi főközpontból ide irányuló igény kellő forgalmat jelent, úgy a főközpontok síkjában is biztosíthatók a gazdaságosság feltételei. Ilyen szolgáltatás ma a TELEX, melynek forgalmát lebonyolíthatják PCM átviteltechnikai berendezések, anélkül, hogy a forgalom emelkedése trunkkábel bővítést vonna maga után.

Összefoglalás

A tanulmányban igyekeztünk vázolni annak szükségességét, hogy a távközlő hálózatban bizonyos periódusokban új elveken működő rendszernek kell megjelennie. Ismertettük ezeknek a rendszereknek a bevezetésével járó nehézségeket, amelyeket az előnyöknek kompenzálniok kell. A gazdasági optimumhoz és a gyakorlati lehetőségekhez legjobban illeszkedő megoldásnak az tűnik, ha az új technika egy-egy összefüggő hálózati részen kerül bevezetésre, amelynek belső forgalma lényegesen nagyobb, mint az ország többi területéhez való kapcsolata. Ilyen módon látszik, hogy a következő rendszerváltás, ami a digitális technika megjelenésével várható, elsősorban a körzethálózat területén vezethető be. A gazdasági számításokon kívül technikai, és szervezési szempontok indokolják a programvezérelt központok és a PCM rendszerek bevezetésének helyéül, ezt a hálózati síkot kiválasztani. Ha 1—1 összefüggő területen nagyobb mértékű elterjedésre lehet számítani, akkor az illesztési és fenntartási problémák is minimálisra csökkenthetők. Ebben a hálózati síkban elhelyezésre kerülő központok vezérlése már most illeszkedik az időosztásos átvitelhez, vezérlése időosztásos legyen, kapcsolómezeje tudjon átvinni időmultiplex mintavételezett jeleket, és később más kapcsolómezővel legyen helyettesíthető.

Amennyiben a budapesti hálózatban aktuálisra válik trunkközpontok telepítése, úgy azokat is TD áramkörökkel és kapcsolómezővel javasoljuk realizálni. Ezek a megállapítások természetesen nem zárják ki időosztásos átviteltechnikai berendezések szórványos alkalmazását bárhol, ahol a gazdaságosság kritériuma érvényesül.

I R O D A L O M

- [1] CCITT Economic and Technical Aspects of the Choice of Transmission Systems. Part D. ITU Genf 1969.
- [2] Morgan: Telecommunication Economics. MACDONALD London 1958.
- [3] Borsos K.—Lajtha Gy.: Finding the Economic Optimum in Planning Telecommunication Networks. Budavox Review 1971/3—4. 9—27. old.
- [4] Solymos L.: Tables and Graphes for the Economic Dimensioning of Communication Networks. Budavox Review 1971/—34. 28—41. old.
- [5] Solymos L.: Hálózattervezés jelenérték módszerrel. PKI Közlemények XII/3 19/1. 31—60. old.

EGYESÜLETI HÍREK

Megalakult Egyesületünk Kaposvári Csoportja

A Somogy megyei MTESZ keretében 1973. október 31-én megalakult a Híradástechnikai Tudományos Egyesület Kaposvári Csoportja. A csoport tevékenységébe bekapcsolódnak az EIVRT és az FMV Kaposvári Gyáregységének, a Videoton Tabi Gyáregységének, a Magyar Posta Kaposvári Távkábel-erősítő Állomásának és a GELKA Somogy megyei Kirendeltségének munkatársai.

Az alakuló ülés Simkó Antal EIVRT főmérnök személyében

megválasztotta a Csoport elnökét. A vezetőség további tagjai: Herczeg János (FMV), Mohos József (Videoton), Szigeti Tibor (Magyar Posta), Gerber András (EIVRT) és Bakos Antal (GELKA).

Szerkesztőségünk részéről örömmel üdvözljük a HTE Kaposvári Csoportjának megalakulását. Sok sikert kívánunk működéséhez és kérjük, hogy rendszeresen tudósítsák folyóiratunkat, a HÍRADÁSTECHNIKÁ-t egyesületi életük eseményeiről, problémáikról és eredményeikről.

Mikrohullámú integrált áramkörök

ETO 621.3.029.6—111:621.372.821:621.373.51

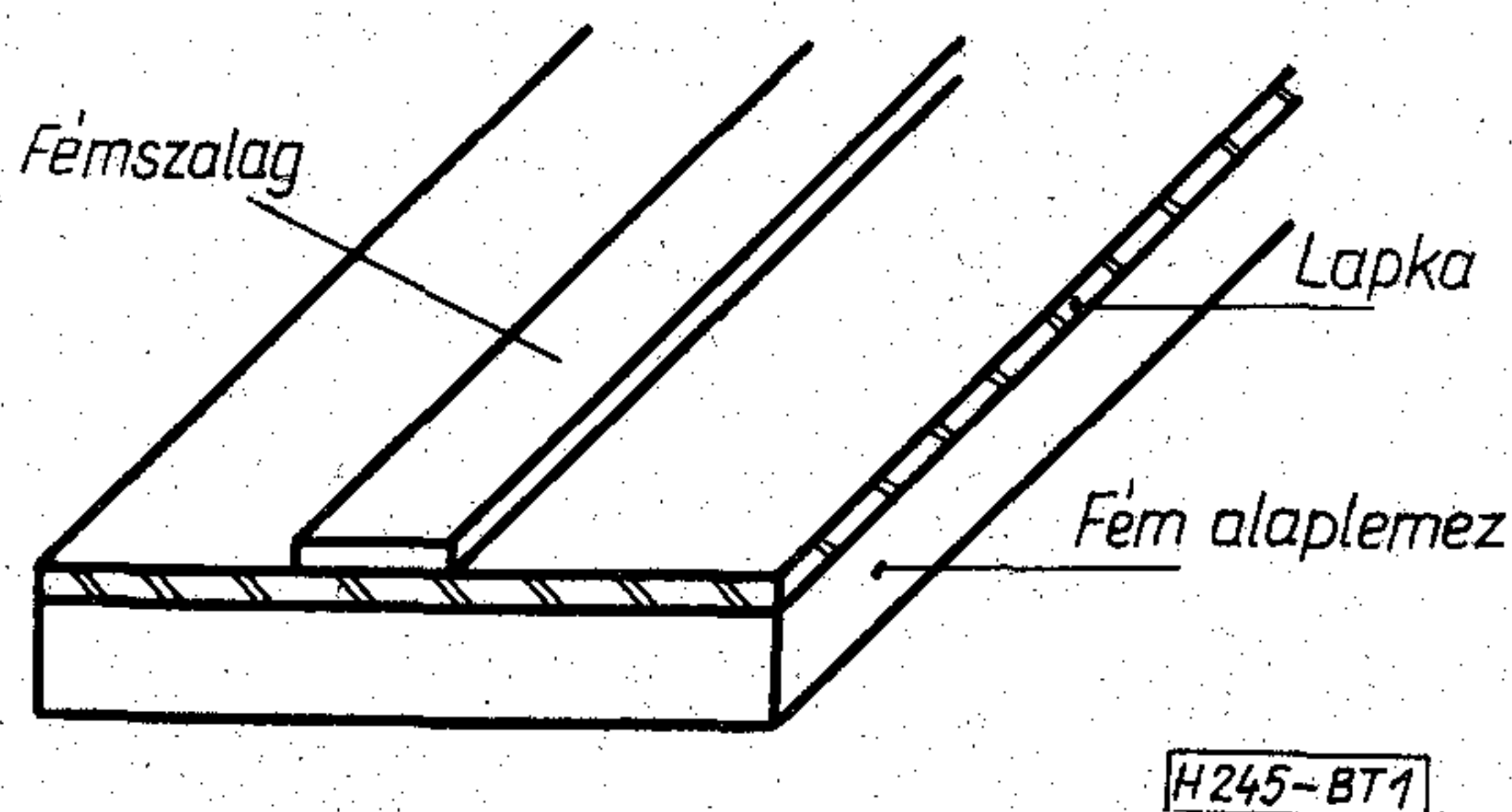
Az integrált áramkörök alkalmazásával a berendezések méretei számottevően csökkenthetők, és a megbízhatóságuk növelhető. Ezek az előnyök a mikrohullámú frekvenciatartományban is jelentkeznek. Problémát okoz itt azonban, hogy a méretcsökkentéssel a csillapítás növekedése jár együtt.

A csillapításnövekedés elsősorban a nagy szelektivitású áramköröknél jelentős. Ezért az integrált áramkörös berendezésekben a nagy szelektivitású mikrohullámú fokozatokat csőtápvonalban vagy koaxiális tápvonalban alakítjuk ki, míg a kisebb szelektivitású fokozatokat szalagtápvonalas vagy mikroszalag-tápvonalas kivitelben készítjük.

Ebben a cikkben először a mikroszalag-tápvonalak tulajdonságaival foglalkozunk, majd áttekintést adunk kísérleti áramköreinkről és technológiai eljárásainkról. A továbbiakban a kidolgozott Gunn-oszcillátorok, vevőkeverők, sáváteresztő szűrők, YIG-szűrők, ferrites cirkulátorok és izolátorok, illesztett lezárók és szélessávú iránycsatolók kerülnek részletes ismertetésre. Az elért eredmények szerint a mikrohullámú integrált áramkörök a berendezésekben jól alkalmazhatók.

A mikroszalag-tápvonalak tulajdonságai

A mikroszalag-tápvonalakat nagy dielektromos tényezőjű lapkán, vékonyréteg-technika segítségével alakítjuk ki. A mikroszalag-tápvonal vázlatos rajza az 1. ábrán látható. Az egyik vezetőt a fémes alaplemez, a másik vezetőt a lapkára felvitt fémszalag képezi [1].



1. ábra. Mikroszalag-tápvonal vázlatos rajza

A lapka dielektromos tényezőjének lehetőleg nagy-nak kell lennie, hogy a hullámhossz jelentősen rövidüljön, és ezáltal az áramkör méretei számottevően csökkenjenek. A lapkák anyaga alumíniumoxid-kerámia vagy gránát struktúrájú ferrit. A kerámia lapkákat a Híradástechnikai Ipari Kutatóintézetben, a gránát lapkákat a Távközlési Kutatóintézetben dolgozták ki. A kerámia lapka relatív dielektromos

tényezője 10, amelynek szórása $\pm 2\%$, veszteségi tényezője pedig $5 \cdot 10^{-4}$. A gránát lapka relatív dielektromos tényezője 15. Ennek szórása szintén $\pm 2\%$, veszteségi tényezője pedig 10^{-3} körül van.

A lapkákat csiszoljuk, majd polírozzuk. A lapkák végső vastagsága $0,8 \text{ mm} \pm 2\%$. Nagy gondot kell fordítani a lapka vastagsági méretének pontos betartására, mivel ez befolyásolja a tápvonal hullámellenállását és elektromos hosszát. Ugyanezekre a jellemzőkre a dielektromos tényezőnek és a szalag méreteinek a szórása is hatással van. A hullámellenállás változása elsősorban az illesztésnél okoz nehézséget, míg az elektromos hossz változása a kihangolást nehezíti meg.

A dielektrikum csak részben tölti ki a mikroszalag-tápvonal terét. A számítások egyszerűsítése érdekében ezért egyenértékű dielektromos tényezőt határozzunk meg. Az egyenértékű dielektromos tényező ismeretében a mikroszalag-tápvonal elektromos jellemzői a dielektrikummal teljesen kitöltött szalagtápvonalakra érvényes összefüggések segítségével kiszámíthatók.

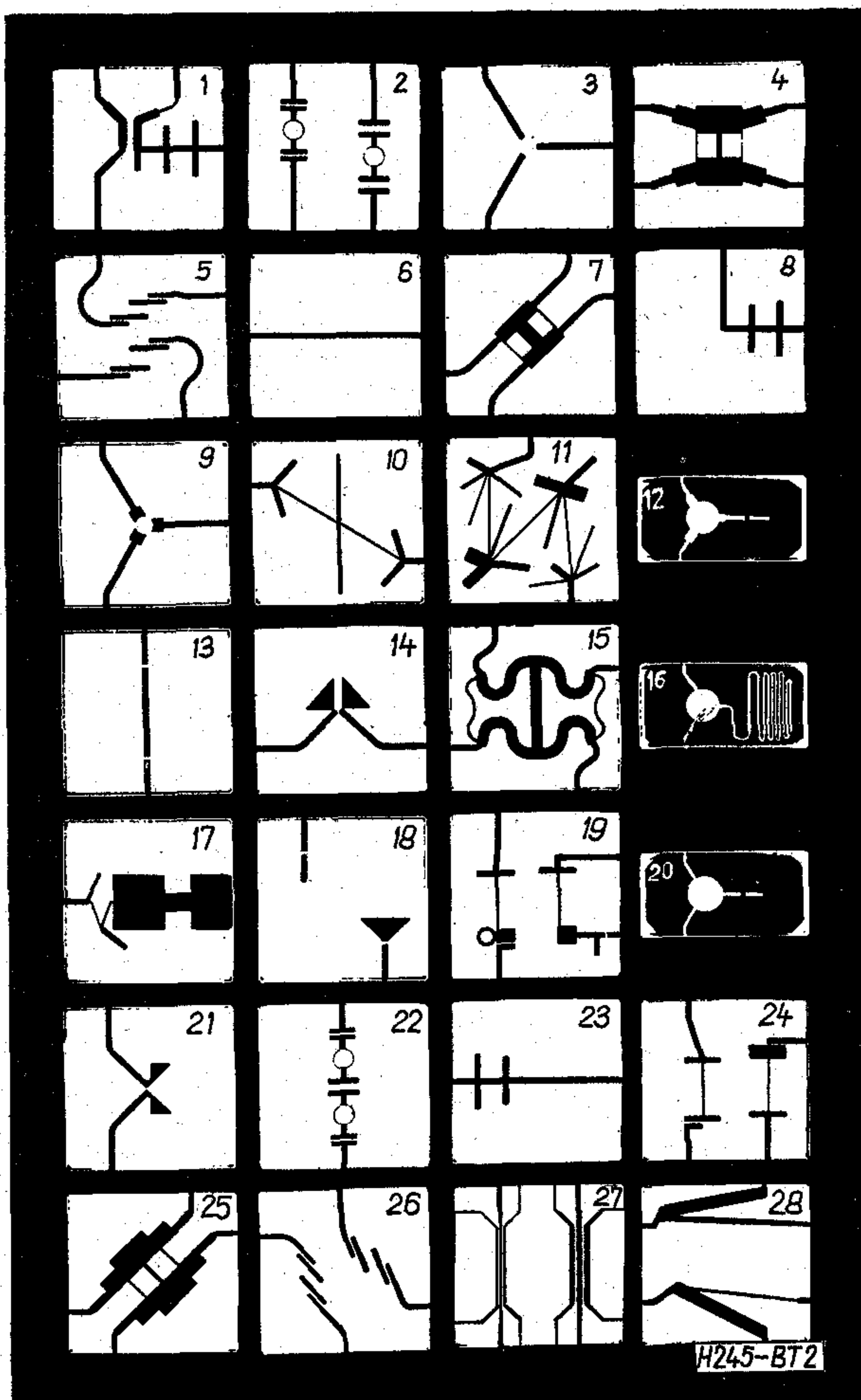
A mikrohullámú integrált áramkörök tervezésénél nehézséget okoz, hogy a gyakorlatban megvalósítható mikroszalag-tápvonalak hullámellenállása csak szűk tartományban mozoghat. Ugyanis a nagy hullámellenállású mikroszalag-tápvonalak elektromos jellemzői nagymértékben függenek a geometriai méretektől, és e tápvonalak csillapítása is jelentős. Ezért 100 ohmnál nagyobb hullámellenállású tápvonalak alkalmazását kerülnünk kell. Kis hullámellenállás esetén viszont a szalag szélességi méretei összemérhetőkké válnak a hullámhosszal, ami a magasabb tápvonalmódusok megjelenésével jár együtt. Ezért 20 ohmnál kisebb hullámellenállású mikroszalag-tápvonalakat lehetőleg nem alkalmazunk.

A mikrohullámú integrált áramkörökben jelentős veszteséget okoznak a mikroszalag-tápvonalak, ezért ezek csillapításának a csökkentése fontos kérdés. A mikroszalag-tápvonalak csillapítását főleg a vezető felületek simasága határozza meg. Mivel ezek a lapka felületi simaságától függenek, a lapkát igen finoman kell polírozni. Megfelelő polírozással 1 mikronnál kisebb felületi érdességet érünk el. Az ilyen kerámia lapkán kialakított 50 ohmos mikroszalag-tápvonal csillapítása méréseink szerint $0,1-0,2 \text{ dB}$ között van hullámhosszanként, ami kedvező érték. A méréseket átmenő típusú félhullámú rezonátorokon (2. ábra 13. lapkája) és egyenes tápvonalakon (2. ábra 6. lapkája) végeztük [3].

Kísérleti áramkörök áttekintése

A 2. ábrán összeállítás látható főbb kísérleti áramköreinkről. Ezek áttekintését a számozás sorrendjében végezzük. Az ábra a kerámiára felvitt vékonyré-

teg-áramköröket mutatja a doboz és a csatlakozók nélkül. Hiányoznak az ábráról a mikroszalag-tápvonalakhoz csatlakozó félvezetők és morzsa alkatrészek. A fehér alapszínű lapkák anyaga alumíniumoxid-kerámia, mérete $25 \times 25 \times 0,8$ mm. A fekete alapszínű lapkák anyaga gránát struktúrájú ferrit, mérete $12,5 \times 25 \times 0,8$ mm.



2. ábra. Kísérleti áramkörök

Az 1. lapkán vevőkeverő diódaáramköre van elhelyezve középen szintfigyelésre szolgáló iránycsatolóval, jobb oldalt pedig aluláteresztő szűrővel. Az utóbbi megakadályozza a mikrohullámú jel kijutását a középfrekvenciás erősítőbe.

A 2. lapkán két különálló átmenő típusú rezonátor látható eltérő paraméterekkel. A csatolt vonalak a ki- és a becsatolást biztosítják.

A 3. lapka egyszerű kivitelű cirkulátorhoz készült. Középre, a vonalak közé, ferrittárcsa kerül.

A 4. lapkán szélessávú iránycsatoló szerepel. A fővonal három csatoló vonallal van a mellékvonallal összekötve. A fő- és mellékvonalon kialakított impedancia-transzformátorok biztosítják, hogy a csatoló tápvonalak szélessége megvalósítható méretű legyen.

Az 5. lapkán csatolt tápvonalakból kialakított két független sáváteresztő szűrő látható eltérő paraméterekkel. A sávszűrők három-rezonátorosak.

A 6. lapkán 50 ohmos egyenes tápvonal van.

A 7. lapkán hibrid látható. A három csatoló tápvonal nagy sáv szélesség elérését biztosítja.

A 8. lapkán egyszerű diódaáramkör van, mely aluláteresztő szűrőt tartalmaz.

A 9. lapka cirkulátorhoz készült. A vonalak közé kerül a ferrittárcsa. A rövid széles vonalak illesztés célját szolgálják.

A 10. lapkán a végén szakadással lezárt leágazó tápvonalakkal kialakított aluláteresztő szűrő látható. A fővonal egyik szakasza igen vékony, vagyis nagy hullámmellenállású.

A 11. lapka a 10. lapkánál lényegesen bonyolultabb aluláteresztő szűrőt tartalmaz.

A 12. lapkán ferrites cirkulátorból kialakított izolátor látható. A cirkulátor sáv szélességét impedancia-transzformátoros illesztés növeli. A cirkulátor harmadik kapuját morzsaellenállás zárja le.

A 13. lapkán átmenő típusú félhullámú rezonátor van. A tápvonal két megszakítása képezi a rezonátor be-, illetve kicsatolását.

A 14. lapkán YIG rezonátor áramköre látható. A YIG gömböt a lapka közepére, a két merőleges tápvonal közé kell helyezni.

A 15. lapkán hibrid látható. A fő- és a mellékvonal között három csatoló vonal van. A vonalak görbületei azt a célt szolgálják, hogy az áramkör a lapkán elférjen.

A 16. lapka ferrites cirkulátorból kialakított izolátor. Itt a 12. lapkától eltérően a cirkulátor harmadik kapuját hosszú tápvonal zárja le.

A 17. lapkán impedancia-transzformáló és illesztő-áramkör szerepel.

A 18. lapkán kétféle illesztett lezárás látható.

A 19. lapkán Gunn-diódás oszcillátor áramkörének két változata szerepel. A dióda a legszélesebb vonalakhoz csatlakozik. Az egyenáramot a vékony vonalak vezetik a diódához megfelelő elválasztással.

A 20. lapkán keskenysávú cirkulátorból kialakított izolátor látható.

A 21. lapkán a 14. lapkához hasonló YIG-rezonátor van eltérő paraméterekkel.

A 22. lapka kétrezonátoros sáváteresztő szűrőt tartalmaz. A rezonátorok a 2. lapkán levőkhöz hasonlóak.

A 23. lapkán a 8. lapkától kissé eltérő megoldású, egyszerű diódaáramkör szerepel.

A 24. lapka két Gunn-diódás oszcillátor-áramkört tartalmaz a 19. lapkától eltérő megoldásban.

A 25. lapkán a 4. lapkától kissé eltérő megoldású szélessávú iránycsatoló látható.

A 26. lapka az 5. lapkához hasonlóan csatolt tápvonalakból kialakított két független sáváteresztő szűrőt tartalmaz eltérő paraméterekkel.

A 27. lapka csatolt tápvonalas iránycsatoló kísérletekhez készült.

A 28. lapkán illesztő áramkör két változata szerepel.

Technológiai eljárások

A megtervezett áramkörökről rubylith fólián tízszeres nagyítású, $\pm 25 \mu\text{m}$ pontosságú rajzot készítenk precíziós rajzgép segítségével. Ezt a rajzot tízszeres kicsinyítéssel lefényképezve olyan fotomaszkot nyerünk, amely az áramkört eredeti méreteiben, de

már $\pm 2,5 \mu\text{m}$ pontossággal ábrázolja. A fotomaszk-ról változatlan méretű krómmaszkot készítünk. A krómmaszk előnye a fotomaszkkal szemben, hogy mechanikailag stabilabb és ellenállóbb.

Hordozóként kerámia vagy gránát lapkát használunk. Több lépcsős kémiai tisztítás után a lapka egyik oldalát vákuum-párolgatásos vagy katódporlasztásos eljárással vékony fémréteggel vonjuk be. A réteg vastagsága $1 \mu\text{m}$ körül van, anyaga pedig elektromosan jó vezető (például réz vagy ezüst). A vezető réteget rendszerint nem közvetlenül visszük fel a hordozóra, mivel tapadása nem kielégítő. Ezért a hordozót először igen vékony rétegben valamilyen jól tapadó anyaggal vonjuk be, és erre kerül a vezető vékonyréteg.

A fémezett lapkára, centrifuga segítségével, ultraibolya fényre érzékeny fotolakkot hordunk fel, amit az áramkör rajzának megfelelő maszkon keresztül megvilágítunk. Az ultraibolyafény hatására polimerizálódó fotolakk jól ellenáll a maratószernek, míg a meg nem világított felületekről a fotolakk leoldható.

A mikrosztrip áramkört ezután kétféle eljárással alakítjuk ki: fotogalvanizálással vagy fotomaratással.

A fotogalvanizálásnál pozitív maszkot használunk. Ekkor megvilágítás és előhívás után a lakk azokat a felületeket hagyja szabadon, ahol vezetőnek kell lennie. E felületekre galvanizálással kb. $30 \mu\text{m}$ vastag vezető réteget viszünk fel. A hordozóról ezután a lakkot, majd az előzetesen párolgatással felvitt vékony fémréteget leoldva nyerjük a kívánt áramkört ábrát.

Fotomaratásnál a párolgatással létrehozott vékony fémréteget először galvanizálással a lapka teljes felületén kb. $30 \mu\text{m}$ -ig megvastagítjuk, s ezután vonjuk be fotolakkal. A megvilágításhoz negatív maszkot használunk. Előhívás után a lakk azokat a felületeket fedi le, ahol vezetőnek kell lennie. A le nem fedett felületekről kémiai maratással távolítjuk el a fölösleges fémet, s így kapjuk meg a kívánt áramkört ábrát.

Az áramkörti elemek geometriai mérete, valamint a pontossági igény dönti el, hogy melyik technológiai alternatíva felhasználása célszerű. Fotomaratással



4. ábra. Áthidalás keresztmetszete

durvább, fotogalvanizálással finomabb, $10 \mu\text{m}$ alatti pontosságú vezetőelek érhetők el. Finomabb struktúrák esetén pólusváltós galvanizálással biztosítható a kívánt pontosság.

Az ismertett technológia továbbfejlesztésével rendkívül kis méretű koncentrált ellenállás, induktivitás és kapacitás kialakításával is foglalkoztunk.

A 3. ábrán interdigitális kondenzátor látható. A vezető felületek fehér színűek, a hordozó szürke. A kondenzátor egyes ágainak vonalszélessége $50 \mu\text{m}$. Mint az ábrán látható, a vonalszélek pontossága néhány μm . A kondenzátor teljes mérete $2 \times 2,5 \text{ mm}$, kapacitása $2,5 \text{ pF}$, üzemi feszültsége pedig 100 V .

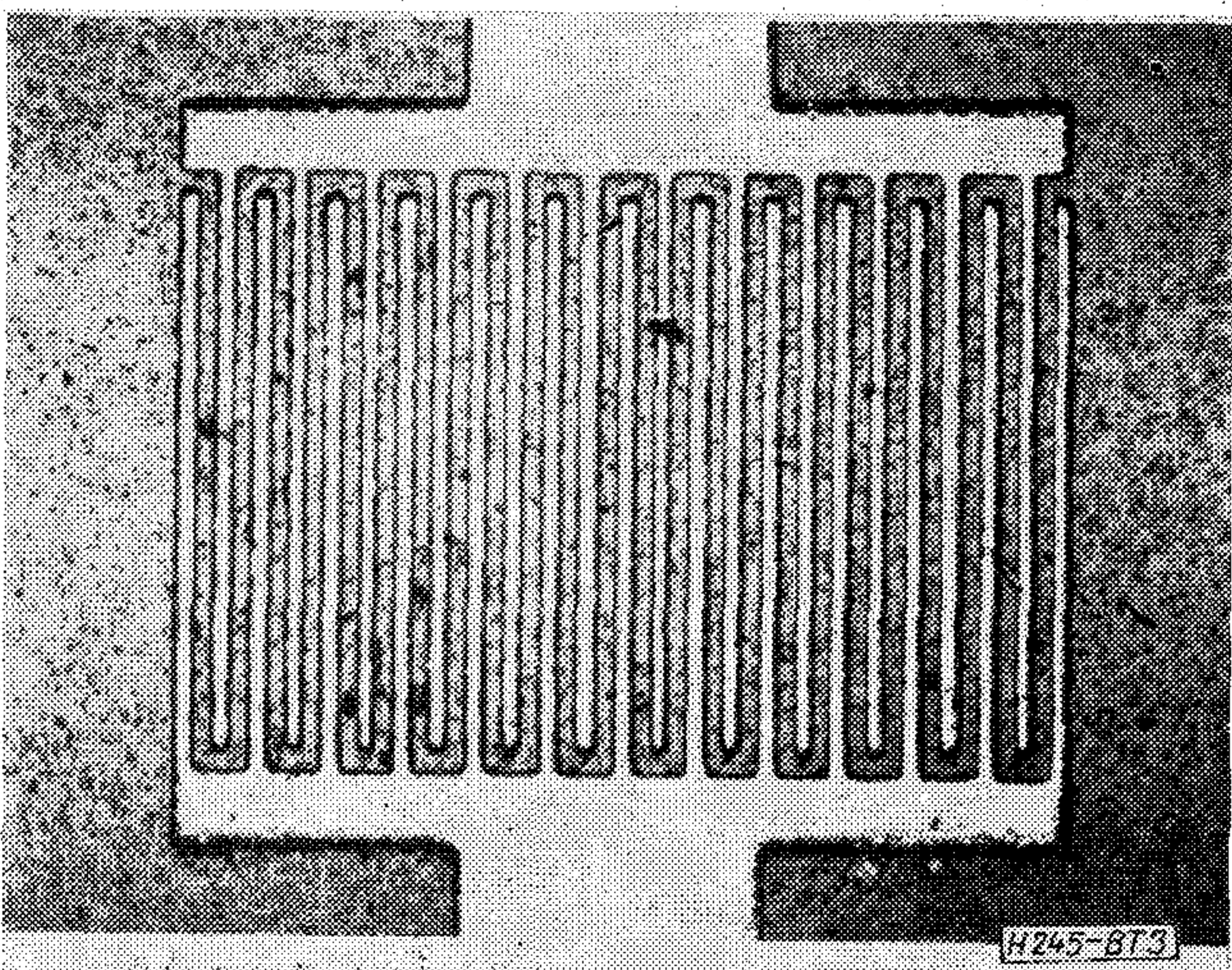
A 4. ábrán légszigetelésű áthidalás keresztmetszete látható. A metszet a lapka síkjára merőlegesen készült. Az egyik mikroszalag-tápvonal az ábra síkjára merőleges, a másik pedig az ábra síkjában van. A két tápvonal kereszteződésénél az érintkezést az áthidalással kerüljük el. Ilyen áthidalásokra például spirális induktivitás belső végének a kivezetésénél és különféle tápvonal-kereszteződéseknel van szükség.

Gunn-oszcillátorok

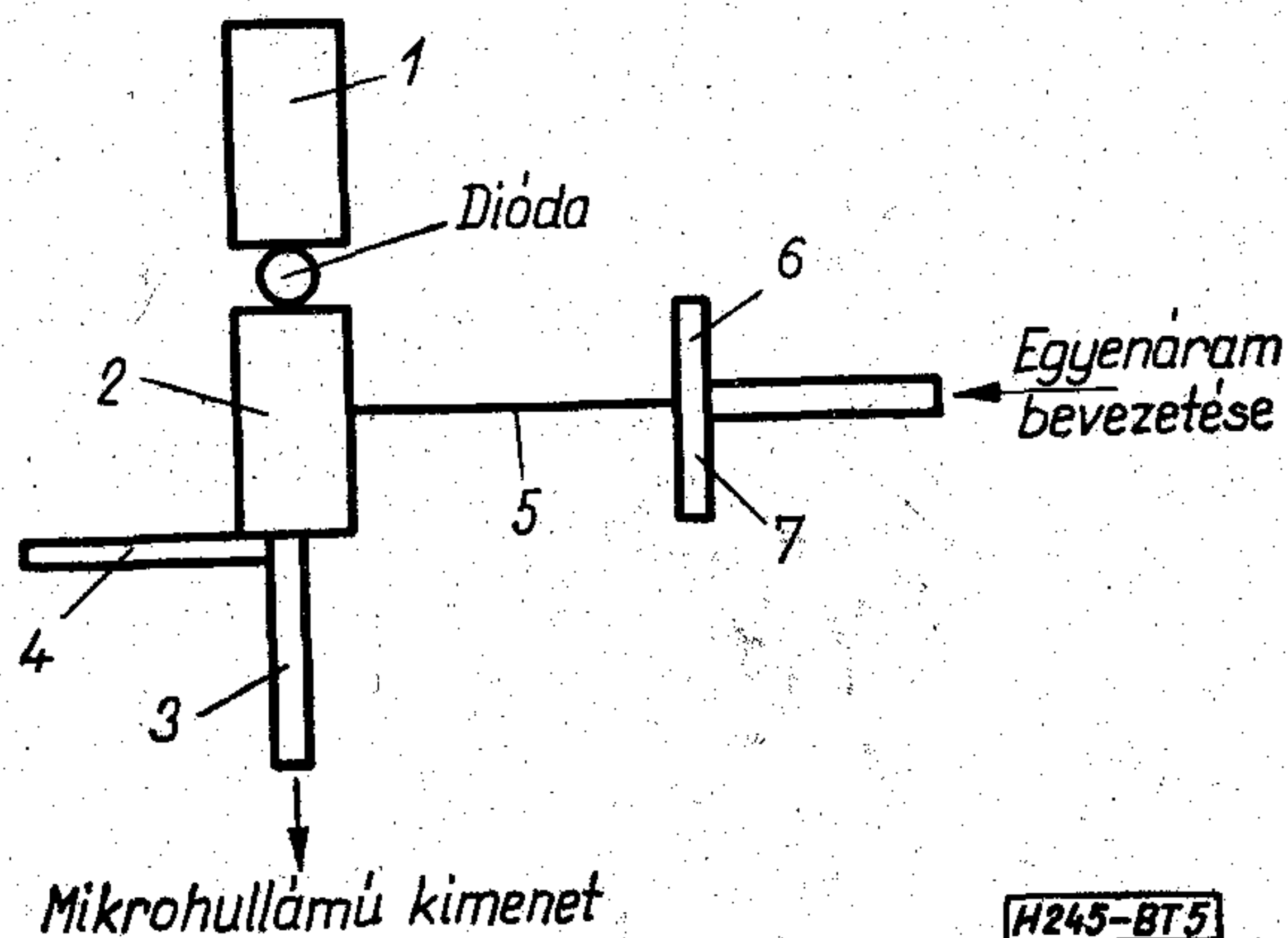
Gunn-oszcillátort mikroszalag-tápvonalas és csőtápvonalas kivitelben készítettünk. A mikroszalag-tápvonalas oszcillátor lényegesen kisebb méretű, mint a csőtápvonalas oszcillátor. A mikroszalag-tápvonalas megoldásnak a jósági tényezője is kisebb, és ezért az FM zaja nagyobb a csőtápvonalas elrendezéshez viszonyítva. Ennek megfelelően enyhébb zajkövetelmény esetén a mikroszalag-kivitelű, szigorúbb zajkövetelmény esetében pedig a csőtápvonalas Gunn-oszcillátort lehet alkalmazni.

A mikroszalag-kivitelű oszcillátor elrendezése az 5. ábrán látható. A Gunn-dióda az ábra síkjára merőlegesen helyezkedik el, és két mikroszalag-tápvonalhoz csatlakozik. Az 1. tápvonal a végén szakadással van lezárva, ennek feladata a dióda kihangolása. A 2. tápvonal végéhez a 3. kimenő tápvonal és a 4. illesztő tápvonalcsont csatlakozik. A tápvonalcsont hosszának és a diódától való távolságának, valamint a tápvonalak hullámellenállásának megválasztásával a terhelés értéke állítható be.

A Gunn-diódához az egyenfeszültséget a nagy hullámellenállású 5 tápvonallal vezetjük, amely kis



3. ábra. Interdigitális kondenzátor felülnézete



5. ábra. Gunn-diódás oszcillátor áramköre

impedanciájú pontra csatlakozik. A nagyfrekvenciás jelnek az egyenáramú oldal felé való kiszivárgását a 6 és 7 tápvonalcsonkok tovább csökkentik. A Gunn-dióda hűtést kívánó vége az alapelemhez csatlakozik, amely jó hőelvezetést biztosít. A stabilizált tápegység szintén integrált kivitelű. Az oszcillátor nagyfrekvenciás áramkörének további változatai láthatók a 2. ábra 19. és 24. lapkáján.

Az oszcillátor 8 GHz-en 10 mW kimenő teljesítményt szolgáltat. Nagy előnye, hogy kis méretű és viszonylag olcsó. Hátránya azonban, hogy csak kis mértékben hangolható és jósági tényezője is kicsi. Az utóbbi következményeként az FM zaj viszonylag nagy, vizometrikus súlyozással mérve 70 dB-lel van a jel szintje alatt.

A zaj csökkentése érdekében csőtápvonalas kivitelű Gunn-oszcillátort is kifejlesztettünk. Ennél a megoldásnál a Gunn-dióda téglalap keresztmetszetű csőtápvonalban van elhelyezve, továbbá az egyik oldalán írisz, a másik oldalán pedig tologatható rövidzár van a csőtápvonalban. Az üregrezonátor méreteinek és a dióda helyzetének megfelelő megválasztásával elértük, hogy az oszcillátor FM zaja igen kicsi.

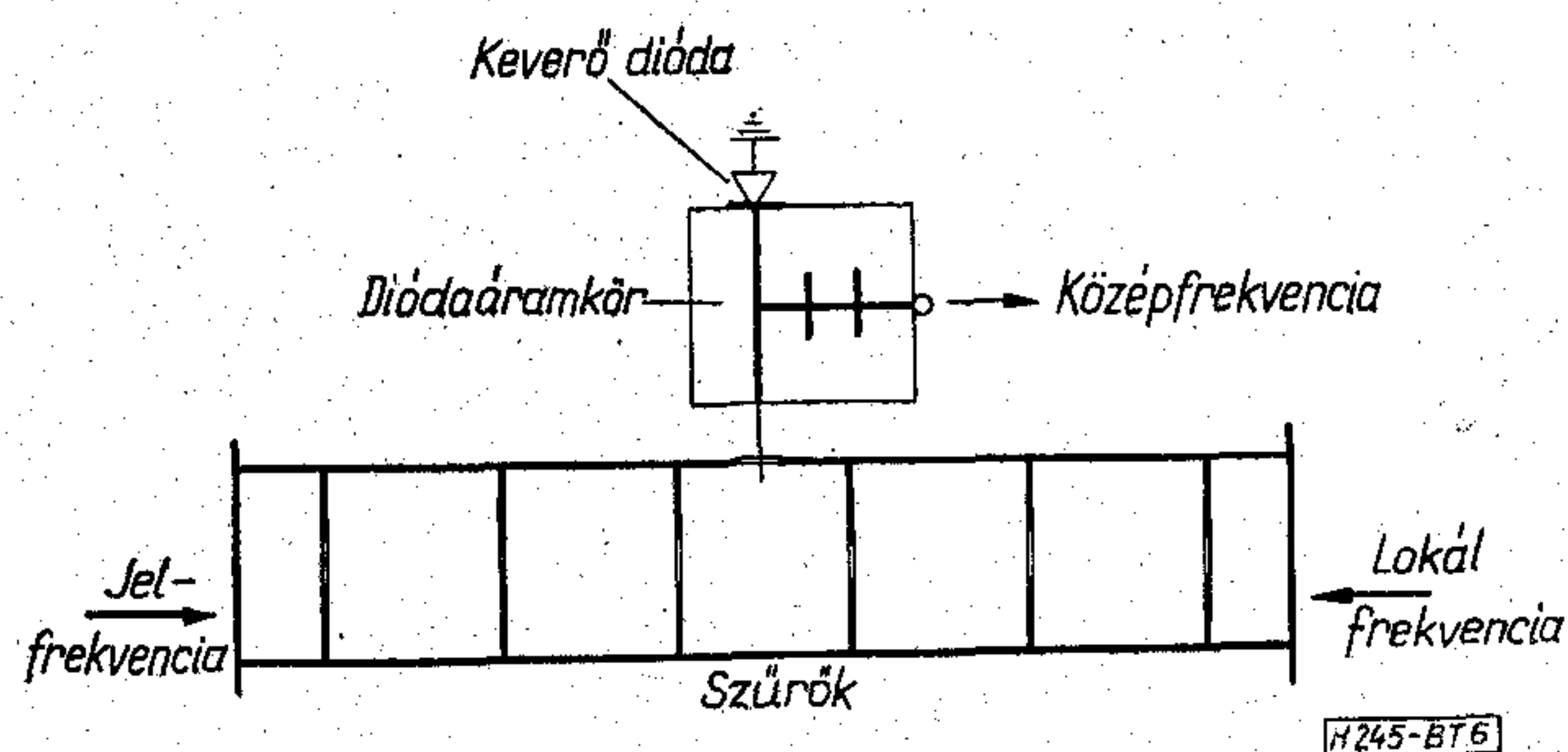
A frekvencia stabilizálását az oszcillátorba épített hőmérséklet-szabályozó egység biztosítja. Ez az oszcillátor környezeti hőmérsékletét közel állandó értéken tartja, és így jelentősen lecsökkenti a frekvenciának mind a dióda, mind pedig az üregrezonátor hőmérsékletfüggése következtében előálló változásait.

A csőtápvonalas kivitelű oszcillátor 8 GHz-es, 30 mW kimenő teljesítményt szolgáltat és ± 300 MHz széles sávban áthangolható. FM zaja vizometrikus súlyozással 85 dB-lel van a jel szintje alatt, a frekvencia stabilitása pedig $\pm 5,10^{-5}$.

Vevőkeverő

Kifejlesztettünk vevőkeverő áramkört a 8 GHz-es frekvenciasávra. Ebben a mikroszalag-tápvonalas és a csőtápvonalas kivitel kombinációját alkalmaztuk. A nagy szelektivitású szűrőket csőtápvonalban, a kis szelektivitású diódaáramkört pedig mikroszalag-tápvonalban alakítottuk ki.

Az áramkör felépítését vázlatosan a 6. ábra mutatja. A csőtápvonalban kialakított jelfrekvenciás szűrő utolsó ürege közös a lokálfrekvenciás szűrő



6. ábra. Vevőkeverő vázlatos rajza

utolsó üregével. Ebből a közös üregből szondával csatlakozunk ki a jelfrekvenciás és a lokálfrekvenciás teljesítményt a diódaáramkör számára. A szűrők ilyen kialakítása a tükrőfrekvencián reaktáns lezárást biztosít a dióda részére, ami a keverési veszteség csökkenését eredményezi.

A mikroszalag-tápvonalas diódaáramkör a generátor-impedancia megfelelő beállítását, a keverő dióda kihangolását és a középfrekvenciás erősítőhöz való csatlakoztatását biztosítja. A keverő dióda és a középfrekvenciás erősítő közé aluláteresztő szűrő van iktatva, amely gátolja a mikrohullámú jelek kiszivárgását a középfrekvenciás erősítő felé. A középfrekvenciás erősítő szintén integrált áramkörös kivitelben készült. A diódaáramkör kísérleti változatai a 2. ábra 1., 8. és 23. lapkáján láthatók.

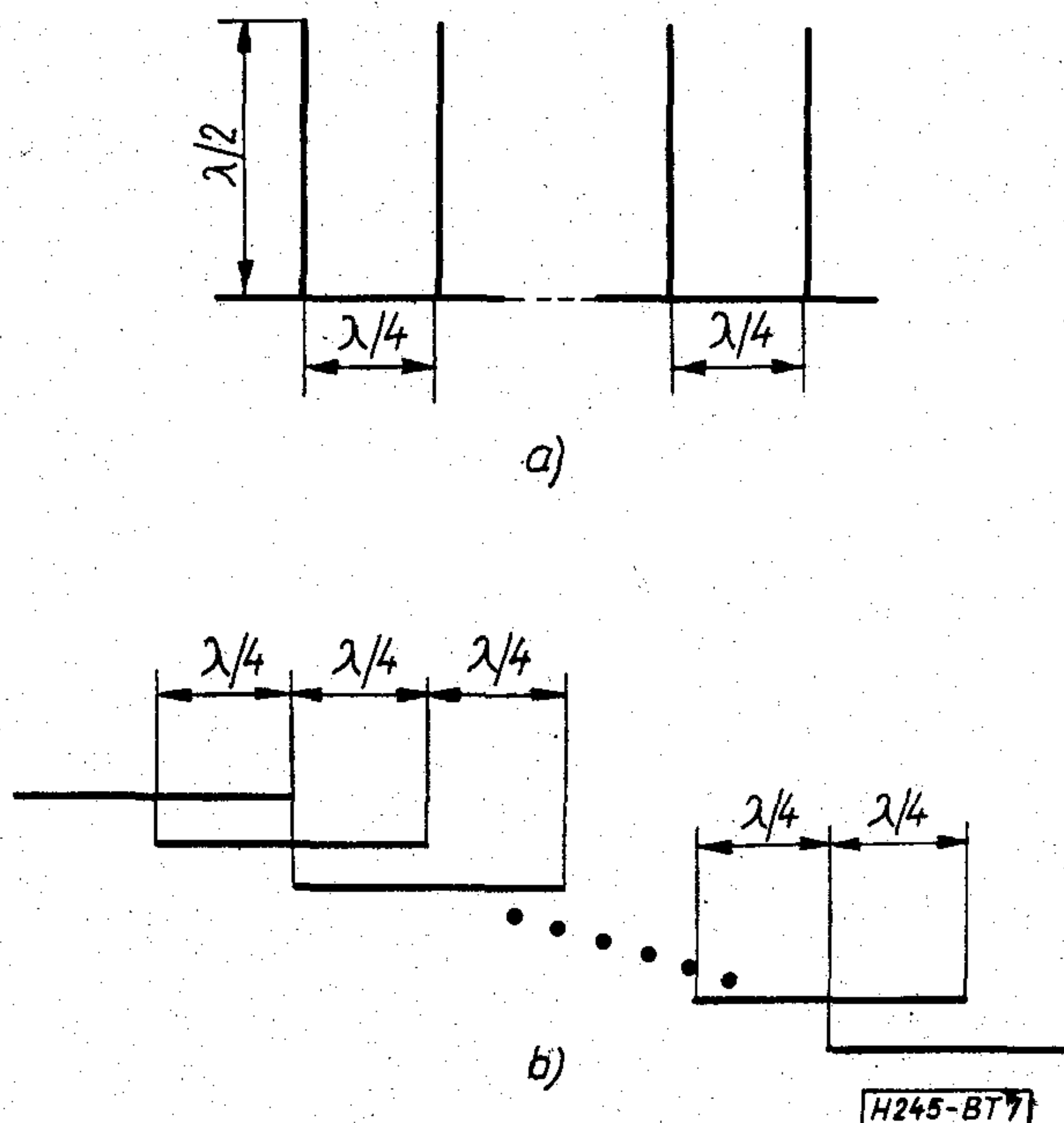
A vevőkeverő eredő zajtényezője 8 dB a jelfrekvenciás szűrő csillapítása nélkül. Mivel a középfrekvenciás erősítő zajtényezője 3 dB, a keverési veszteség 5 dB-nek adódik, ami kedvező érték az alkalmazott Schottky-Barrier-dióda esetén. A dióda keverési vesztesége ugyanis ohmos tükrőfrekvenciás lezárás mellett, katalógusadatok szerint 6 dB, tehát a reaktáns tükrőfrekvenciás lezárással a keverési veszteség 1 dB-es csökkentését értük el.

Sáváteresztő szűrők

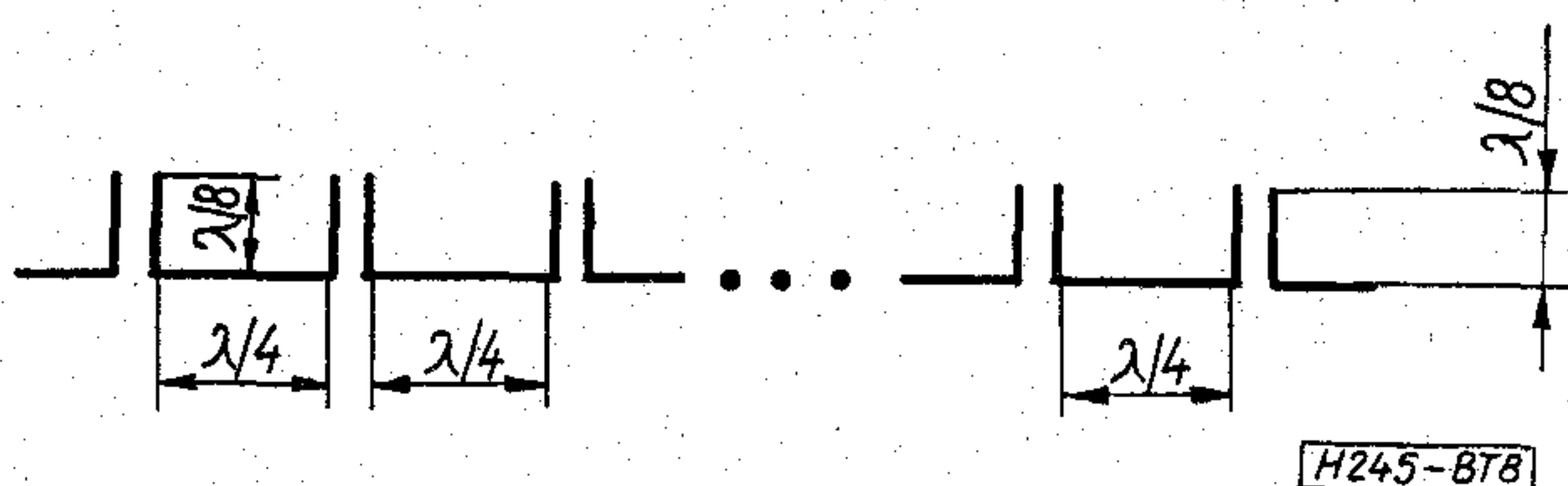
Mikroszalag-tápvonalból kialakított sáváteresztő szűrők az irodalomban általában kétféle felépítésben találhatók. Az egyik esetben a szűrő félhullámú nyitott csomok és közöttük levő negyedhullámú vonalszakaszok segítségével van kialakítva. Ezt mutatja a 7a ábra. Szelektívebb átviteli karakterisztika megvalósításához itt néhány ohm hullámellenállású csomokot kellene alkalmazni, amelyek mikroszalag-tápvonalakkal már nem valósíthatók meg. Ezért ezzel az elrendezéssel csak 10%-nál nagyobb relatív sáv szélességű szűrők készíthetők.

A másik esetben a szűrő negyedhullámú csatolt vezetékpárokból van kialakítva, amint ez a 7b ábrán, illetve a 2. ábra 5. és 26. lapkáján látható. Ez a típus az előbbinél kisebb relatív sáv szélességű szűrők megvalósítására alkalmas. Nagyobb relatív sáv szélesség elérése ugyanis szorosan csatolt vezetékpárokat kívánna, ami toleranciaérzékeny elrendezést eredményezne.

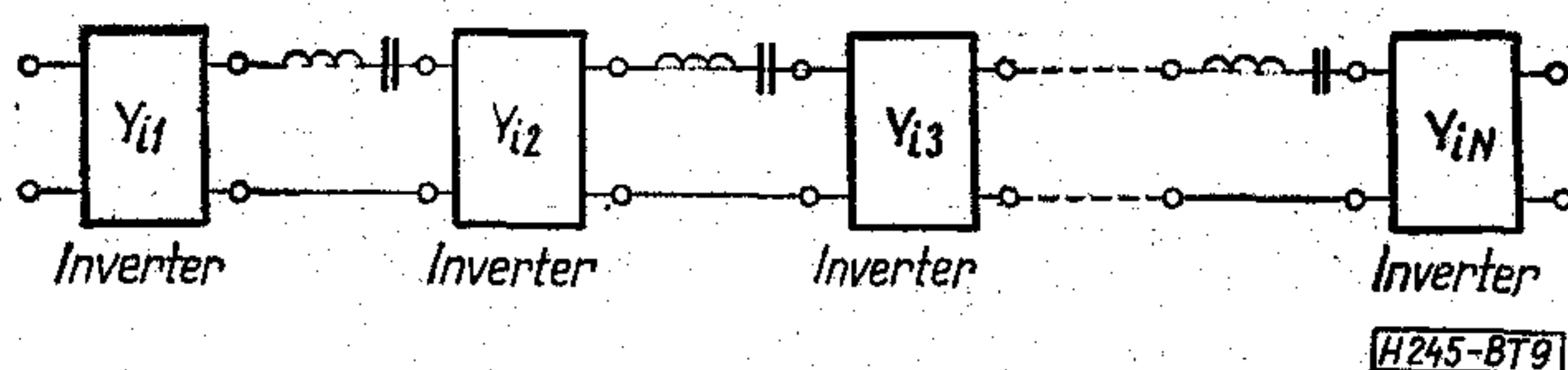
Mindkét változat nehezen hangolható, mivel a mikroszalag-tápvonalaknak csak elektromos hosszúsága változtatható, és ez nem elegendő a kívánt átviteli karakterisztika beállítására. A megfelelő hango-



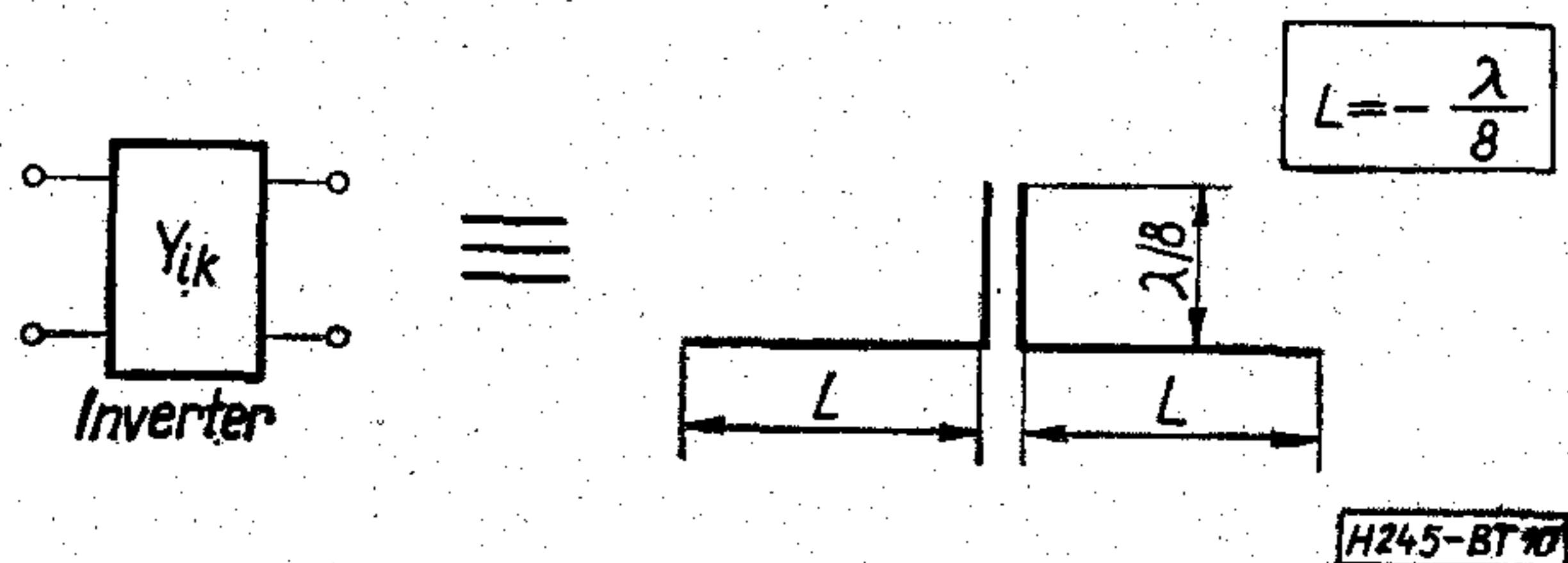
7. ábra. Mikroszalag-tápvonalas sáváteresztő szűrők két fő típusa: a) tápvonalcsonkos szűrő, b) negyedhullámú csatolt tápvonalas szűrő



8. ábra. Nyolcadhullámú csatolt tápvonalas szűrő



9. ábra. Sáváteresztő szűrő inverteres helyettesítő kapcsolása



10. ábra. Inverter megvalósítása

láshoz változtatni kellene a mikroszalag-tápvonalak szélességi méretét vagy a csatolt tápvonalpárok távolságát, ami viszont a gyakorlatban nem lehetséges.

Ezen hátrányok kiküszöbölésére olyan sávászűrő áramkört fejlesztettünk ki, amely jól hangolható, és kisebb területű lapkán is elfér [9]. A szűrő nyolcadhullámú csatolt tápvonalpárokból és közöttük negyedhullámú tápvonalakból van kialakítva. A szűrő elvi felépítését a 8. ábra mutatja.

A szűrőt az alábbiak szerint terveztük: a hálózatelméletben kidolgozott módszerek alapján meghatá-

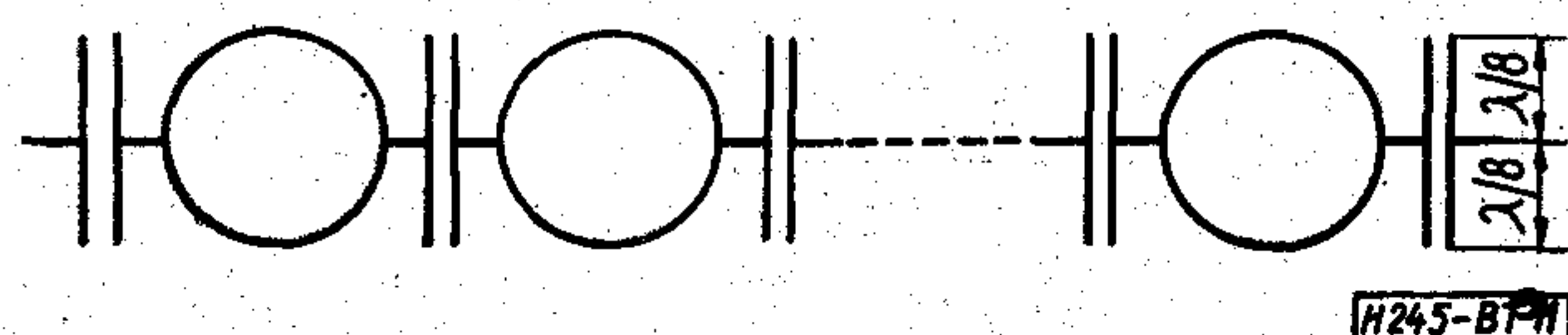
roztuk az előírásokat teljesítő sáváteresztő alapszűrő kapcsolását. Az alapszűrő létrakapcsolású négy-pólus, amely soros ágaiban soros rezgőkört, párhuzamos ágaiban párhuzamos rezgőkört tartalmaz. Ezt a kapcsolást átalakítottuk egy olyan hálózattá, amely változatlan terhelt jósági tényezőjű soros rezgőkörből és inverterekből van kialakítva (9. ábra). Az inverterek Y_{ik} admittanciáját a mikrohullámú szűrők tervezése számára kidolgozott eljárás segítségével számítottuk ki.

A soros rezgőkörök félhullámú mikroszalag-tápvonalakkal valósíthatók meg. Az egyes inverteket egy nyolcadhullámú csatolt tápvonalpárból és két nyolcadhullámú tápvonalból képeztük ki (10. ábra). Az inverter admittanciája a kívánt értékre a csatolt tápvonalpár vezetőinek távolságával állítható be. A 10. ábrán levő elrendezés csak abban az esetben viselkedik inverterként, ha a mikroszalag-tápvonalak L -lel jelölt hosszát negatív nyolcadhullámúra választjuk. A csatolt tápvonalpárok közötti tápvonalszakaszok hosszát úgy kapjuk meg, hogy az inverterek negatív nyolcadhullámú szakaszait összevonjuk a soros rezgőköröket megvalósító félhullámú tápvonalakkal. Ily módon a csatolt tápvonalpárok közé negyedhullámú tápvonalszakaszokat kell helyeznünk.

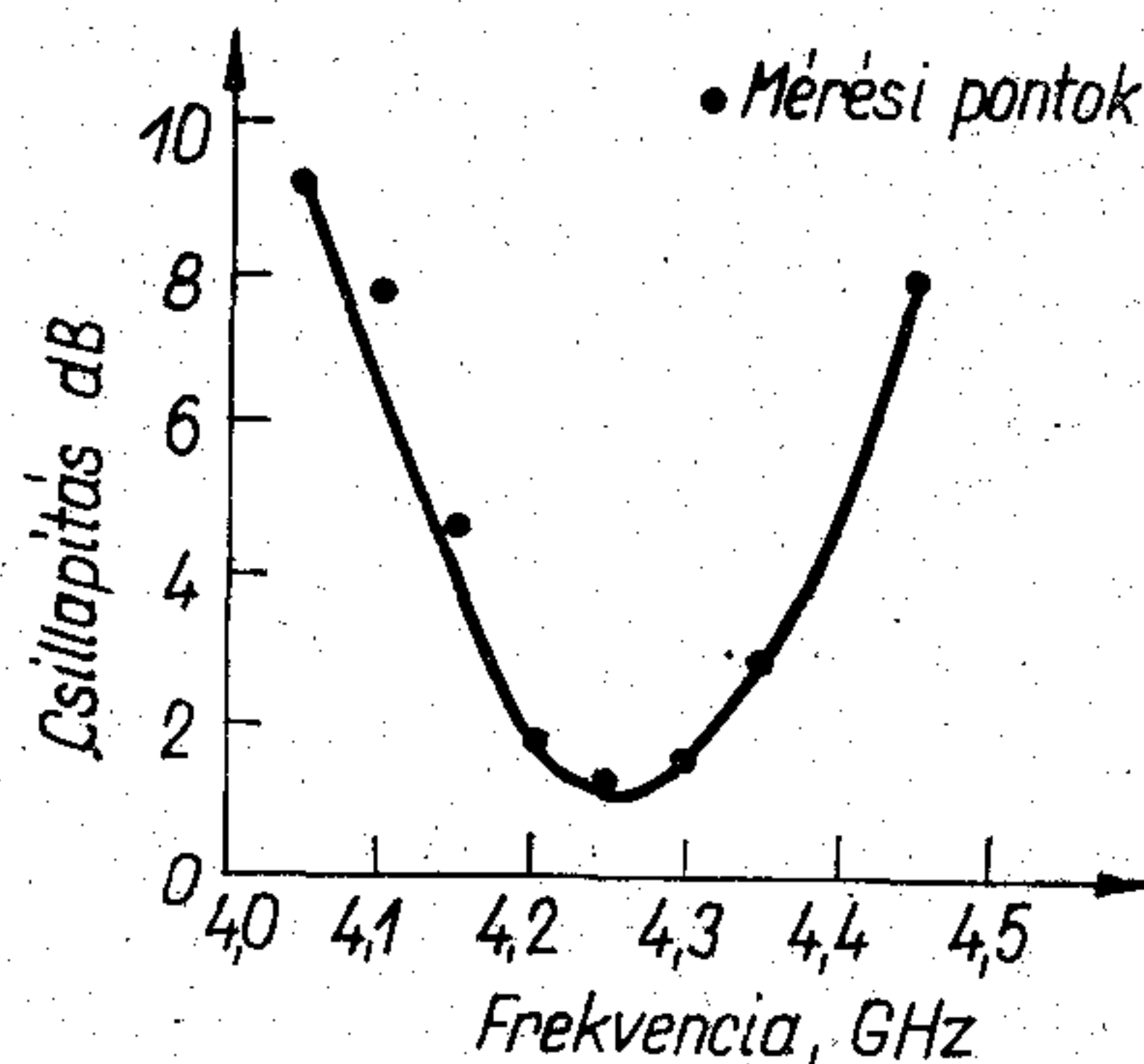
Szűrőelrendezésünk tehát a 7b ábrán látható megoldáshoz hasonlóan félhullámú rezonátorokból épül fel. Esetünkben azonban ezek a rezonátorok csak nyolcadhullám hosszúságú szakaszon vannak egymással csatolásban.

A szűrő hangolását a csatolt tápvonalpárok végeire és a negyedhullámú tápvonalszakaszok közepére helyezett hangolóelemekkel végezzük. A csatolt tápvonalpároknál levő hangolókkal a rezonátorok közötti csatolást, a negyedhullámú tápvonalszakaszokban levő hangolókkal pedig a rezonátorok rezonanciafrekvenciáját tudjuk beállítani a kívánt értékre.

A rezonanciafrekvencia hangolását intenzívebbé tehetjük azáltal, hogy a negyedhullámú mikroszalag-tápvonal egy részét kettéosztva körgyűrűt képezzünk



11. ábra. Megvalósított nyolcadhullámú csatolt tápvonalas szűrő



12. ábra. Áteresztő csillapítás a frekvencia függvényében

ki, majd a hangolót a gyűrű belsejébe helyezzük. A csatolt tápvonalpárok távolságát nagyobbra vehetjük, ha két nyolcadhullámú tápvonalpárt alkalmazunk. Az említett szempontok szerint kialakított szűrőt a 11. ábra mutatja. A hangolóelemek végükön fémezett dielektromos rudak, amelyek a gyűrűk síkjára merőlegesen mozgathatók.

A 11. ábrán bemutatott szűrőt kétrezonátoros kivitelben valósítottuk meg (lásd a 2. ábra 22. lapkáját). A szűrő áteresztősávjának középső frekvenciáját 4250 MHz-re, 3 dB-es pontjainak távolságát 210 MHz-re választottuk. Az áteresztősáv középső frekvenciáján mérhető csillapítás 1,6 dB-re adódott. A mért csillapítás-karakterisztikát a 12. ábra mutatja. A tervezéskor elvégzett számítások és a mérések eredményei jó egyezést mutatnak.

YIG-szűrő

A YIG egykristályból nagy terheletlen jósági tényezőjű és egyben kisméretű rezonátort készíthetünk. A rezonátor magnetosztatikusságának rezonancia-frekvenciáját homogén mágneses térrel állíthatjuk be.

A 2. ábra 14. és 21. lapkája egyrezonátoros sáváteresztő YIG-szűrő elrendezést mutat. A gömb alakú YIG-rezonátort a két egymásra merőleges szalagvonal metszéspontjában helyezzük el. A YIG-gömb a kerámia lapka síkjára merőleges irányú homogén mágneses tér hatására a magnetosztatikusság rezgési alpmódos rezonancia-frekvenciájának környezetében csatolást létesít az egymásra merőleges szalagvonalak között. A szorosabb csatolás eléréséhez mágneses térmaximumot kell létrehozni a YIG-rezonátor környezetében. Ezt a két háromszög alakú fóliadarabbal érjük el.

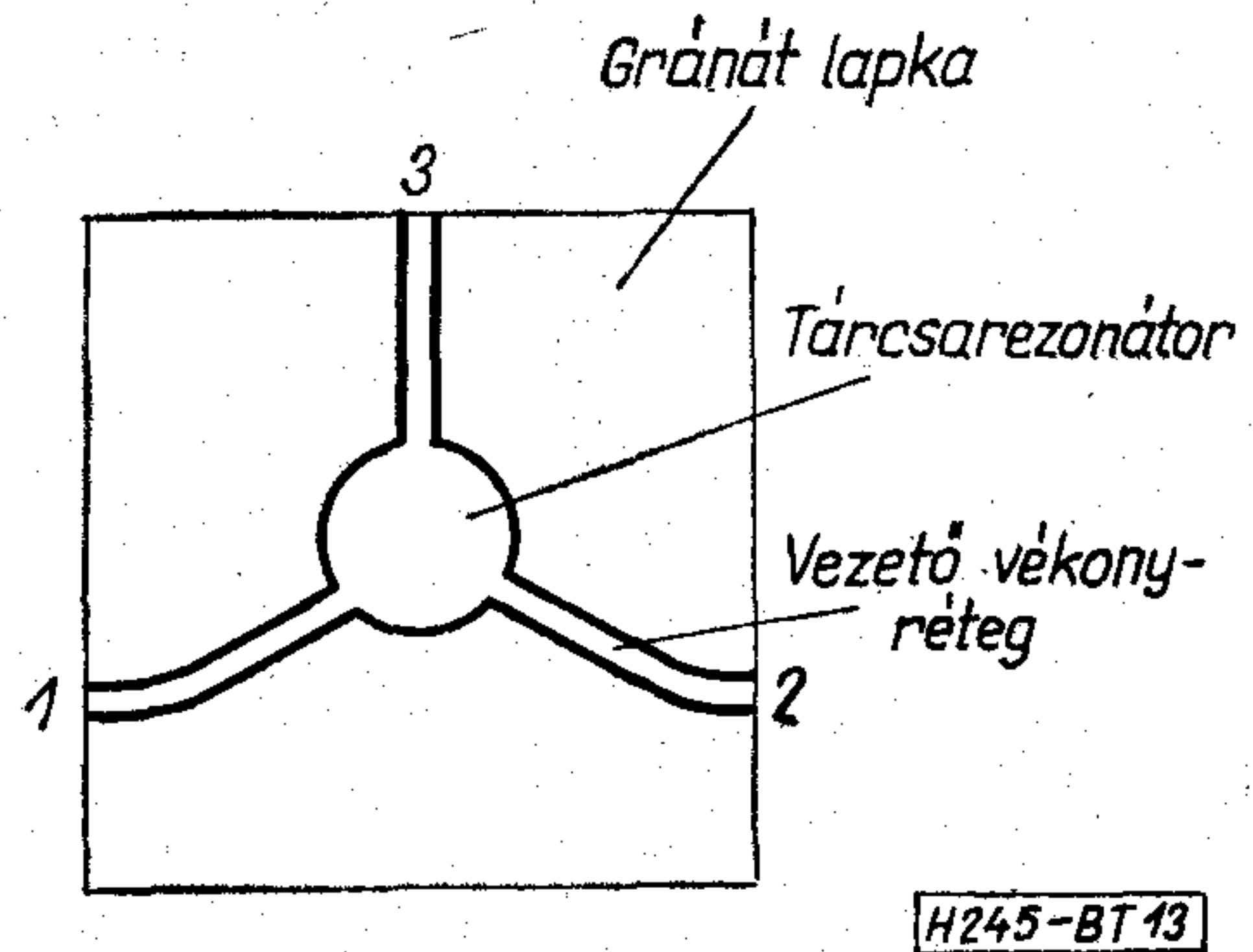
A szűrő sáv szélessége a 8 GHz-es frekvenciasávban 60 MHz, áteresztő-csillapítása 8 dB. A statikus mágneses tér nagyságának állításával a szűrő áteresztőtartományát változtatni lehet a 7,9–8,5 GHz frekvenciasávban.

Az áteresztő-csillapítás csökkentésére másik YIG-szűrő konstrukciót is kidolgoztunk. Ez három — a Távközlési Kutatóintézetben készített — YIG-rezonátort tartalmaz. A szűrő áthangolható a 4 GHz-től 8 GHz-ig terjedő frekvenciatartományban, az áteresztősáv szélessége 40 MHz, az áteresztő-csillapítás 3 dB.

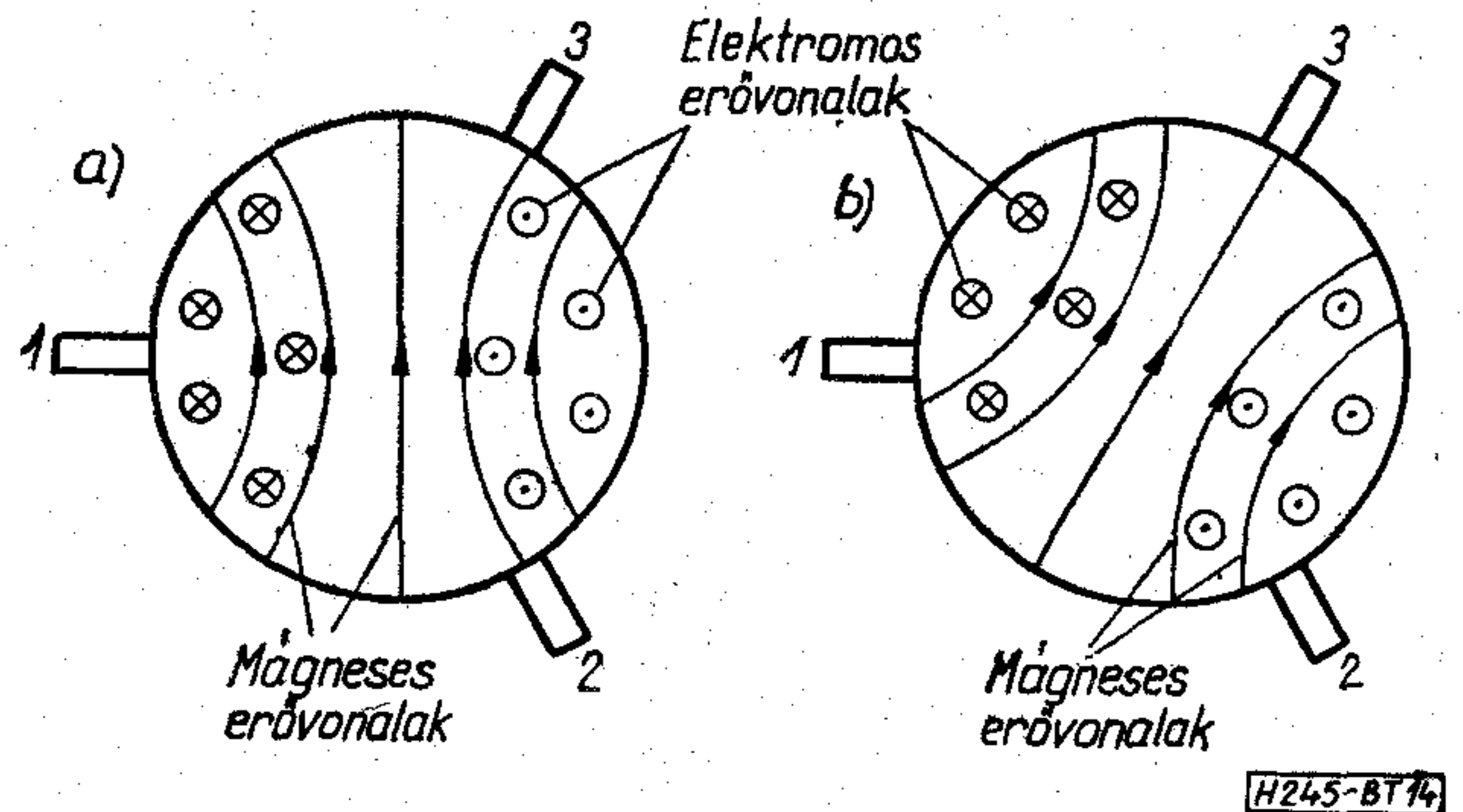
Ferrites cirkulátorok és izolátorok

A mikroszag-tápvonalas Y-cirkulátorok két fő kiviteli formában készülhetnek: vagy a teljes cirkulátor ferrimágneses hordozón van kialakítva, vagy a cirkulátor rezonátoraként működő ferrimágneses tárcsát dielektrikum hordozón kialakított lyukban helyezzük el.

Az első változat előnye, hogy lényegesen egyszerűbb technológiát igényel, hátránya, hogy kis dielektromos veszteségű anyagot kell alkalmazni. Mivel a rendelkezésünkre álló, a HIKI által készített alumina hordozók dielektromos veszteségei nem sokkal kisebbek, mint a TKI-ban kifejlesztett gránát-



13. ábra. Egyszerű Y-cirkulátor



14. ábra. Tárcsarezonátor alpmódusának erővonalképe: a) polarizáló mágneses tér nélkül, b) polarizáló mágneses tér jelenlétében

anyagoké, ezért ferrites eszközeink az első változatban készültek.

Az izolátorokat a cirkulátorok egyik kapujának lezárásával valósítottuk meg.

A 13. ábrán egy egyszerű Y-cirkulátor ferrimágneses hordozója látható a felvitt vezetőlrendezéssel. A középső, tárcsa alakú rész a lapjaira merőleges irányú polarizáló mágneses térben van, és rezonátorként működik.

A tárcsarezonátor alpmódusának elektromágneses tere abban az esetben, amikor nincs polarizáló mágneses tér a 14a ábrán látható. A megfelelő nagyságú polarizáló mágneses tér megjelenésekor a ferrimágneses anyag aszimmetrikus tenzor permeabilitása folytán az elektromágneses tér 30°-kal elfordul a polarizáló mágneses tér értelmétől függő irányban (lásd a 14b ábrát). Ekkor — mint ez a 14b ábrán látható — a 3. kapuba torkolló szalagtápvonal nem gerjesztődik, mivel ott az elektromos térerősség nulla, illetve a mágneses térerősségnek nincs transzverzális komponense. A tárcsarezonátor mindkét esetben az 1. kapun keresztül kapja gerjesztését.

A tárcsa elektromágneses terének elfordulását az okozza, hogy a ferrimágneses anyagban az elektromágneses tér két ellenkező irányban forgó, egyforma amplitúdójú térre bomlik, amelyekre nézve az anyag effektív permeabilitása eltérő, és így különböző lesz a két módus rezonancia-frekvenciája [7]. A cirkulátor működési frekvenciája az egyik irányban forgó tér rezonancia-frekvenciája alatt, míg a másik irányban forgó tér rezonancia-frekvenciája felett van. A beállítás olyan, hogy az egyik irányban forgó tér 30°-ot késik, a másik irányban forgó tér pedig 30°-ot

siet a gerjesztő térhez képest, és így jön létre az eredő tér 30° -os elfordulása. A 14b ábra erővonalképe a két forgó tér eredője.

A szalagtápvonalas Y-cirkulátorok méretezésének elméleti alapjait Bosma [5] dolgozta ki. A mikroszalagtápvonalas cirkulátorok tervezéséhez is jól bevált módszert Fay és Comstock munkái [8] adnak. Mi az ő módszerük alapján terveztük cirkulátor-elrendezéseinket.

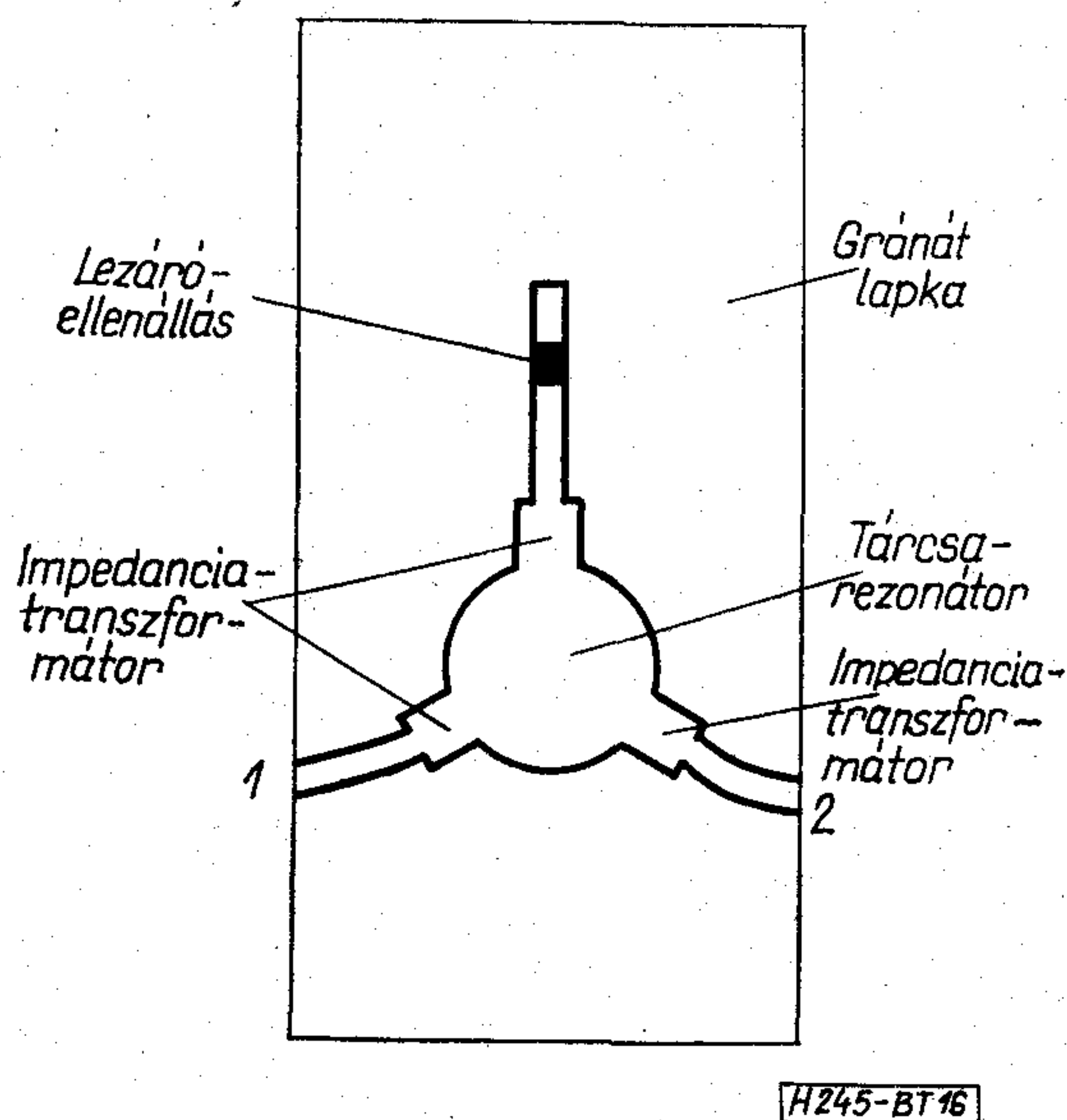
A méretezés adott anyag esetén a tárcsarezonátor átmérőjét, a negyedhullámú illesztő tápvonalszakaszok hullámmellenállását és a polarizáló mágneses teret adja meg. Ez utóbbi finom beállítása kísérletekkel történik. A cirkulátorokat 50 ohmos csatlakozásra terveztük Roome és Hair [10], illetve Schneider [11] munkái alapján.

A ferritanyag kiválasztásánál fő szempont, hogy a szükséges telítési mágnesezettség mellett az anyag dielektromos vesztesége és a rezonancia vonalszélessége kicsi legyen, továbbá, hogy az anyag telítési mágnesezettsége minél kevésbé legyen hőfokfüggő. Az alkalmazható anyag telítési mágnesezettségének a működési frekvenciával arányos felső határa van (rezonancia alatti beállításnál), de a szükségesnél kisebb telítésű anyag alkalmazása is kerülendő, mert csökkenti a cirkulátor elérhető sáv szélességét.

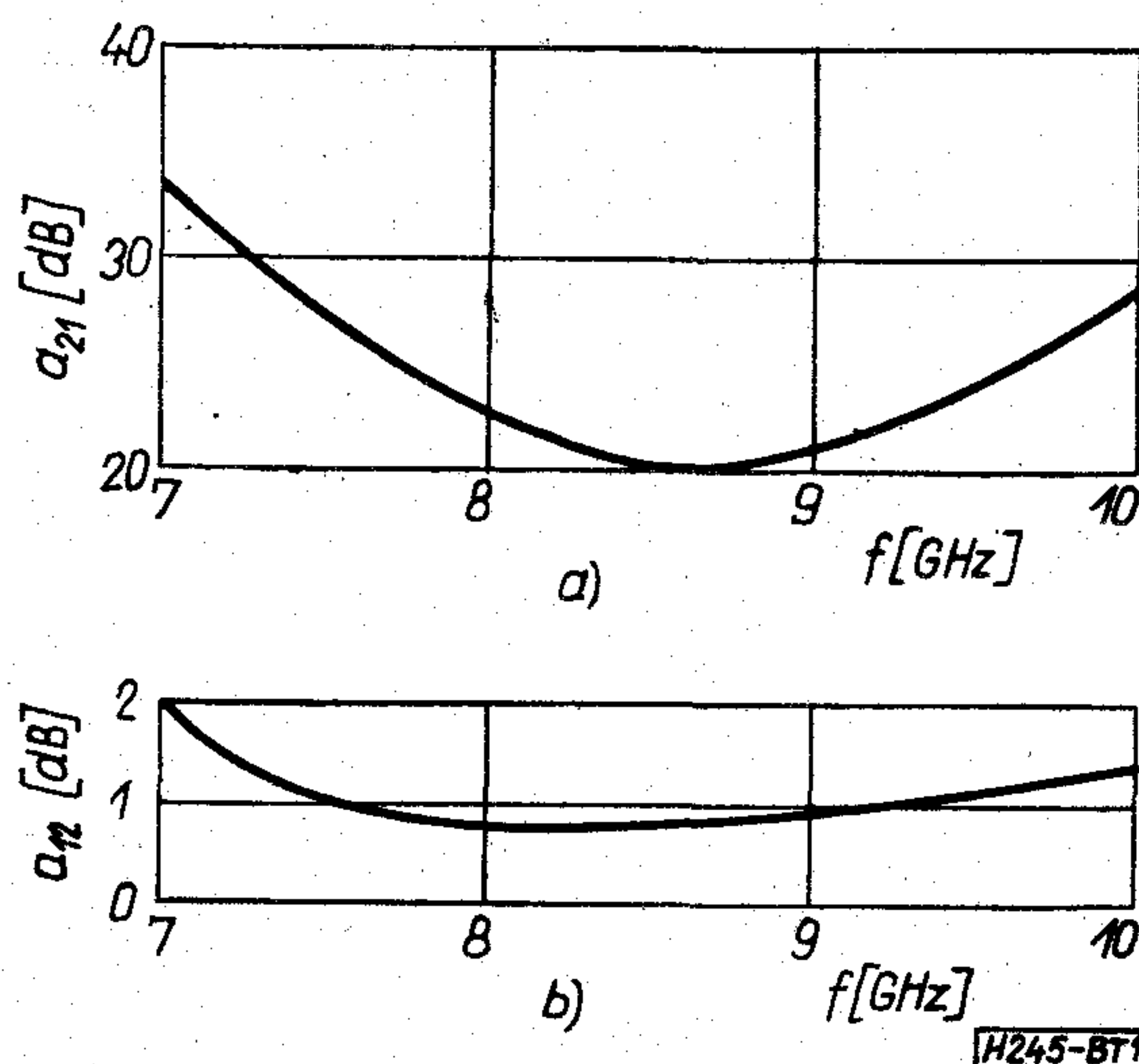
A számított értékek a kísérletekkel kapott optimális paraméterekkel jó egyezést mutattak. A kísérletek alapján a cirkulátor középrészének átmérőjét kb. 16%-kal csökkenteni, a negyedhullámú szakaszok hosszát pedig néhány százalékkal rövidíteni kellett. Ennek nyilvánvalóan a számításba nem vett szórt terek, illetve szórt kapacitások az okai.

Az izolátorokat a cirkulátorok egyik kapujának a lezárásával alakítottuk ki. A lezárást kisméretű 50 ohmos párologtatott ellenállással valósítottuk meg. Az ellenállást szakadással lezárt, közelítőleg negyedhullámú hosszú tápvonalszakasz követte, amely az ellenállás végére rövidzárat transformált.

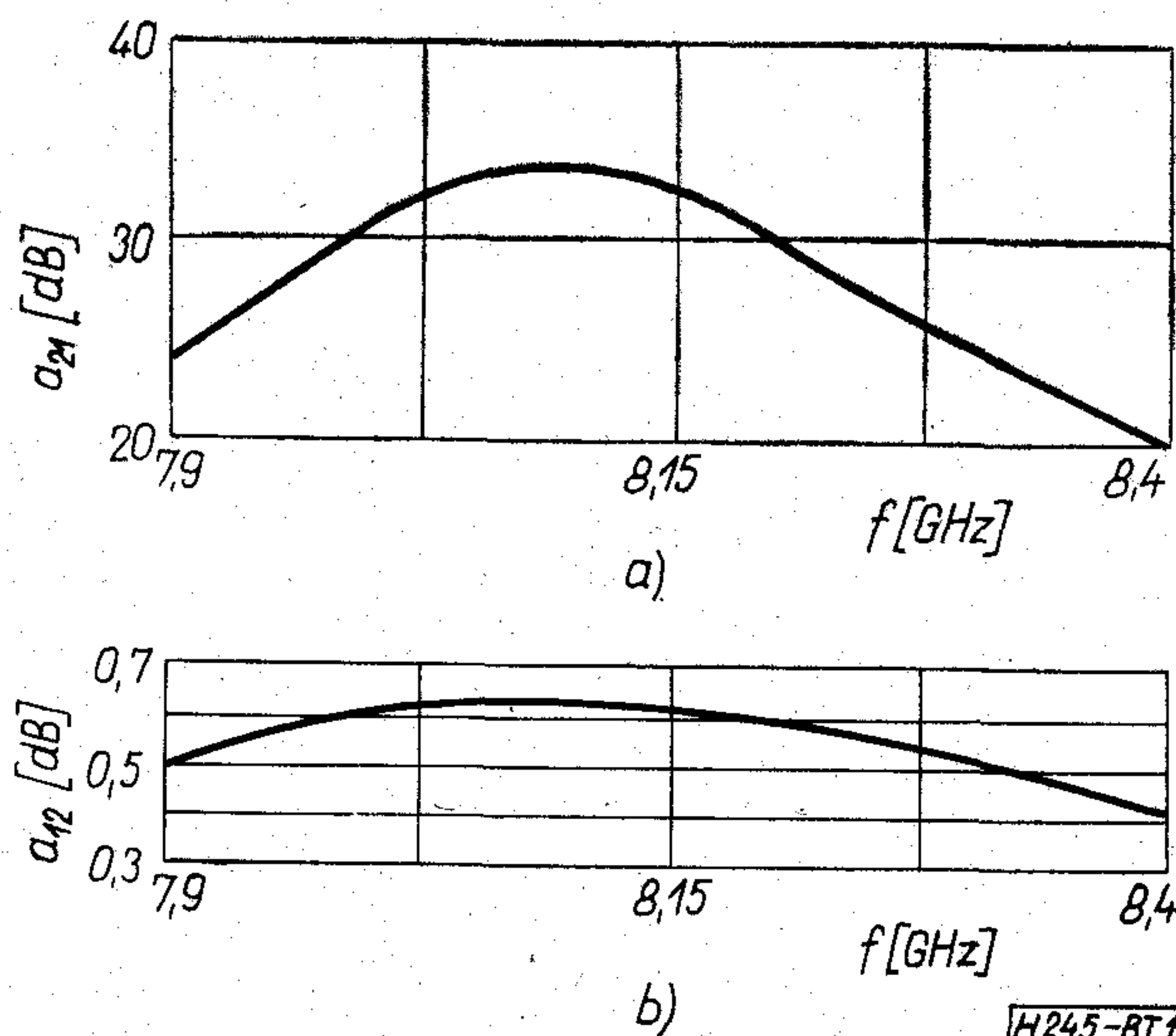
Az izolátorokat és a cirkulátorokat gadolíniummal és alumíniummal helyettesített gránát hordozó lapkán alakítottuk ki. A telítési mágnesezettség 1200



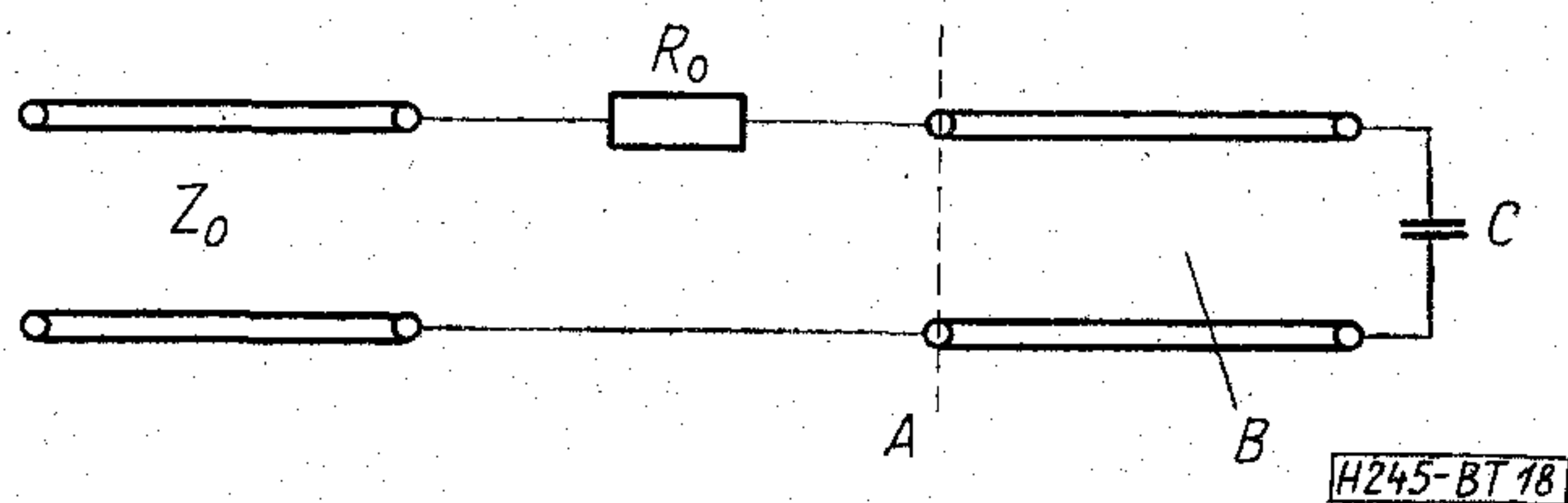
16. ábra. Szélessávú izolátor áramköri elrendezése



17. ábra. Szélessávú izolátor jelleggörbéi a frekvencia függvényében: a) zárócsillapítás, b) áteresztő-csillapítás



15. ábra. Keskenysávú izolátor jelleggörbéi a frekvencia függvényében: a) zárócsillapítás, b) áteresztő-csillapítás



18. ábra. Illesztett lezáró helyettesítő kapcsolása

Gauss volt. A polarizáló állandó mágneses teret bárium ferrit mágnespogácsákkal hoztuk létre.

A 15. ábra a 13. ábrán látható elrendezésnek megfelelő egyszerű izolátor záró (a_{21}) és áteresztő (a_{12}) csillapítását adja meg a frekvencia függvényében. Az izolátor áteresztő iránya az 1 kaputól a 2 kapu felé mutat.

A 16. ábrán negyedhullámú impedancia-transzformátorokkal megvalósított szélessávú izolátor elrendezése szerepel. Ennek jelleggörbéit a 17. ábra mutatja. A sáv szélesség itt lényegesen nagyobb.

Illesztett lezáró

A mikroszalag-tápvonal illesztett lezárását — technológiai okokból — a 18. ábra szerinti elrendezéssel tudjuk kényelmesen megvalósítani. Az R_0 koncentrált kivitelű ellenállást a lezárandó tápvonal Z_0 hullámellenállásával megegyező értékűre választjuk, míg a B tápvonal elektromos hossza negyed hullám. Így az A síkban a sávközépi frekvencián rövidzárat kapunk. A B tápvonal nyitott végének szórt kapacitását a C elemmel vesszük figyelembe.

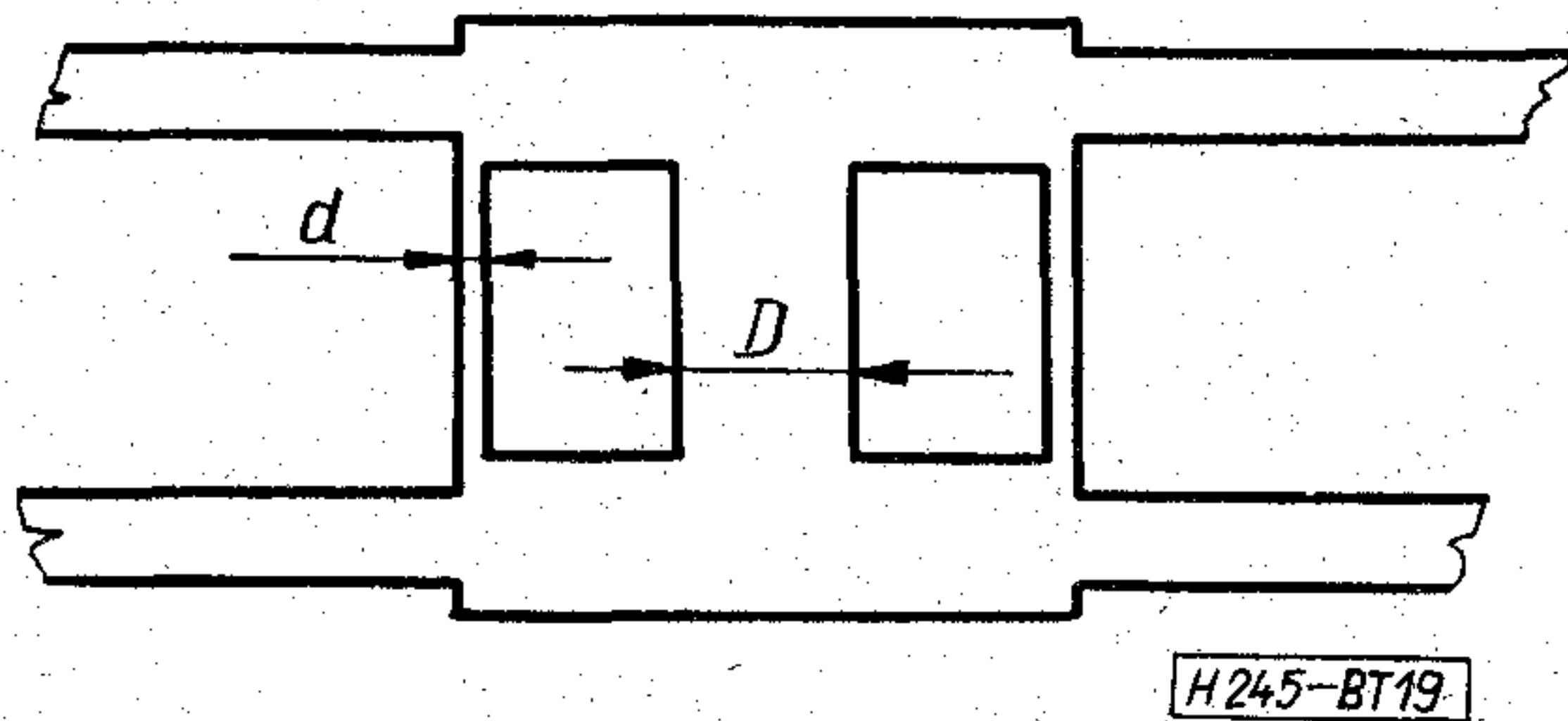
A lezáró működési frekvenciasávját a B tápvonal bemenő impedanciájának meredeksége határozza meg. Minél szélesebb frekvenciasávban kicsi e tápvonalszakasz bemenő impedanciája a hullámellenálláshoz képest, annál szélesebb frekvenciasávban lesz a lezáró kis reflexiójú.

Két változatot valósítottunk meg. Az egyik változatban B tápvonalként homogén tápvonalszakaszt választottunk, így az $r=1,2$ állóhullámarányhoz tartozó relatív frekvenciasáv 25%-os volt. A másik változatban a B tápvonal inhomogén, ami a működési frekvenciasáv 30%-os növekedését eredményezte.

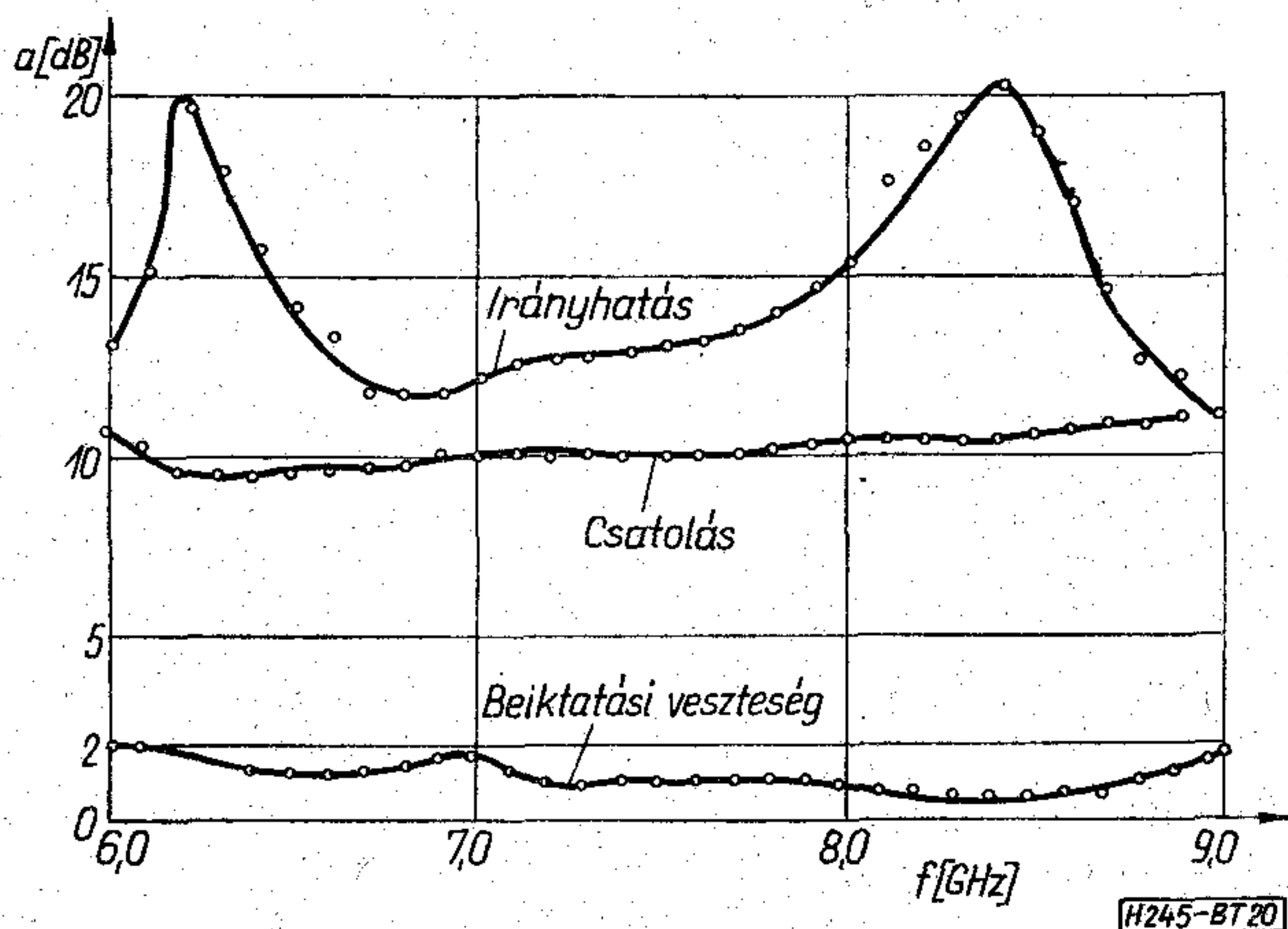
Szélessávú iránycsatoló és hibrid

Mikroszalag kivitelű iránycsatoló tervezésére több út kínálkozik. Az egyik szokásos elrendezés csatolt tápvonalakat alkalmaz. Ilyen megoldásban szoros csatolást nehéz elérni, mert ehhez a tápvonalakat egymáshoz nagyon közel kell helyezni, ami a gyártási tűrések miatt csak bizonyos mértékig lehetséges.

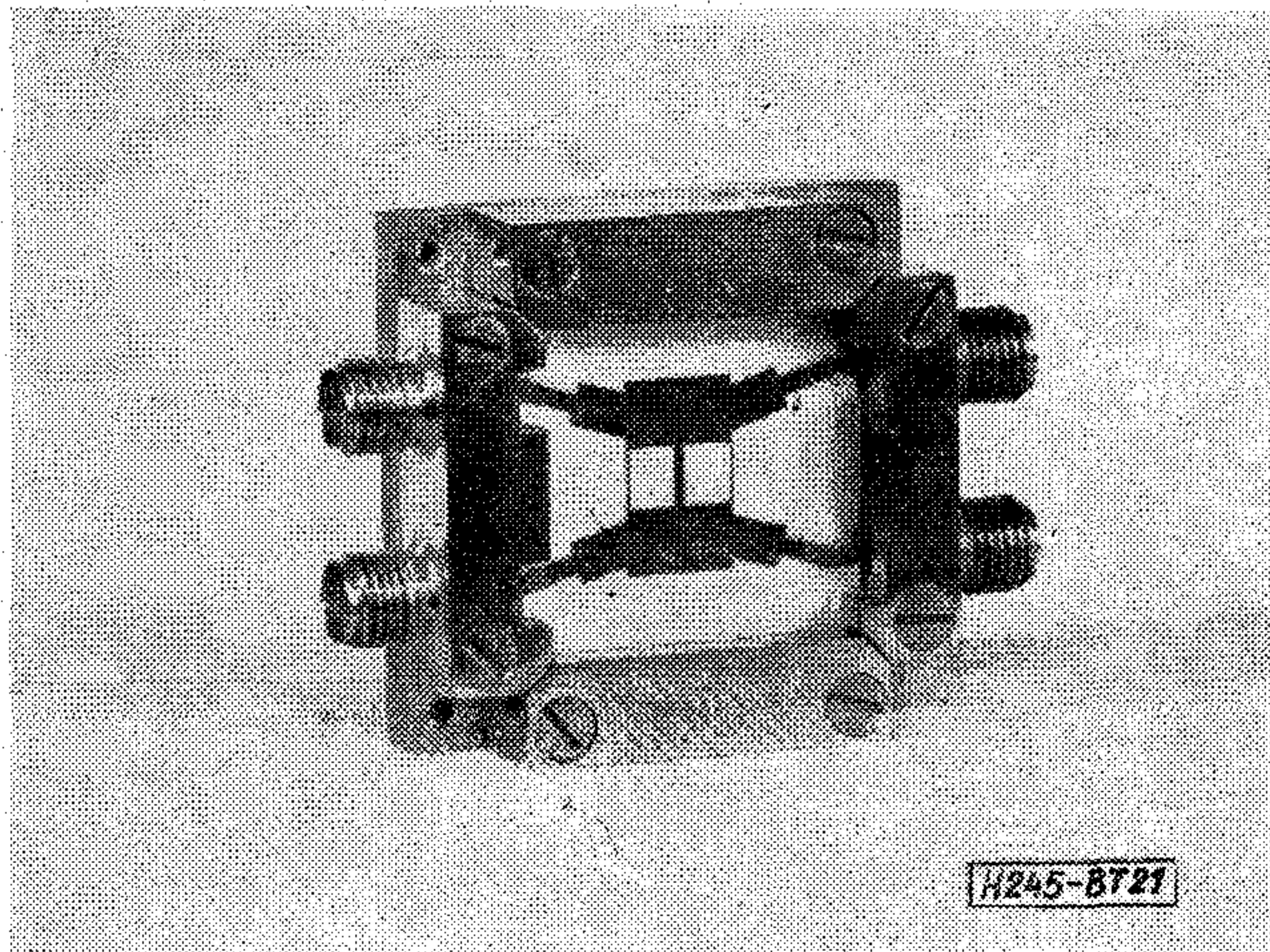
A másik, gyakran alkalmazott elrendezésben a csatolást a 19. ábrán látható módon, ún. csatoló tápvonalak segítségével állíthatjuk be. Szoros csatolásnál



19. ábra. Szélessávú iránycsatoló elrendezése



20. ábra. Szélessávú iránycsatoló jelleggörbéi a frekvencia függvényében



21. ábra. Dobozba szerelt iránycsatoló miniatűr koaxiális csatlakozókkal

itt a D szalagszélesség összemérhetővé válik a hullámhosszal, így az elágazás lényegesen módosítja az áramkör elektromos tulajdonságait: megváltozik a csatoló tápvonal hullámellenállása és elektromos hossza. Ezt a csatoló tápvonalak alkalmas módosításával kompenzálni tudjuk. Laza csatolásnál viszont a d szalagszélesség megvalósíthatatlanul kicsi lesz. Ezen úgy segíthetünk, hogy az egész iránycsatoló impedanciaszintjét lépcsős transzformátorok segítségével lecsökkentjük. Ezáltal elérhetjük, hogy a legnagyobb hullámellenállás is kisebb lesz 100 ohmnál.

A 20. ábra mutatja az így tervezett 10 dB-es iránycsatoló mért görbéit. A csatolás igen széles frekvenciasávban közel állandó.

Az iránycsatoló végleges kivitelét a 21. ábra mutatja. A kerámia lapkán levő mikroszalag-tápvonalas áramkört fémdobozba szereltük, ennek fedele az ábrán nem látható. A doboz oldalain helyeztük el a miniatűr, 50 ohmos koaxiális csatlakozókat, amelyek belső vezetője a mikroszalaggal fémesen érintkezik.

Készítettünk hibridet is mikroszalag-tápvonalas kivitelben. Ez a 2. ábra 7. lapkáján látható. A csatolás és a beiktatási csillapítás együttesen 3,5 dB, ami azt jelenti, hogy a teljesítmény feleződik és még 0,5 dB csillapítás adódik. A teljesítmény feleződése a 7,9–8,5 GHz-frekvenciasávban $\pm 0,2$ dB eltéréssel következik be. Az irányhatás ugyanakkor 13 dB felett van.

Következtetések

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a kidolgozott mikrohullámú integrált áramkörök jól alkalmazhatók. Ezek az áramkörök részben felhasználásra kerültek egy 24 FDM vagy 32 PCM csatornát átvivő mikrohullámú berendezésben. A berendezés méretei ezáltal lényegesen lecsökkentek.

I R O D A L O M

- [1] Assadourian, F.—Rimai, E.: Simplified theory of microstrip transmission systems. Proc. IRE, 1952. dec. 1651—1657. old.
- [2] Bársony P.: Szalagtápvonalas Y-cirkulátor. Híradástechnika, 1967. máj. 138—143. old.

- [3] *Berceli, T.*: Attenuation measurements on microstrips. IMEKO-Symposium on Microwave Measurement, Budapest, Hungary, 1972. máj. 10—13.
- [4] *Berceli T.—Bíró V.—Hammer G.—Reiter Gy.*: Integrált mikrohullámú áramkörök fejlesztése. Mikroelektronikai Alkatrész Anket, Szombathely, 1971. szept. 20.
- [5] *Bosma, H.*: On stripline Y-circulation at UHF. IEEE Trans. MTT. 1964. jan. 61—72. old.
- [6] *Caulton, M.—Hughes, J. J.—Sobol, H.*: Measurements on the properties of microstrip transmission lines for microwave integrated circuits. RCA Rev., 1966. szept. 377—391. old.
- [7] *Csurgay Á.—Markó Sz.*: Mikrohullámú passzív hálózatok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
- [8] *Fay, C. E.—Comstock, R. L.*: Operation of the ferrite junction circulator. IEEE Trans. MTT. 1965. jan. 15—27. old.
- [9] *Reiter Gy.*: A proposed microwave filter construction. Microelektronik 4. R. Oldenbourg, München—Wien, 1970. 210—222. old.
- [10] *Roome, G. T.—Hair, H. A.*: Thin ferrite devices for microwave integrated circuits. IEEE Trans. MTT. 1968. júl. 411—420. old.
- [11] *Schneider, M. V.*: Microstrip lines for microwave integrated circuits. Bell System Techn. Journal, 1969. máj.—jun. 1421—1444. old.
- [12] *Sobol, H.*: Applications of integrated circuit technology to microwave frequencies. Proc. IEEE, 1971. aug. 1202—1213. old.

EGYESÜLETI HÍREK

A III. A Megbízhatóság az Elektronikában Szimpózium

Az elektronikai termékek megbízhatóságának kérdéseivel foglalkozó nemzetközi részvételi szimpóziumot a Híradástechnikai Tudományos Egyesület a „Bolyai János” Matematikai Egyesülettel karöltve, a Magyar Tudományos Akadémia védnökségével az Akadémia termeiben, 1973. november 13. és 16. között, harmadik alkalommal rendezte meg hazánkban.

A szimpóziumot *Komporday Aurél*, a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet igazgatója, a szimpózium szervező bizottságának elnöke nyitotta meg. Üdvözölte a szimpózium több mint 350 résztvevőjét, közöttük a 22 országból ideérkezett szakembereket és az MTA, a MTESZ, az EOQC, valamint a rendező egyesületeknek az elnökségben helyetfoglaló képviselőit. Sok sikert kívánt a szimpózium munkásságához, ami alkalmat ad arra, hogy a leghivatottabb szakemberek áttekinthessék a rohamosan fejlődő tudományág legújabb elméleti és gyakorlati eredményeit.

Az előadások 3 tárgykörbe csoportosítva hangzottak el:

- az alkatrészek megbízhatósága;
- a rendszerek megbízhatósága;
- a megbízhatóság elméleti kérdései.

Az elhangzott előadások, amelyek száma és színvonala meghaladta az első két szimpóziumét, rávilágítottak arra, hogy a megbízhatóság az elektronikában ma már létkérdés, amikor az elektronikai termékek nagyrésze $1-3 \cdot 10^5$ vagy több alkatrészből épül fel, s oly nagy fontosságú funkciókat lát el, mint többek között az irányítás, vezérlés, számítástechnika, hírközlés stb., ugyanakkor a meghibásodás nélküli üzemidőnek el kell érnie a pár ezer órát.

Az előadások a fent említett témaköröket sokoldalúan világították meg, s ezek során különös hangsúlyt kaptak a gyorsított vizsgálati módszerek.

A szimpózium folyamán sor került „kerekasztal” vitákra is. Ezeken megvitatták a megbízhatósági jellemzők gyorsított vizsgálatok alapján történő előzetes meghatározásának kérdéseit, valamint az EOQC égisze alatt a megbízhatóság kérdéseinek fontosságát az elektronikai mérnökképzésben.

Komporday Aurél zárószavában köszönetet mondott az előadóknak, a tanácskozás elnökeinek és minden résztvevőnek aktív közreműködésükért. Elmondotta, hogy a három szekcióban lebonyolított tanácskozáson összesen 80 előadás hangzott el. A számoknál többet mond, hogy egy-két kivételtől eltekintve minden előadáshoz legalább 3—4 hozzászóló jelentkezett és több témában olyan élénk vita alakult ki, hogy a résztvevők a vitát még az ülés után is folytatták.

Az alkatrész-szekcióban elhangzott 42 előadás közül — amelyek kiterjedtek mind a klasszikus aktív és passzív alkatrészekre, mind az integrált áramkörökre — a legnagyobb érdeklődést a rövid idejű vizsgálatok alkalmazhatóságának kérdése, a meghibásodáshoz vezető fizikai-kémiai folyamatok tanulmányozása, valamint az üzemeltetési adatközlési rendszer kialakítása váltotta ki.

A rövid idejű vizsgálatok alkalmazási feltételeiről és értékeléséről kialakult kerekasztal vita is arra mutatott rá, hogy a rövididejű vizsgálatok nem helyettesíthetik önmagukban a tartós, hosszú idejű vizsgálatokat, ezért szükséges minden esetben kellő óvatossággal meghatározni a két vizsgálat eredmé-

nyei közötti korrelációt. Ezen túlmenően igen nagy figyelmet kell fordítani a gyártástechnológia stabilitását ellenőrző, egyben a „beépített” megbízhatóságot növelő rövid idejű szűrővizsgálatok lefolytatására és értékelésére.

A rendszer-szekcióban elhangzott 17 előadásban a figyelem elsősorban a komplex rendszerek megbízhatóságának kérdéseire irányult. Részletesen foglalkoztak a hírközlő hálózatok, telefonközpontok és más híradástechnikai nagyberendezések megbízhatóságát befolyásoló tényezőkkel, de vizsgálták a légiközlekedés és vasútbiztonság kérdéseit is. Felhívták a figyelmet a megbízhatósági adatokat is tartalmazó alkatrész specifikációk fontosságára (nemzetközi adatbank), a rendszer megbízhatóság számításához szükséges ajánlások és programrendszerek egységesítésére.

Az elméleti-szekcióban 21 előadás hangzott el. Az előadók nagy figyelmet fordítottak a megbízhatóság mennyiségi jellemzői becslési módszereinek kidolgozására, a megbízható áramkörök tervezési kérdéseinek, a kísérletek tervezésével kapcsolatos módszereknek, valamint a sztochasztikus folyamatok megbízhatósági alkalmazásának. Ezen előadások közül ki kell emelni a megbízhatósági követelmények szabványosítási kérdéseivel foglalkozó előadásokat, amelyek útmutatást adtak az ezen a területen elért eredmények közvetlen gyakorlati alkalmazására.

A külföldi résztvevők nevében *I. M. Zsitkin* (SZU) és *H. A. Schafft* (USA) meleg szavakkal méltatta a szimpózium sikerét, hangsúlyozva az értékes és széles körű információcserét és a létrejött tudományos fontosságú kapcsolatokat.

A szimpózium kitűnő előkészítése és lebonyolítása a szervező bizottságot és a HTE titkárságának fáradhatatlan, alapos munkáját dicséri.

Igen nagymértékben hozzájárult a szimpózium sikeréhez, hogy a programba felvett előadások 3 kötetes kiadvány formájában már a megnyitáskor kinyomtatva a résztvevők rendelkezésére állottak.

Megalakult az Ifjúsági Bizottság

1973. november 9-én egyesületünk ifjú tagjai választói ülésre jöttek össze és az egyes tevékenységi körök szerinti feladatok ellátására — titkos szavazással — a következőket választották meg:

Oktatás: *Macskássy Péter* (BME), *Balogh Dezső* (BHG)
Továbbképzés: *Prónay Gábor* (BME), *Cseresnyés Géza* (HIKI)
Fórum: *Grill Mihály* (TKI), *Tóth Árpád* (ORION)
Propaganda: *Molnár Dénes* (EIURT), *Utassy Sándor* (Kandó)

A bizottság 8 választott tagjához — kiknek mandátuma 4 évre szól — az Egyesület Végrehajtó Bizottsága további 2 tagot delegált.

Dr. Gál József (BME) és
Szegedi Varga László (EIVRT) személyében.

A Bizottság vezetőjét 1 évi időtartamra választja meg saját (választott) tagjai sorából. Az Ifjúsági Bizottság első vezetőjének *Balogh Dezsőt* választották meg.

Félvezető alapú integrált áramkörök fejlődési irányai

ETO 621.3.049.7-111:621.382.049.7-111:681.325.65

A negyed évszázada feltalált tranzisztorhoz képest óriási fejlődés tanúi vagyunk a félvezető technika és technológia, valamint a kapcsolódó számítástechnika, híradástechnika, műszertechnika, vezérlés és szabályzástechnika, azaz általában az elektronikai ipar területén. Az elmúlt 25 év félvezető technikai fejlődésének három jelentős történelmi dátuma 1948, 1958 és 1968. Bardeen, Brattain és Shockley 1948-ban a Bell Laboratóriumban dolgozták ki az első ötvöztött germánium tranzisztort. Kilby 1958-ban a Texas cégnél fejlesztette ki a világ első szilícium alapú integrált áramköreit; egy multivibrátor és egy oszcillátor áramkört. 1968-ban a legnagyobb félvezető gyártó cégek, mint a Texas, a Motorola a Fairchild és a többiek piacra hozták az első MOS LSI áramköreiket.

A digitális áramkörök területén egyre nagyobb komplexitású áramkörök kerültek megvalósításra. A komplexitás növekedése az LSI áramköri technika fejlődése és fejlesztése azonban nem határtalan. Gazdaságossági és nem műszaki korlátok következtében a komplexitás növekedési üteme egyre csökkenni fog.

Az egyre nagyobb komplexitású MSI és LSI áramkörök megjelenése az elektronikai ipar strukturális átalakítását követeli meg. Az áramkör tervezési munka egyre jelentősebb részét a készülékfejlesztők helyett az alkatrészgyártók, jelen esetben a félvezető integrált áramköröket gyártó cégek végzik vagy fogják végezni. A digitális és analóg integrált áramkörök újabb területeket hódítanak meg a közhasználatú termékekben (video és hangtechnikai berendezések és elektronikus karóra, valamint az autóipar).

A félvezető gyártáson belül a leggyorsabb fejlődési ütem a MOS integrált áramkörök területén tapasztalható, csekély eltéréssel ezt a digitális bipoláris áramkörök követik. A lineáris integrált áramkörök fejlődésére évi 20–30%-os növekedés jellemző. A következőkben a fenti felosztásnak megfelelően tárgyaljuk az unipoláris és bipoláris integrált áramkörök fejlődését.

MOS integrált áramkörök

A MOS integrált áramkörök növekedése olyan nagymérvű volt az elmúlt évek során, hogy termelési érték tekintetében manapság elérte az igen elterjedt TTL rendszerű áramkörök volumenét.

A MOS integrált áramkör gyártók specialitása a felhasználói tervezés, amely manapság a szabvány áramkörgyártás felé tolódik el.

Jelenleg a felhasználói tervezésű és szabványos MOS áramkörök termelési érték szerint azonosak, azonban 1976-ra az előrejelzések szerint 4:1 arány várható a szabványos áramkörök javára.

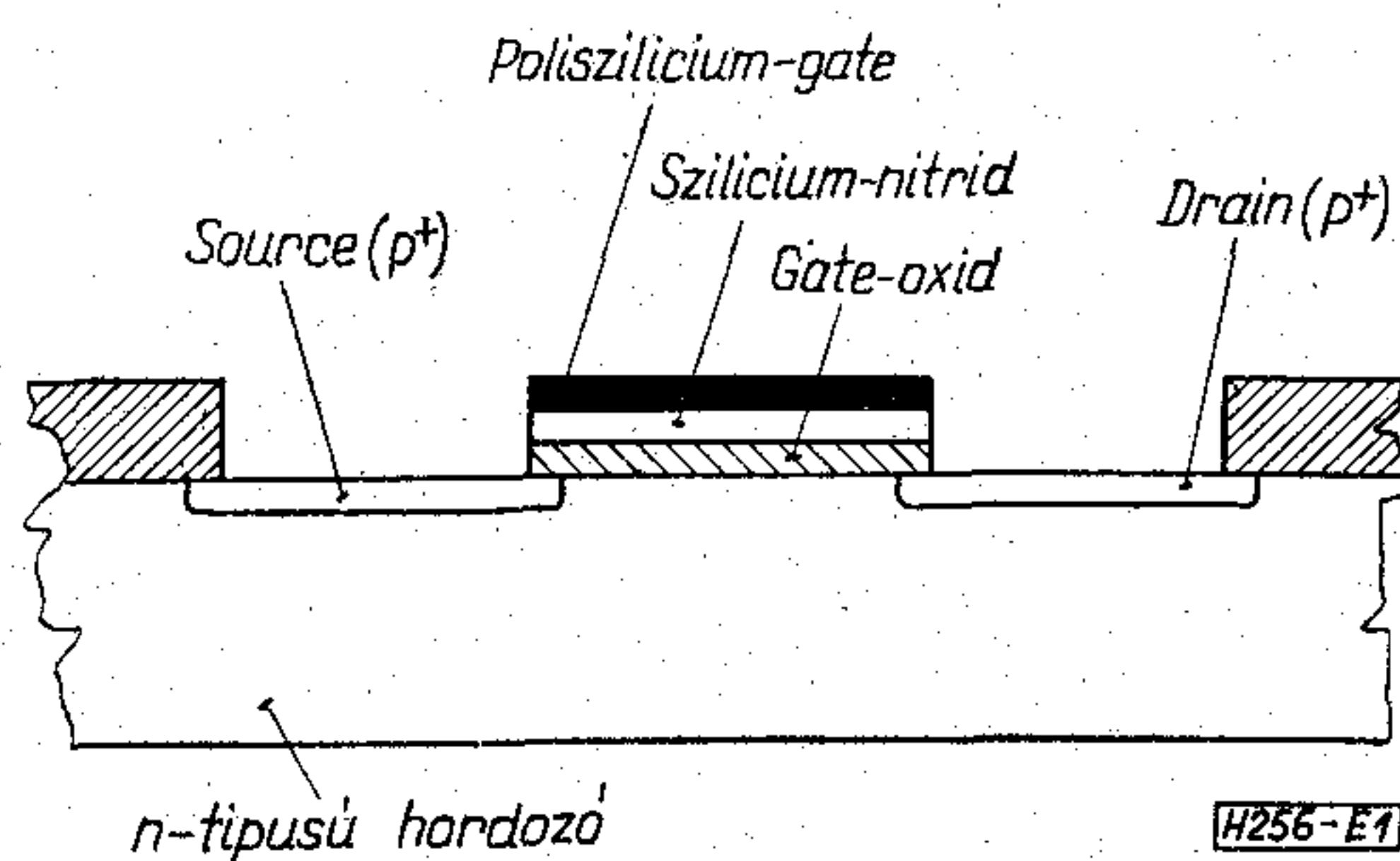
A szabványos MOS áramkörök legnagyobb részét a memóriák adják. Igen jelentős a RAM áramkörök — random acces memory — előretörése; a MOS memóriák 2/3-a 1975-ben RAM lesz. Kisebbségi növekedés várható a MOS fix memóriák és léptető regiszterek területén.

A MOS áramkörök alapeleme a MOS tervezérelt tranzisztor, amely a bipoláris tranzisztorral ellentétben tipikus felületi eszköz, amiből egyaránt adódnak bizonyos előnyök és hátrányok. Az előnyök közé tartozik, hogy a technológiai lépések száma viszonylag kevés, s különösen logikai áramköröknél nagy elemsűrűség érhető el. A hátrányok közé tartozik, hogy az eszköz a felületi rétegek szennyeződésére igen kényes s ezért az egész technológia igen nagy tisztaságú környezetet, vegyszereket stb. igényel.

Napjainkban a MOS integrált áramkörök igen sokféle technológiával készülnek, amelyek egymástól legszembevetőbbben a gate alatti szigetelőréteg szerkezetében, illetve annak kialakítási módjában térnek el.

A már klasszikusnak számító nagyszintű MOS áramkörök sebességkorlátaik (1 MHz), nagyobb teljesítményfelvételük miatt (kb. 1 mW/kapu) egyre inkább háttérbe szorulnak a modernebb technológiával készült áramkörök mellett. Az a körülmény, hogy a TTL áramkörökkel való összeépítésnél a csatlakozó pontokon szintáttevő fokozatokra van szükség, jelentős hátrány akkor, ha a MOS áramkör bonyolultsága kicsi. A komplexitás növekedésével ez a hátrány fokozatosan veszít jelentőségéből és teljesen figyelmen kívül hagyható, ha az áramkör önállóan, TTL csatlakozási pontok nélkül működik. Ez utóbbinak tipikus esete: pl. a zsebalkulátor néhány MOS áramköre, amelyekre nézve a logikai szintek értéke ebből a szempontból közömbös.

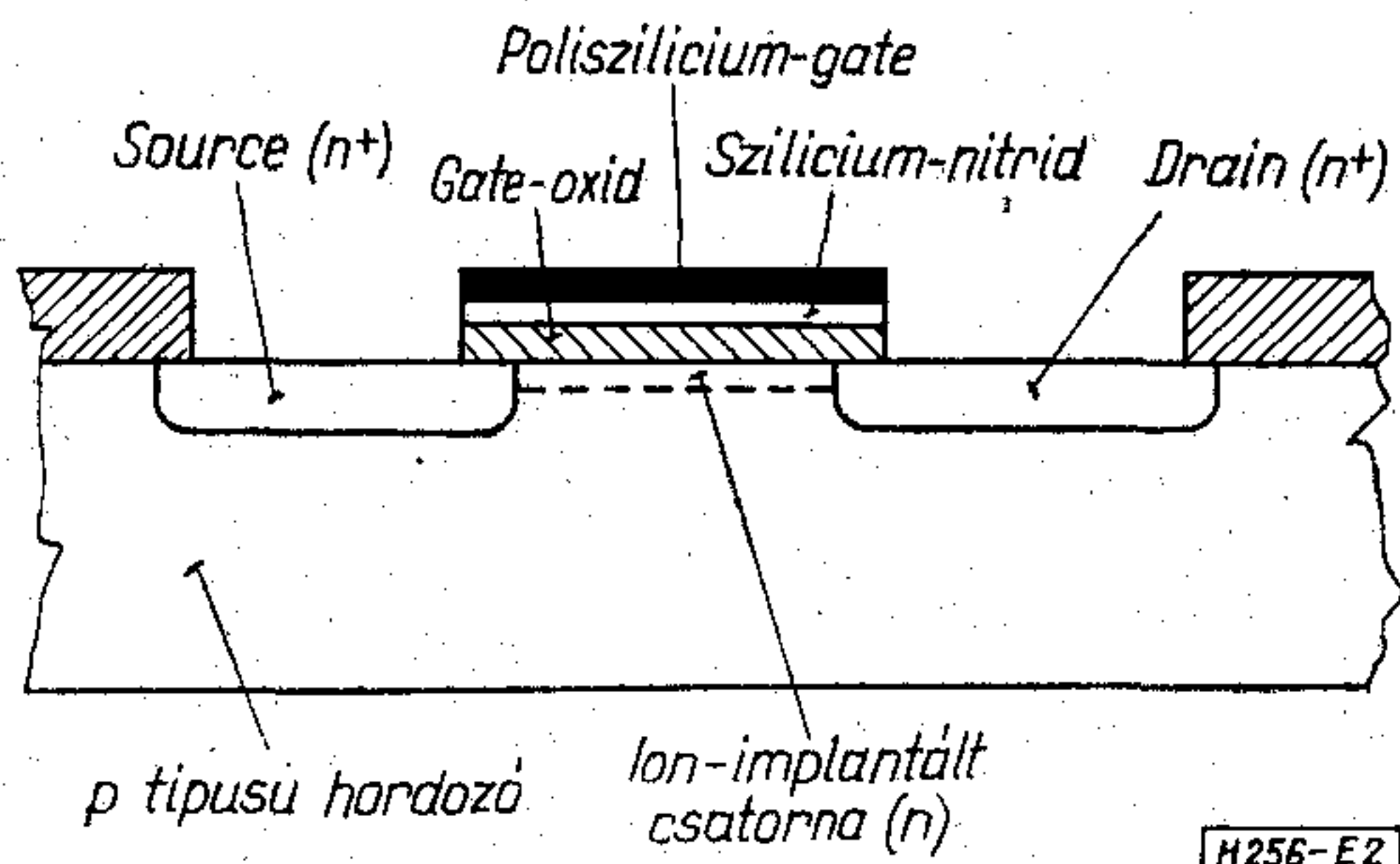
A logikai áramkörök megvalósítása terén kialakult mai helyzetben a MOS áramkörök többsége TTL áramkörökkel közösen kerül felhasználásra s így a TTL kompatibilitás döntő fontosságú. Ennek biztosítására több technológiai megoldás született, amelyek közül a szilícium-gate technológia bír a legnagyobb jelentőséggel (1. ábra). A szilícium-gate tech-



1. ábra. Szilícium-gate technológiával kialakított p-csatornás tranzisztor szerkezete

nológiával a működési sebesség (kb. 2 MHz) és a teljesítményfelvétel (kb. 0,5 mW/kapu) is kedvezően alakult és további nagy előnyt jelentettek a felvitt szilíciumréteggel megvalósítható összeköttetések, amelynek hatásaképp az elemsűrűség lényegesen megnövekedett.

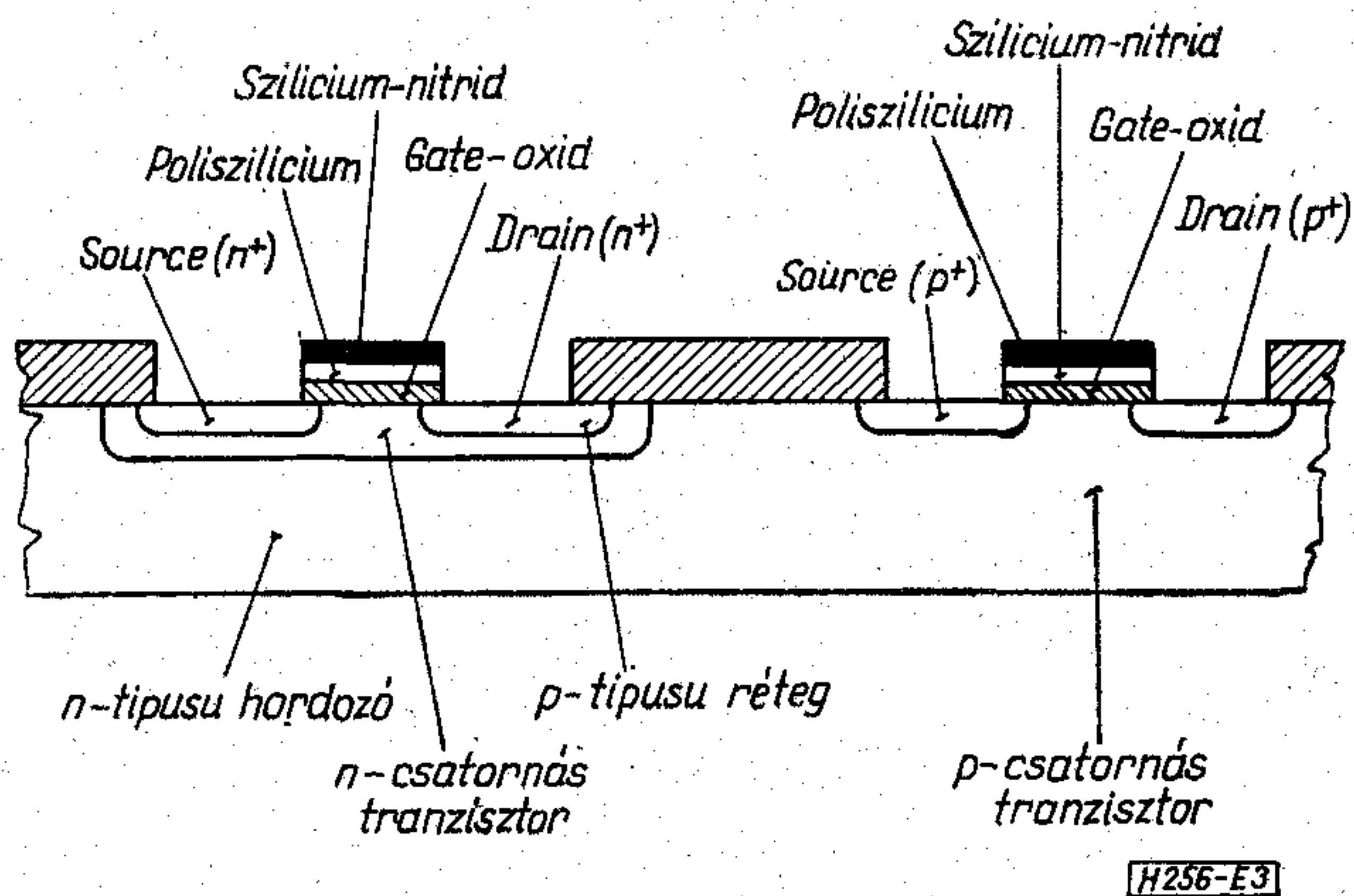
A kiürítéses módusú (DMOS) — depletion MOS — tranzisztorokkal megvalósított áramkörök jelentették a következő lépést a technológiai fejlesztés terén s ennél a szerkezetnél került előtérbe az ionimplantációs művelet is (2. ábra).



2. ábra. Kiürítéses működésű, ion-implantációval kialakított n-csatornás tranzisztor szerkezete

A kiürítéses módusú tranzisztorokkal felépített áramkörök előnye a teljes TTL kompatibilitás (a tápfeszültség is +5 V értékű), a nagyobb működési sebesség (kb. 3 MHz) és a tápfeszültség értékére való érzéketlenség.

Az elmúlt évek nagy technológiai előrelépései közé sorolható a komplementer (CMOS) — complement MOS — áramkörök megjelenése (3. ábra). Ezeknél a sorbakapcsolt n-csatornás és p-csatornás tranzisztorok közül az egyik mindig zárva van s így nyugalmi állapotban rajtuk telepáram nem folyik.



3. ábra. Komplementer MOS áramköröket alkotó n- és p-csatornás tranzisztorok szerkezete

Ezzel sikerült elérni, hogy kis működési sebességeknél a teljesítményfelvétel elhanyagolhatóan kis értékű (kb. 10 μ W/kapu), ami különösen telepes üzemi készülékeknél és nagykapacitású háttérmemóriáknál igen lényeges szempont.

A CMOS technológiát több forrás is a logikai funkciók megvalósítására tartja leginkább alkalmasnak. Az RCA után már a Motorola is gyártja a 4000-es

sorozatú CMOS családot, sőt a National az L-TTL sorozatával pin-for-pin ekvivalens CMOS sorozatot fejleszt. Az igen alacsony teljesítményigény következtében az elektronikus órák áramkörét, továbbá a nagy zajérzékletlenség következtében autók ellenőrző áramköreit CMOS technológiával állítják elő.

A csak nagyvonalakban vázolt technológiai irányok ugyan nagymértékű javulást eredményeztek az áramkörök elektromos paramétereiben, de egyben a technológiai berendezésekkel és felhasznált vegyi anyagokkal szemben igen szigorú feltételeket követeltek meg. Ez más oldalról azt jelenti, hogy ezen korszerű áramkörök előállítására való felkészülés igen komoly anyagi és szellemi ráfordításokat igényel.

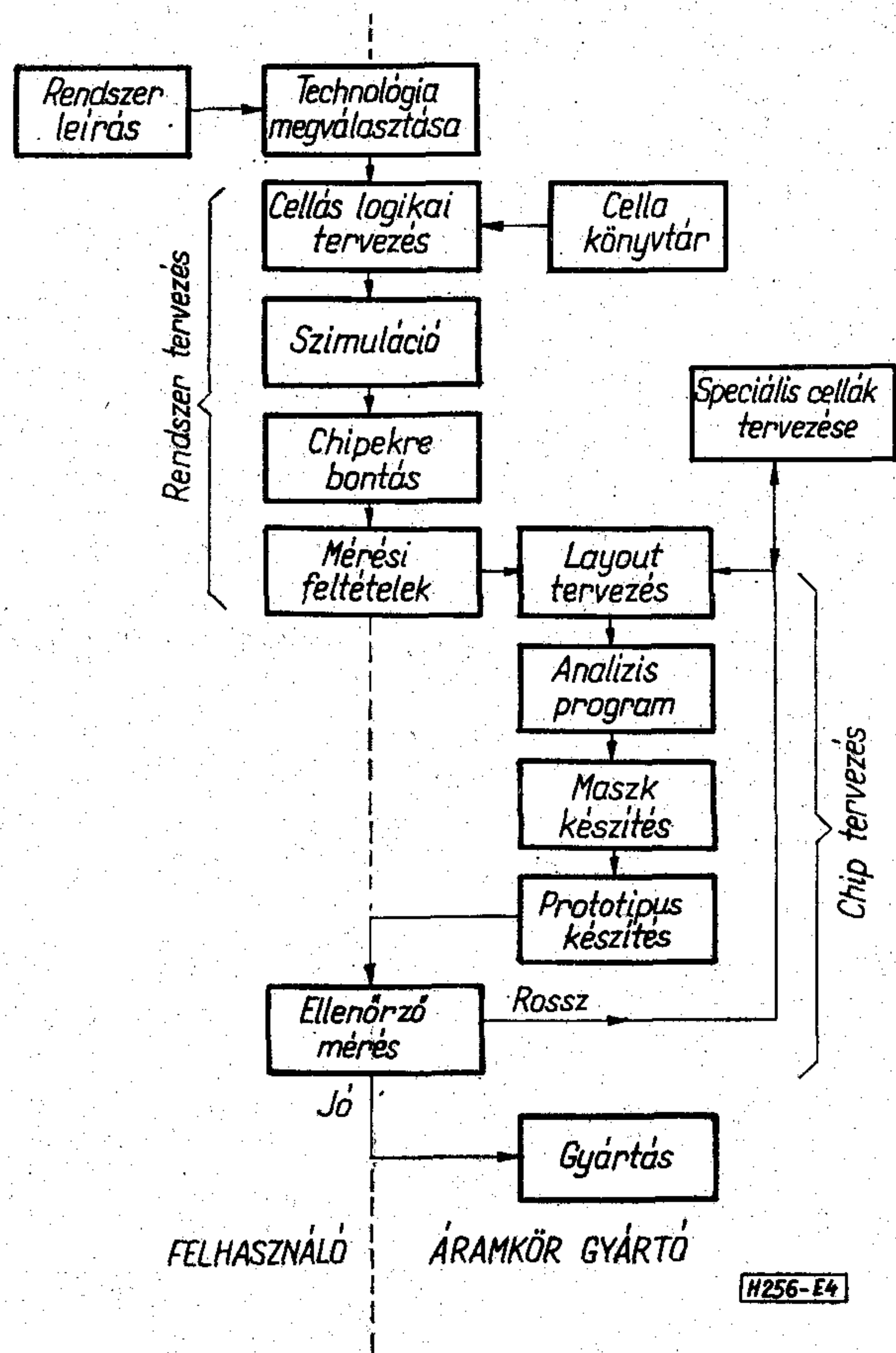
A nem komplementer felépítésű MOS integrált áramkörök egy fontos működési formája a dinamikus üzem. Ennek lényege az, hogy az áramkörben azokat a tranzisztorokat, amelyeken nyugalmi állapotban is teljesítmény disszipálna, dinamikusan üzemeltetjük, vagyis csak egy rövid időre (pl. információ-átírás stb.) kapcsoljuk be.

A működés holt időiben a tranzisztorok lezárt állapotban vannak és így a teljesítményfelvétel rendkívül kicsi. Példaként említhetnénk egy léptetőregisztert, amelynek statikus változata 1–5 mW/bit teljesítményt vesz fel, míg kétfázisú dinamikus változatának 0,5–1 mW/bit, négyfázisú változatának pedig csupán 0,1–0,5 mW/bit teljesítményfelvétele van.

MOS integrált áramköröknél az alkatелеmek (tranzisztorok, kapuk, tárolóelemek) igen kis geometriai mérete következtében igen nagy elemsűrűség, más szóval adott chipméret mellett igen nagy komplexitás érhető el. A logikai áramkörök MOS technikával való megvalósítása során a problémát többnyire nem is annyira a komplexitás, ill. az ebből adódó geometriai méretek jelentik, hanem egyrészt az áramkör disszipációs teljesítménye, másrészt a kivezetések korlátozott száma. A disszipációs kérdésben ugrásszerű javulás állt elő a dinamikus üzem bevezetésével, valamint a CMOS áramkörök alkalmazásával. A kivezetések korlátozott száma ezzel szemben ma is komoly probléma és sok esetben egy-egy logikai áramkör felépítésében alapvető átalakításokat kell végezni pusztán azért, hogy adott számú kivezetéssel bíró áramkörökre (tokokra) bonthassuk szét azokat. Ebben a tekintetben a korszerű, nagybonyolultságú (LSI) áramkörök sok rokon vonást mutatnak a nyomtatott áramköri kártyákkal, különösen ha ezen utóbbiak egyszerűbb (SSI) TTL áramkörökből épülnek fel. Ha egy kártyán és egy MOS/LSI áramkörben azonos logikai funkciót kívánunk megvalósítani, akkor közelítő számítások szerint már néhány száz darabos gyártás esetén is gazdaságos lehet a logikai funkció megvalósítása felhasználói tervezéssel (custom design) készült MOS/LSI áramkörrel. Ennek okai egyrészt a nyomtatott áramkörök járulékos költségei (szerelés, csatlakozó), másrészt a nagyobb teljesítményfelvétel, ami a tápegységen, hűtőrendszeren keresztül növeli a költségeket.

Ahhoz, hogy a TTL, SSI áramkörökkel szerelt nyomtatott kártyákat és a MOS/LSI áramköröket összevethessük, ismernünk kell a felhasználói tervezés megoldásait és költségkihatásait.

A 4. ábra a felhasználói tervezés blokk-sémáját



4. ábra. Felhasználói áramkörtervezés blokkvázlata

mutatja be, meglehetősen leegyszerűsített formában. A felhasználó valamilyen rendszernek a leírásával jelentkezik, amely lehet ugyan egy adott logikai kapcsolás, de valószínűleg nem konkrétan az, amit az áramkörgyártó meg fog valósítani.

A következő lépés a technológia megválasztása, amit perifériális teljesítményfelvételi stb. szempontok határoznak meg. Ezután következik a rendszer konkrét logikai kapcsolásának a felépítése azon áramkörcellák felhasználásával, amelyek, mint a választott technológiához tartozó logikai rendszer építőelemei, a cellakönyvtárban rendelkezésre állnak. A kapott logikai terv helyességét számítógépen a szimulációs program ellenőrzi. A következő lépés a rendszer felbontása chipekre, ahol a döntő szempont a kivezetések számának minimalizálása. A felosztás után meg kell határozni az egyes chipek mérési feltételeit, s ha itt kedvezőtlen eredmény adódnék, úgy a chipekre való bontást is módosítani kell.

Míg a fenti lépéseket a felhasználó és az áramkörgyártó közösen dolgozták ki, a továbbiakban a gyártó a felhasználótól függetlenül dolgozik. Az első lépés a geometriai elrendezés (layout) megtervezése, ami a cellák megfelelő elhelyezéséből és összekötéséből áll. Szükség esetén lehetőség van a cellakönyvtáron túlmenően speciális cellák tervezésére és az áramkörbe való beillesztésére is. A tapasztalat szerint a layout tervezés számítógéppel lényegesen olcsóbb és gyorsabb, de nagyobb chipméreteket eredményez. A kézi tervezés igen lassú, de (különösen nagy szakértelmű tervezőgárda esetén) rendkívül jó helykihasználást

eredményez. A layout-tervezés helyességét az analízisprogrammal ellenőrzi számítógép segítségével, amelynek során lehetőség van az áramkör dinamikus (tranzien) viselkedésének vizsgálatára. A felhasználói tervezésnek ez a lépése elengedhetetlen, mivel a tervezésnél elkövetett bármilyen hiba (figyelmen kívül hagyott, parazita terhelőkapacitás stb.) márcsak a kész áramkörtől derül ki s így sok felesleges ráfordítást eredményez.

Ha az analízisprogram alapján a tervezett elrendezést jónak találják, úgy elkészülhetnek a maszkok, ezek segítségével a prototípus, majd a prototípus igen részletes és pontos mérése után kerülhet sor az áramkör gyártására.

A felhasználói tervezés, mint látható, igen komoly számítógéppel rendelkező bázist igényel a magas szinten álló technológián és mérésen kívül. A számítógépes bázis, a programok és a kidolgozott cellakönyvtár birtokában viszont a tervezés már viszonylag gyorsan keresztül-futtható. Ezzel lényegében az történik, hogy a különböző felhasználók (készülékfejlesztők és -gyártók) áramkörtervezésének egy része áttevődik az alkatrésziparba, hiszen a logikai feladat megoldásának kidolgozása és áramköri megvalósítása az alkatrésziparban, jelen esetben a félvezetőiparban megy végbe. Ez a tény, noha a mikroelektronika megjelenésével kézenfekvővé vált, olyan strukturális átalakulást követel meg az elektronikai iparban, ami érthetően csak lassan, sok visszahúzó erő ellenében valósul meg.

Ha hűek kívánunk lenni a valósághoz akkor azt mondhatjuk, hogy a felhasználói áramkörtervezés még világviszonylatban is új és sok buktatót rejtő megoldás. Igazán teret eddig csak ott hódított, ahol az óriási darabszámok szinte minden tervezési/fejlesztési költséget elviseltek, mint pl. az asztali és zsebalkulátorok áramköreinek vagy olyan készülékekben, ahol ez minőségileg új lehetőséget teremtett s ez ellensúlyozta a költségtöbbletet, kockázatot. Nem szabad elfelejteni azonban, hogy az említett példák igen nagy bonyolultságú (LSI) áramkörök, vagyis semmiképpen sem vonhatók párhuzamba egy szokványos TTL—SSI áramkörökből felépített nyomtatott kártyával!

A világviszonylatban elért áramkör komplexitásra vonatkozóan álljon itt egy példa, nevezetesen egy 8 bites központi egység (CPU) — central processor unit.

Az egyetlen chipen megvalósított áramkör egy 8 bites akkumulátort, hat 8 bites adatregisztert, két 8 bites átmenő (időzítő) regisztert, egy 14 bites programszámlálót, hét 14 bites címregisztert, 8 bites paralell aritmetikai egységet és egy sor kontrollegységet tartalmaz, 48 belső utasítással rendelkezik és egy 8 bites adatbuszra dolgozik maximálisan 800 kHz óra frekvenciával, kb. 500 mW teljesítményfelvétel mellett. Ez az áramkör-komplexitás valóban megdöbbentő, hiszen ezt az egyetlen 18 kivezetéses tokot néhány további áramkörrel (RAM, ROM, interface) kiegészítve egy komplett mikrokomputert kapunk. Ez az áramkör is jó példája annak, hogy már a rendszertervezés is jórészt a félvezetőiparba tevődik át.

A mikrokomputer összeállítása már nemcsak hardware, hanem software feladat is. A mikroprog-

ramnak tárolására szolgáló fix memóriák (ROM) — read only memory — programjának kidolgozását a felhasználó software fejlesztése végzi s így látszólag szoros kooperációra van szükség. Ezen a problémán segítenek az elektromosan programozható és törölhető fix memóriák (REEPROM) — reprogrammable read only memory —, amelyből már 2048 bites áramkörök is készülnek. Ha ezek után az „alkatrészgyártó” a mikrokomputerét ilyen újraprogramozható fix memóriákkal építi fel, akkor lehetőséget ad a felhasználónak, hogy utólag saját software fejlesztése alapján tetszés szerinti mikroprogramokat építsen be a készülékbe. Ezzel szinte a teljes hardware feladat az alkatrésziparba csúszik át, s csak a software marad az alkalmazó hatáskörében.

A MOS integrált áramkörök gyártási választékában a mikrokomputerek még csekély hányaddal vesznek részt. A felhasználói tervezésű áramkörök 40–45%-át a kalkulátor chipek adják. A következő nagy felhasználói tervezésű terület a 3–5 chipes megoldású mikroprocesszor áramkörök lesznek és 1976-ra túlhaladják a kalkulátor chipek volumenét.

A MOS áramkörök típusválasztékában legnagyobb hányaddal a különféle tárolók szerepelnek. A nagyobb típuscsaládok: a nagy bitszámú (hosszú) léptető regiszterek, a véletlen hozzáférésű memóriák (RAM) és a maszk programozású fix memóriák (ROM). A következőkben röviden áttekintjük a tárolók területén az elmúlt évek jelentősebb új áramkörüi eredményeit.

Az n-csatornás MOS memóriák fejlődése igen jelentős. Az 1024 bites n-csatornás RAM áramkör hozzáférési ideje kevesebb 100 ns-nál. A nagy áttörést 1973-ban a 4096 bites RAM jelentette 300–400 ns-os hozzáférési idővel (Intel, Signetics, National, Mostek, Texas). A közeljövőben várható az 1024-es komplementer statikus RAM megjelenése (Inselek, RCA).

Az n-csatornás MOS technológia várhatóan teljesen egyeduralkodóvá válik a fix memóriáknál. Az Advanced Memory Systems 1024-bites ROM-jának 60 ns-os hozzáférési ideje van és a Motorola 8192 bites ROM áramkör hirdetési ára 18 \$.

A nagy tömegű felhasználás miatt elsősorban a léptető regiszterek ára alakult kedvezően. A perifériális berendezésekben alkalmazott nagy bit számú léptetőregisztereknél a fajlagos ár 0,5 Ft/bit alá csökkent. A véletlen hozzáférésű memóriáknál a fel-futás lassúbb. A számítógépek központi egységében való alkalmazás kérdése még nem dőlt el véglegesen, a nagy verseny a félvezető és a mágneses memória között még tart, de kimenetele aligha lehet kétséges. Ennek megfelelően a memóriák ára még viszonylag magas kb. 1,5 Ft/bit, s bár még így is jóval a mágneses memóriák ára alatt van, lényeges csökkenésére lehet számítani. Különösen nagy árcsökkenés várható, ha a számítógépipar háttérmemóriájaként jelennek majd meg a félvezetőmemóriák, amely irányban szintén komoly erőfeszítések történnek.

Bipoláris integrált áramkörök

A digitális MOS és bipoláris integrált áramkörök legnagyobb területét — a termelési érték szerint — a TTL rendszerű integrált áramkörök képezik; részesedésük 40–45%.

A bipoláris áramkörök legfőbb előnye a nagy sebesség, a nagy terhelhetőség és alacsony tápfeszültség-igény.

A TTL rendszerű áramkörök területén igen jelentős fejlesztési és gyártási növekedés tapasztalható különösen Schottky (S—TTL) és a kis teljesítményű Schottky (LS—TTL) sorozatú áramkörök tekintetében. Nagy sebességű alkalmazásoknál a gyártók szívesebben használják az igen kedvelt TTL rendszer Schottky-s változatát az ECL — emitter coupled logic — áramkörök helyett.

A normál és kis teljesítményű Schottky TTL áramkörök kidolgozása a TTL áramkörüi rendszer versenyképességét továbbra is biztosítja; nagy sebességű alkalmazásban az ECL rendszert, míg kis teljesítménykövetelmény esetében néhány MHz-es frekvenciatartományban a CMOS rendszer legjobb tulajdonságait közelíti meg.

Míg 1968-ban a TTL rendszerű áramkörök közül mindössze 4% volt MSI szintű, addig 1973-ban darabszám tekintetében 23%-ra változott ez az arány (ebből memória 1%). Termelési érték tekintetében 1968-ban 13%-os volt az MSI áramkörök részesedése és ez 1973-ban igen erősen megnövekedett; 16% a memóriák és 47% az egyéb MSI és LSI funkciók részesedése.

1975-re a digitális áramkörüi egységek 50%-a várhatóan MSI és LSI szintű lesz (a termelési érték kétharmada). Az MSI és LSI áramkörök jelentős előretörését lényegesen segítette új szerkezeti és technológiai megoldások kifejlesztése, melyek elsődleges célja az elemsűrűség növelése, a nagy működési sebesség és alacsony teljesítményfelvétel biztosítása volt, megfelelő kihozatali százalékok elérése mellett.

A legkülönbözőbb funkciójú, nagy komplexitású logikai áramkörök és különösen új memóriaáramkörök kidolgozására jelentős investíciók történtek anyagok, szerkezetek és technológiák fejlesztésére. A számítógép fejlesztők és rendszer tervezők egyre nagyobb és univerzálisabb számítógépeket terveznek, és memóriák területén is egyre nagyobb kapacitást igényelnek magas szintű műszaki követelményekkel.

Nem hanyagolható el a gazdaságossági követelmény sem; alacsony árszintű gyártástechnológiát kell kifejleszteni. Ezek a követelmények a maximális funkcionális sűrűség és nagy chipterületen a magas kihozatali százalék elérésében csúcsosodnak ki.

Az aktív memóriaáramkörök tervezői az 1–2 elem/bit szintet közelítik meg az utóbbi időben az eredeti 6 elemmel szemben. A hagyományos fotolitográfiai eljárást a korábbi 7–10 μm -os vonalszélességről 3–5 μm -ra csökkentették. Az elektronsugaras litográfia 1/2–1 μm -os megmunkálást tesz lehetővé. Mint látható az elemek méretében egy nagyságrendnyi javulás érhető el.

További lényeges kérdés a teljesítményfelvétel csökkentése. Az átlagosan jellemző 300 $\mu\text{W/bit}$ teljesítményt 10 $\mu\text{W/bit}$ alá kell csökkenteni.

Érdekes összevetni a hagyományos mágnesmagos és integrált áramkörüi memóriák jelenlegi helyzetét és perspektíváját (RAM memóriák összehasonlítása; lásd az 1. táblázatot).

A hagyományos p^+ diffúziós szigetelésű bipoláris integrált áramkörös szerkezettel maximálisan 256-bites RAM és 1024-bites ROM vagy hasonló bonyo-

1. táblázat

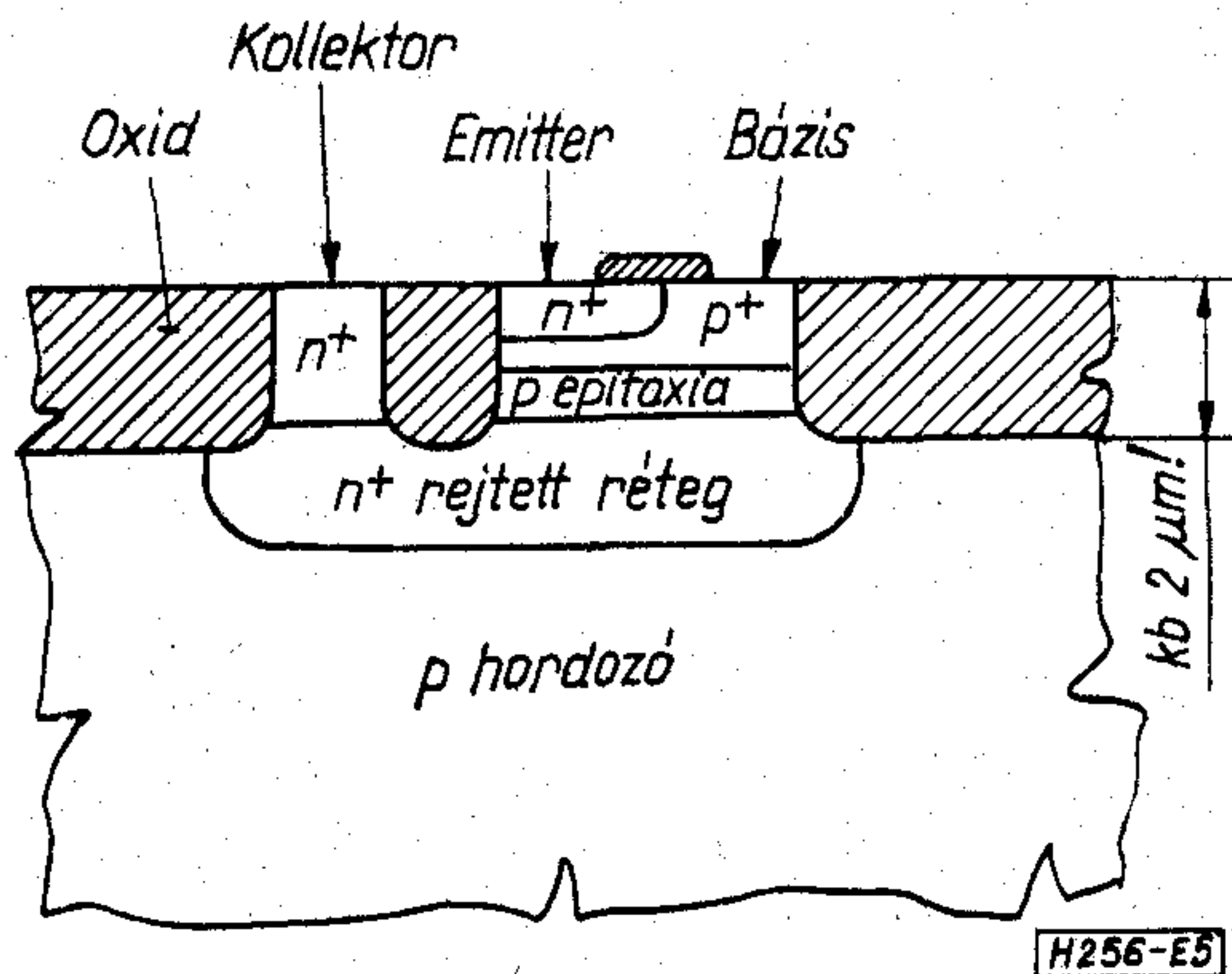
Megnevezés	Mágnes magos		Integrált áramkör	
	jelen	jövő	jelen	jövő
Elem/bit	1	1	4	1—2
Sűrűség bit/inch ²	3,10 ³	10 ⁴	5·10 ⁴	10 ⁶
Blokk vagy bit szám	1	1	10 ² —10 ³	2,10 ⁴
Teljesítmény/bit [μW]	100	50	3·10 ² — 10 ⁴	10
Árszint cent/bit	1	0,5	1—10	0,1

lultságú áramköröket célszerű előállítani. Nagyobb kapacitású memóriák esetében — a cellák számát növelve — csökkenteni kell az egy cella által felvehető teljesítményt és minél kisebb lesz ez a teljesítmény, annál tovább tart a cellák áttöltése, vagyis nő a hozzáférési idő, csökken a sebesség. A hagyományos szerkezettel készülő 1024-bites aktív memória hozzáférési ideje 150 ns lenne, Schottky-diódák beépítésével ezt 100 ns-ra tudnánk csökkenteni, azonban a felhasználók 50 ns alatti hozzáférési idejű, nagy kapacitású memóriákat igényelnek.

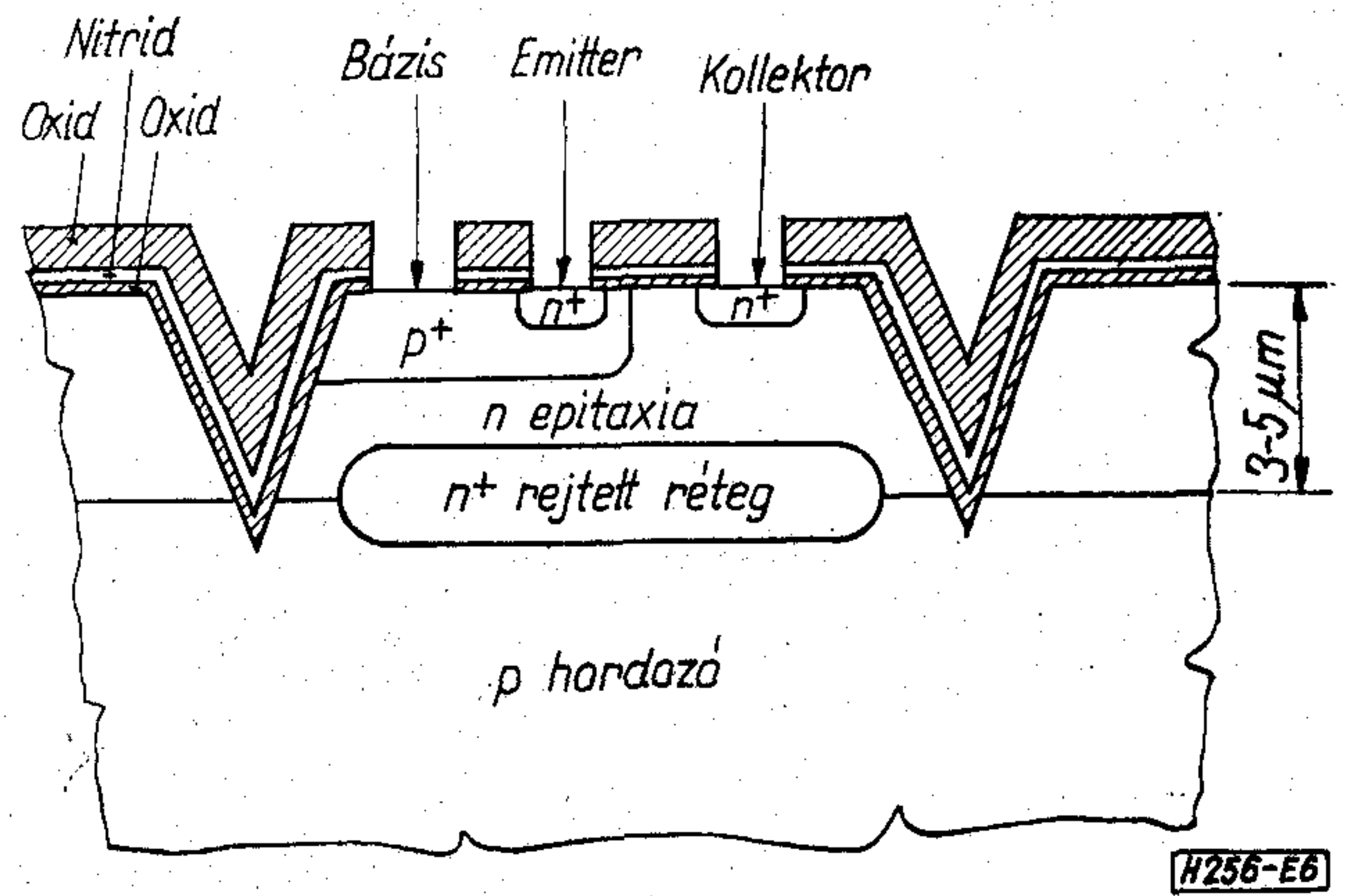
A kutatók és fejlesztők célja 1970-től kezdve a bipoláris áramkörök elemsűrűségének növelése volt. Főleg memória áramkörök területén kívánták elérni a MOS szerkezet és technológia nyújtotta magas elemsűrűséget, természetesen megőrizve a bipoláris eszközök biztosította nagyobb sebességet.

Bipoláris memóriák területén az elemsűrűség, illetve a kapacitás növelését új szigetelési technikák kidolgozásával valósították meg.

Az isoplanár oxid szigetelésű szerkezetet (ISO) — isoplanar oxide-isolation — a Fairchild cég dolgozta ki és először 1971-ben publikálta. Az isoplanár technológia lényege, hogy laterális irányban a hagyományos p⁺ diffúziós szigetelés helyett oxid szigetelést használ igen vékony epitaxiális réteg alkalmazása mellett (5. ábra). Az isoplanár szerkezettel az elemek mérete és a parazita kapacitások jelentősen csökkennek, ezáltal nő az elemsűrűség és javulnak a dinamikus jellemzők.



5. ábra. Isoplanár technológiával kialakított tranzisztor szerkezete



6. ábra. V-ATE eljárással kialakított tranzisztor szerkezete

A Fairchild cég 1973-ban publikálta az isoplanár eljárás továbbfejlesztett változatát (ISO—II), ahol már az emitter diffúziót is oxidréteg határolja két vagy három oldalról. Ezáltal tovább csökkentették a tranzisztorok bázisterületét és a parazita kapacitásokat, azaz tovább növelték az elemsűrűséget és a működési sebességet.

Az ISO—I eljárással 40%-os, míg az ISO—II technológiával 70%-os helymegtakarítást értek el a hagyományos planár technológiával szemben.

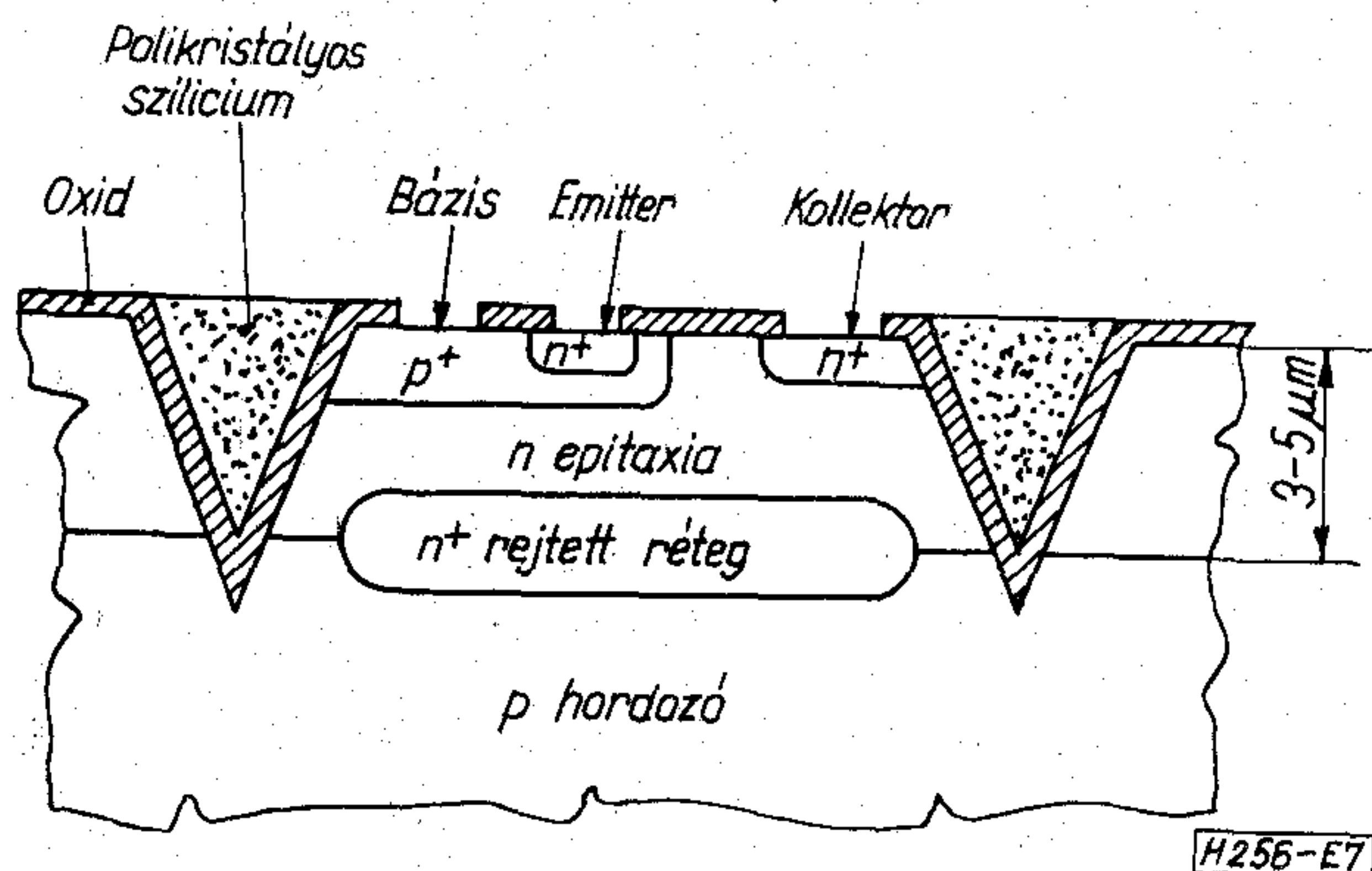
Az isoplanár eljárás előnyei:

- az oxidszigetelés és vékony epitaxiális réteg következtében jelentősen megnő az elemsűrűség;
- igen erősen csökkennek a parazita kapacitások, így jelentős sebességnövekedés érhető el;
- a technológia kevésbé érzékeny az oxid lyukakra és egyéb hibákra az oxidszigetelés következtében. (Az isoplanár technológiával az LSI áramkörök és memóriák kihozatalát kétszerezére lehet növelni a hagyományos planár technológiához képest).

A vertikális anizotróp marású szigetelési eljárást (V—ATE) — vertical anisotropic etch — a Raytheon cég dolgozta ki. Az eljárás lényege, hogy laterális irányban a hagyományos p⁺ diffúziós szigetelés helyett egy vertikális irányú szelektív marást és oxid-nitrid-oxid szigetelést használnak (6. ábra).

A V—ATE technika kétszeres elemsűrűséget biztosít a hagyományos eljáráshoz képest és jelentős sebességnövekedést. A V—ATE eljárás előnyei mellett feltétlenül megemlítendő, hogy a nagy oxidlépcsők miatt jól kidolgozott, speciális fémezés szükséges a jó kihozatal biztosítása érdekében.

A V alakú polikristályos szigetelési eljárást (VIP) — vee-shaped isolation filled with polycrystalline silicon — a Motorola cég fejlesztette ki. A VIP technológia a Raytheon cég V—ATE eljárásának továbbfejlesztett változata, amennyiben az anizotróp marás után keletkezett V alakú vágatot polikristályos szilíciummal tölti ki. Hasonló továbbfejlesztés a Harris cég POLYPLANÁR eljárása. A polikristályos szilícium növesztése során az aktív felületet oxid- és nitridréteg védi (VIP eljárás) vagy csak oxidréteg (polyplanár eljárás), majd növesztés után a szelet



7. ábra. VIP vagy polyplanár technológiával kialakított tranzistor szerkezete

felületét polírozni kell (7. ábra). A V—ATE eljárás-hoz képest a szigetelés bonyolultabbá vált a VIP és polyplanár technikában, azonban a felület planár maradt és így lényegesen egyszerűbb a fémzés.

Meg kell állapítani, hogy a hagyományos, záróirányban előfeszített p—n átmenetes „aktív” szigetelési technikával szemben

az újonnan kidolgozott „passzív” szigetelési eljárások a nagy kapacitású bipoláris memóriák és nagy sűrűségű LSI digitális áramkörök perspektivikus és legjobb technológiai irányzatai.

A következőkben a bipoláris memóriaáramkörök legkorszerűbb típusait ismertetjük.

A fix memóriák területén elmondható, hogy legnagyobb fejlődés az elektromosan programozható memóriáknál van. A Harris cég előrejelzése szerint 1975-ben a fix memóriák 75%-a PROM — programable read only memory — lesz. Gyártásban levő legkorszerűbb bipoláris PROM a 2048-bites (512×4 bit szervezésű) memória (Harris, Intersil, Monolithic Memories). Hozzáférési idő 40—50 ns, teljesítményfelvétel 0,2—0,25 mW/bit. 1973. év végére a fenti cégek kifejlesztik a 4096-bites PROM memóriaáramköröket.

A technológiai folyamat során maszk-programozott bipoláris fix memóriák csúcstípusait a Monolithic Memories Inc. dolgozta kis és gyártja. Az MM 6280 típusú 8192 bites (1024×8 bit szervezésű) ROM hozzáférési ideje 100 ns, teljesítményfelvétele 60 μ W/bit és ára 74 dollár (0,9 cent/bit). A 9 kbites MM 6260 típusú bipoláris ROM 1024×9 bit szerve-

2. táblázat

Típus	256×1		1024×1	
	93410	95410	93415	95415
Rendszer	TTL	ECL	TTL	ECL
Hozzáférési idő	35 nsec	25 nsec	60 nsec	45 nsec
Teljesítmény/bit	2 mW	2 mW	0,5 mW	0,5 mW
Ár/tok	40 \$	50 \$	87 \$	95 \$
Ár/bit	15 cent	19 cent	8,5 cent	9,3 cent

zésű, hozzáférési ideje 120 ns, teljesítményfelvétele 50 μ W/bit, ára 65 dollár (0,7 cent/bit).

Az aktív bipoláris RAM memóriák területén gyártásszinten a Fairchild cég jár az élen.

Az isoplanár eljárással kidolgozott 256-bites ECL és TTL rendszerű aktív memóriák után kidolgozta már az 1024-bites RAM áramköröket is.

Igen figyelemre méltó az IBM-nél kidolgozott injekciós csatolású memóriarendszer, ahol a cellában elhagyták a kollektorköri ellenállást, az n-p-n flip-flop tranzisztorokhoz aktív p-n-p terhelő tranzisztort integráltak; a memóriacella n-p-n tranzisztorainak emitterét a meghajtó vonalakról közvetlenül lehet vezérelni. Oxid szigetelési eljárással a RAM cella területe 1,1 mil²-re csökkenthető ($30 \times 35 \mu\text{m}^2$). Ez a cellaméret a legoptimistább MOS memóriatervezők előrejelzésénél is kisebb. Lehetővé válik 8000—16 000 bit kapacitású bipoláris aktív memóriák megvalósítása egyetlen chipen. Az IBM-nél fejlesztés alatt van egy 8192 bites aktív bipoláris memóriaáramkör, amelynek hozzáférési ideje 50 ns, készenléti teljesítményfelvétele kisebb 0,1 μ W/bit. A chipen a perifériális áramkörök is integrálva vannak és a chip mérete $4,06 \times 4,32 \text{ mm}^2$.

Az ismertett nagy kapacitású bipoláris memóriaáramkörök fejlesztése, kidolgozása és gyártása az áramkörtechnikai, szerkezeti és technológiai megoldások legkorszerűbb szintjét igénylik; a korszerű technológiai berendezések, eljárások, nagy tisztaságú környezet és korszerű mérés-technika, ellenőrzési rendszer elengedhetetlen követelmények.

A bipoláris digitális áramkörök rendszer szerinti százalékos megoszlása a termelési értéket figyelembe véve a 3. táblázat szerint alakult 1967 és 1973 között.

3. táblázat

	1967 %	1973 %
TTL	22	67
ECL	10	10
DTL	43	17
RTL és egyéb	25	6
Összesen	100	100

Mint a táblázatból látható a TTL rendszer mellett a DTL és ECL rendszerű integrált áramkörök lényegesen kisebb részarányt képviselnek.

A DTL-el kapcsolatban elmondható, hogy a tegnap rendszere volt és az RTL után ezen áramkörök felhasználása is egyre jelentéktelenebb mértékű.

A leggyorsabb ECL logikai rendszer az elmúlt 6—7 évben is megőrizte 10%-os piaci részesedését. 1971-ben jelent meg a Motorola a legkorszerűbb MECL 10 000-es sorozatával és a következő évben már olyan jelentős cégek is gyártásba vették, mint a Fairchild, National, Signetics és a Texas.

Távlatilag az ECL rendszer igen perspektivikus nagy gyorsasága miatt. A következő generációs gyors és nagy számítógépekben alkalmazásuk jelentősen megnövekszik 1975—1976 körül. Jelenleg az ECL

rendszert előnyösen használják RAM áramkörök előállítására, főleg nagyon gyors scratch-pad típusú alkalmazásra.

Digitális áramkörök területén feltétlenül megemlítendő még, hogy a Texas kis teljesítményigényű bipoláris elektronikus óraáramkört fejleszt, mellyel a CMOS óraáramkörök piacának egy részét kívánja megszerezni.

A bipoláris áramkörök másik nagy területe a lineáris integrált áramkörök. Ezen belül a legnagyobb fejlődés az autótechnikai áramkörök területén tapasztalható. 1973. évi 15%-os részesedésüket 1974-re 25%-ra becsülik a lineáris áramkörök piacán. Irodalmi közlések alapján a következő funkciók ellátására alkalmas áramkörök kerültek fejlesztésre és gyártásra; gyújtásszabályozó és -ellenőrző, feszültségszabályozó, belső hőfokszabályozó, fékszabályozó, fordulatszám-mérő, sebességmérő és mérőföldszámláló, valamint biztonsági áramkör az autó nem kívánt indításának megakadályozására.

A közhasználatú szórakoztató lineáris integrált áramkörök szintén jelentős fejlődést mutatnak. Nagy számban jelentek meg rádió- és tv-technikai áramkörök, és ezen a területen a fejlődés ma is folyamatos. Az előrejelzések szerint néhány éven belül a tv-készülékek 80–90%-ban integrált áramkörös felépítésűek lesznek. Ugyanez várható video felvevő, lejátszó és hangerősítő rendszerek tekintetében is.

A rádiókészülékekben integrálták a középfrekvenciás erősítő, a demodulátor és hangerősítő fokozatot. Tv-készülékeknél a középfrekvenciás fokozattól kezdve minden funkció ellátása integrált áramkörrel történhet.

Az integrált áramköri funkciók bemutatását a következő csoportosításban végezzük:

- rádió- és középfrekvenciás erősítők,
- demodulátor áramkörök,
- tv-képtechnikai áramkörök,
- hangfrekvenciás erősítők.

Mind rádiófrekvenciás, mind középfrekvenciás célra alkalmas a Fairchild μA 703 típusú áramköre, amely 150 MHz-ig használható. Ilyen áramkör még pl. a National LM 171 típusa. Középfrekvenciás erősítők sokkal nagyobb választékban kaphatók: Siemens TBA 120 típusai, Philips TBA 420, 480, 570, 690 és 700 típusai, a National 172, 273, 274 és 3071 típusai, valamint Fairchild μA 754 típusa.

Az AM/FM demodulátorok legtöbbször össze vannak integrálva a középfrekvenciás erősítővel, mint például a Siemens TBA 120 típusai és a National LM 273 és 274 típusa.

A fáziszárt hurkos (PLL) FM demodulátorok jellemző példái: Signetics NE 560–567, Fairchild μA 780 és a National LM 565 típusai. Az FM sztereo demodulátorok közül a legismertebbek: Fairchild μA 729, 732, 767, a Philips TCA 290A és a National LM 1800 típusai.

Igen sok tv szín demodulátor áramkör kapható: Philips TAA 630 S, 500, 510, 520, 530, 540, 560, Fairchild μA 786, National LM 746, 3067, ITT TBA 500, 510, 520, 530.

A Secam rendszerű szín demodulátor fejlesztését az NDK kezdte meg.

64 μs -os sorkésleltető áramkört készített az ITT (TCA 360) Secam rendszerű tv-készülékekhez.

A tv-képtechnikai áramkörök területén sor oszcillátor és szinkronizáló áramkörök a Fairchild μA 785 és a Philips TBA 550, 720, 890, 900 típusai.

Legismertebb hangfrekvenciás erősítők az Ates TBA 810, TCA 940, a National LM 380, a Philips TBA 915, TCA 210 típusai.

A hangerősítő áramköröknél az utóbbi időben a különleges, hűtőbordával ellátott tokozású áramkörök jelentek meg egyre nagyobb kimenőteljesítménnyel. Így a fenti példában szereplő TCA 940 típusú áramkör 10 W kimenőteljesítményű.

Az ipari felhasználású lineáris integrált áramkörök területén különös fejlődés nem várható, mivel a lineáris áramkörök fejlesztésének kezdeti szakaszában nagyjából ezeket az áramköröket dolgozták ki.

Már néhány évvel ezelőtt a műveleti erősítők, komparátorok, analóg számítástechnikai áramkörök és feszültségstabilizátorok széles választékát alakították ki.

Megoldatlan területnek látszik még a nagyfrekvenciás műveleti erősítők előállítása. Irodalmi utalás található arra, hogy nagy sebességű műveleti erősítők előállítására a Bell Laboratóriumban ionimplantációs technológiát alkalmaznak. A legutóbbi időben a műveleti erősítő és komparátor négyesek jelentek meg. Ez a megoldás a funkcionális egységre vetített árat jelentősen csökkenti.

A bipoláris integrált áramkörök területén megemlítendő még az interface áramkörök. Kialakulásukat a számítástechnika fejlődése és a különböző logikai rendszerek kialakulása tette szükségessé. A számítógép perifériális egységeivel a kapcsolatot interface áramkörök segítségével tartja. Ilyen áramkörök pl. a kábel adó és vevő, memória meghajtó és olvasó, valamint periféria meghajtó áramkörök. Kifejlesztésre kerültek olyan áramkörök, melyek a különböző logikai rendszerek közötti jelátalakítást végeznek.

A jövőben várhatóan az interface áramkörök egy része megszűnik, mivel funkciójukat más úton váltják. Így például ferrit memória meghajtó és olvasó áramkörökre nem lesz szükség a számítógépekben, ha a ferritgyűrűs memóriákat félvezető alapú memóriák váltják fel. Általánosan elmondható, hogy az interface áramkörök fejlődését nem önmaguk határozzák meg, hanem a különböző logikai rendszerek és perifériális egységek fejlődése.

A hazai félvezető alapú integrált áramkörök kutatása a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben koncentrálódott.

A műszaki fejlesztés jelenlegi alapvető feladata a hagyományos integrált áramköri technológia olyan szintre való fejlesztése, amely alkalmas a közepes és nagybonyolultságú integrált áramkörök megvalósítására.

A gyakorlati alkalmazás szempontjából, a kidolgozás alatt levő típusok a hazai számítástechnikai program és a legfontosabb elektronikai területek különleges igényeinek részbeni kielégítését tűzi ki célul.

MOS áramkörök, illetve technológiák területén a TTL kompatibilis szilícium-gate technológia stabilizálása és üzemeltetése az elsődleges cél, melynek alapján lehetőség van hosszú léptető tárolók, nagy kapa-

citású fix és aktív memóriák előállítására. A műszaki haladás érdekében távlati terveinkben szerepel az ionimplantációs műveletet is igénylő DMOS és CMOS integrált áramköri technológiák kidolgozása, hogy a számítástechnikai fejlesztés távlati feladatához kidolgozhassuk a nagy elemsűrűségű (LSI) áramkörök, illetve a ferrittáracat kiváltó félvezető alapú memóriák megfelelő típusait. Felkészülünk az egyedi kívánságoknak megfelelő felhasználói tervezésű (custom design) áramköri igények gazdaságos kielégítésére.

Bipoláris áramkörök, illetve technológiák területén az alaptechnológiák korszerűsítése és a számítástechnikai program megvalósításához szükséges áramkör típusok fejlesztése és kísérleti gyártása az elsődleges cél. Távlati terveinkben szerepel a Schottky-diódás TTL áramkörök technológiájának kidolgozása nagy sebességű MSI áramkörök és memóriák fejlesztésére.

A különlegesen nagy kapacitású és gyors bipoláris félvezető alapú memóriák előállítására kidolgozzuk az isoplanár technológiát, hogy a számítástechnikai fejlesztés távlati feladataihoz biztosítsuk a gyors memória típusokat.

A korszerű ipari és közfogyasztású lineáris integrált áramkörök fejlesztésével is foglalkozunk. Célunk, hogy az ipari analóg áramkörök (interface áramkör-család, műveleti erősítők, stabilizátorok) mellett a legfontosabb közfogyasztási célú lineáris áramkör-típusokat is kifejlesszük és előkészítsük azok kísérleti gyártását, hogy kellő időben legyenek kielégíthetők a hazai közfogyasztási elektronikai készülékgyártás igényei.

A félvezető alapú integrált áramkörök kutatásának és fejlesztésének eredményessége megbonthatatlan kapcsolatban van a korszerű gyártó és ellenőrző, mérőberendezések színvonalával, a technológiai műveletek fejlődésével és természetesen a tisztasági követelmények biztosításával.

A nagy megbízhatósággal kezben tartott, homogén és reprodukálható korszerű technológiai műveletek sorozata biztosíthatja csak az áramköri elemek, a nagy kapacitású memória, valamint LSI szintű áramkörök — általában a félvezető alapú integrált áramkörök — magas követelményű nagy megbízhatóságú működését, az áramkörök megfelelő kihozatalának biztosítását és nem utolsósorban a gazdaságos gyártást.

I R O D A L O M

- [1] E. J. Boliky: MOS Travels in Fast Bipolar Crowd. Electronics, July 20. 1970. pp. 82—85.
- [2] L. Curran: LSI Starts to Go Standard. Electronics, Oct. 26. 1970. pp. 119—120.

- [3] G. F. Watson: LSI and Systems, The changing Interface. Electronic, March 31. 1969. pp. 78—85.
- [4] D. Peltzer: Isolation Method Shrinks Bipolar Cells For Fast, Dense Memories. Electronics, Marc., 1971. pp. 53—55.
- [5] Szerző nélkül. Bipolar Memory Cells Strike Back in War with MOS. Electronics, March 1. 1971. p. 19.
- [6] Szerző nélkül. Bipolar Process Promises RAMs with MOS Density. Electronics, June 7., 1971.
- [7] J. A. DeFalco: Coming Up Fast From Behind-Denser Bipolar Devices. Electronics, July 19., 1971.
- [8] H. Schmid: Making LSI Circuits: A Comparison of Processing Techniques. IEEE Trans. on Manufacturing Technology. Vol. MFT-1. Dec. 1972. pp. 19—31.
- [9] S. K. Wiedmann: Superintegrated memory shares functions diffused islands. Electronics, February 14. 1972. pp. 83—89.
- [10] L. Altman: Semiconductor RAMs land computer main-frame jobs. Electronics, August 28. 1972. pp. 63—77.
- [11] D. A. Hodges: Large-Capacity Semiconductor Memory. Proc. of the IEEE. Vol. 56. No. 7. July 1968. pp. 1148—1161.
- [12] R. H. Collins: Silicon Process Technology for Monolithic Memory. IBM. J. RES. DEVELOP. January 1972. pp. 2—10.
- [13] Szerző nélkül. C-MOS moves in fast on TTL territory. Electronics, October 9. 1972. pp. 127—128.
- [14] T. E. Miles: Schotky TTL vs ECL for High Speed Logic. Computer Design. October 1972. pp. 79—86.
- [15] B. Kurz: Improved Schottky Clamped (T²L) Circuits. IEEE. J. Solid State Circuits, Vol. SC—7. No. 2. april 1972. pp. 175—179.
- [16] R. Henkel: Isoplanar process stirs IC houses. Electronics, March 29. 1971. pp. 79—80.
- [17] Szerző nélkül. Fairchild advances bipolar technology. Electronics, February 15. 1973. pp. 42—42.
- [18] W. D. Baker: Oxide isolation brings high density to production bipolar memories. Electronics, March 29., 1973. pp. 65—70.
- [19] Szerző nélkül. VIP for bipolars: dielectric isolation Electronics, July 3, 1972. pp. 39—40.
- [20] J. Mudge: V-ATE memory scores a new high in combining speed and bit density. Electronics, July 17. 1972. pp. 37—42.
- [21] T. Mitchell: A Bipolar Control Storage Memory — Design Consideration and Test Problems. Solid-State Technology. March 1973. pp. 41—44.
- [22] M. M. Schlacter: Some Reliability Considerations Pertaining to LSI Technology. IEEE J. of Solid-State Circuits, Vol. SC—6. No. 5. October 1971. pp. 327—334.
- [23] Szerző nélkül. Bipolar ROMs offer 8192 bits of storage Electronics, March 29. 1972. p. 111.
- [24] K. Hart: Integrated Injection Logic: A New Approach to LSI. IEEE J. of Solid-State Circuits. Vol. SC—7. No. 5. October 1972. pp. 346—351.
- [25] Szerző nélkül. Super-dense memories made of IBM's labs. Electronics, Marc 1. 1973. pp. 38—40.
- [26] J. P. Murphy: Enhancing an LSI computer to handle decimal data. Electronics, March 1. 1973. pp. 77—82.
- [27] H. Wolff: 4096-bit RAMs are on the doorstep. Electronics, April 2. 1973. pp. 75—77.
- [28] T. J. Sanders: Polysilicon-filled notch produces flat, well-isolated bipolar memory. Electronics, April 2. 1973, pp. 117—120.
- [29] Szerző nélkül. N-channel ROM stores 8192 bits. Electronics, May 10. 1973. p. 135.
- [30] Szerző nélkül. IBM big memories. Electronics, February 14. 1972. p. 83.

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.395.34:621.395.74

Koperniczky K.—Dr. Lajtha Gy.:

A rendszerváltozás gazdasági feltételei távbeszélő hálózatokban

HÍRADÁSTECHNIKA XXV. (1974) 1. sz.

Közismert tény, hogy a távbeszélő hálózatokban alkalmazott berendezések rendszerváltozása különösen sok gondot és hosszú időt jelent. A felhasználó postaigazgatások az új technikával szemben „konzervatívak”, s ennek gazdasági háttere van. Ez a háttér a meglevő technikával készült berendezések nagy tömege, mely az új szolgáltatások kielégítésére közvetlenül nem alkalmas és így elkerülhetetlenül illesztési problémákat vet fel. Az illesztés olyan többletköltséget jelent, mely homogén rendszerben nem lép fel. Ez a többletköltség a hálózat jelen értékét növeli. A szerzők a cikkben vizsgálják, hogy milyen állapotviszonyok mellett vannak biztosítva a rendszerváltozás feltételei, illetve az SD, FD és TD berendezések együttes alkalmazása milyen hálózati struktúráknál ad minimális beruházási értéket. A vizsgálatok eredményei alapján igyekeznek megállapítani a TD berendezések hazai alkalmazásának feltételeit.

ETO 621.3.029.6—111:621.372.821:621.373.51

Dr. Bercei T.—Gábor Gy.—Hammer G.—Markó Sz.—Dr. Reiter Gy.:

Mikrohullámú integrált áramkörök

HÍRADÁSTECHNIKA XXV. (1974) 1. sz.

A cikkben először a mikroszalag-tápvonalak tulajdonságaival foglalkozunk, majd áttekintést adunk kísérleti áramköreinkről és technológiai eljárásainkról. A továbbiakban a kidolgozott Gunn-oszcillátorok, vevőkeverők, sáváteresztő szűrők, YIG szűrők, ferrites csirkulátorok és izolátorok, illesztett lezárók, szélessávú iránycsatolók és hibridek kerülnek részletes ismertetésre. Az elért eredmények szerint a mikrohullámú integrált áramkörök jól alkalmazhatók és ezáltal a berendezések mérete számottevően csökkenthető.

ETO 621.3.049.7—111:621.382.049.7—111:681.325.65

Dr. Erdélyi J.—Ugray L.—Fejes L.—Dr. Kovács F.:

Félvezető alapú integrált áramkörök fejlődési irányai

HÍRADÁSTECHNIKA XXV. (1974) 1. sz.

A szerzők röviden összefoglalják a félvezető alapú integrált áramkörök területén várható fejlődési irányokat. A MOS és a bipoláris integrált áramkörök új szerkezeti és technológiai megoldásai mellett ismertetik a nagy elemsűrűségű digitális áramkörök, főleg a memóriák területén tapasztalható fejlesztési eredményeket és a közhasználatú berendezések (szórakoztató- és autópálya) integrált áramköreinek fejlődését. Végül felvázolják a hazai félvezető alapú integrált áramkörök kutatásának és fejlesztésének perspektivikus terveit.

Zusammenfassungen

DK 621.395.34:621.395.74

Koperniczky, K.—Dr. Lajtha, Gy.:

Ökonomische Bedingungen der Systemänderungen in dem Fernsprechnetzen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) Nr 1.

Es ist allgemein bekannt, dass die Systemänderung der in den Fernsprechnetzen angewendeten Einrichtungen besonders viele Sorgen und eine lange Zeitdauer bedeutet. Die Verbraucher Postverwaltungen sind gegenüber der neuen Technik „konservativ“ und das hat einen wirtschaftlichen Hintergrund. Dieser Hintergrund ist die grosse Menge der mit dieser Technik erzeugten Einrichtungen, die zur Befriedigung der neuen Dienstleistungen unmittelbar nicht geeignet ist und so unvermeidlich Anpassungsprobleme anregt. Die Anpassung bedeutet solche Mehrausgaben, die in einem homogenen System nicht auftreten. Diese Mehrausgabe erhöht den gegenwärtigen Wert des Netzes. In dem Aufsatz untersuchen die Verfasser, unter welchen Zustandsverhältnissen die Bedingungen der Systemänderungen gesichert sind, bzw. bei welcher Netzstruktur die gemeinsame Anwendung der SD, FD und TD Einrichtungen einen minimalen Investitionswert darstellen. Die Verfasser sind bestrebt festzustellen, welchen Sinn die Bedingungen — auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung — der Anwendung der TD Einrichtungen in Ungarn haben.

Обобщения

ДК 621.395.34:621.395.74

Коперницки, К.—Д-р Лайта, Г.:

Экономические условия проектирования систем в телефонных сетях

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXV. (1974) № 1

Общеизвестно, что изменение системы аппаратуры, примененной в телефонных сетях вызывает особенно много забот и требует долгого времени. Применяющие управления связи являются «консервативными» против новой техники и это имеет экономическую причину. Эта причина — масса оборудования, изготовленного устарелой техникой, не пригодного непосредственно к удовлетворению новых услуг и, таким образом, вызывающих проблемы согласования. Согласование значит такие добавочные затраты, которые не возникают в однородной системе. Эти добавочные затраты увеличивают настоящую стоимость сети. Авторы в статье рассматривают, при каком состоянии обеспечиваются условия изменения системы, а именно, совместным применением оборудования объемного, частного и временного уплотнения, какая структура сети дает минимальную стоимость капиталовложения. На основе результатов испытаний авторы стараются определить условия применения аппаратуры временного уплотнения в Венгрии.

ДК 621.3.029.6—111:621.372.821:621.373.51

Д-р Берцели, Т.—Габор, Г.—Хаммер, Г.—Марко, С.—Д-р Рейтер, Г.:

Микроволновые интегральные схемы

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXV. (1974) № 1

Статья, в первую очередь, рассматривает свойства микроволновых полосовых фидеров, потом дает обзор по нашим опытным цепям и технологическим методам. В дальнейшем подробно излагаются осцилляторы Ганна, приемные смесители, полосовые фильтры, фильтры YIG, ферритовые циркуляторы, согласованные нагрузки, широкополосные направленные ответвители и гибридные схемы. Полученные результаты показывают, что микроволновые интегральные схемы хорошо применяются и таким образом габариты аппаратуры значительно уменьшаются.

ДК 621.3.049.7—111:621.382.049.7—111:681.325.65

Д-р Эрдели, И.—Уграи, Л.—Фейеш, Л.—Д-р Ковач, Ф.:

Направления развития интегральных схем на полупроводниковой подложке

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXV. (1974) № 1

Автора кратко обобщают ожидаемые направления развития в области интегральных схем на полупроводниковой подложке. Кроме новых конструктивных и технологических решений интегральных схем МОП и биполярного типа рассматриваются цифровые схемы высокой плотности элементов, главным образом результаты разработок в области памяти и устройств широкого потребления (развлекательная и автомобильная промышленность). Наконец излагаются перспективные планы исследований и разработок в Венгрии интегральных схем на полупроводниковой подложке.

Summaries

UDC 621.395.34:621.395.74

Koperniczky, K.—Dr. Lajtha, Gy.:

Economic Conditions of the Change of System of Telephone Networks

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) No 1.

It is a well known fact, that the change of system of the equipments applied in telephone networks means a lot of trouble and takes a long time. Concerning new techniques the customer Postal Administrations are rather conservative. This conservatism has an economic background. This background is the large mass of equipments made with the technique on hand which is directly not suitable to meet the requirements of the new services and thus causes unavoidable matching problems. Matching means such an additional cost which does not appear in homogeneous systems. This additional cost increases the present value of the network. The authors examine in the paper the conditions under which the conditions of the change of system are assured and at which network structure the simultaneous application of SD, FD and TD equipment gives the minimum investment value. On the basis of the results of examination an effort is made to state the conditions of the home use of the TD equipments.

DK 621.3.029.6—111:621.372.821:621.373.51

Dr. Berceli, T.—Gábor, Gy.—Hammer, G.—Markó, Sz.—Dr. Reiter, Gy.:

Integrierte Schaltungen für Mikrowellen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) Nr 1.

Der Artikel befasst sich zuerst mit den Eigenschaften der Mikrostreifen-Speiseleitungen, ferner wird ein Überblick über unsere experimentelle Schaltungen und technologische Verfahren gegeben. Im Folgenden werden eingehend die ausgearbeiteten Gunn-Oszillatoren, Empfangsmischer, Bandfilter, YIG-Filter, Ferritzirkulatoren und -Isolatoren, angepasste Abschlüsse, Breitbandrichtkoppler und Hybriden, erörtert. Gemäss den errungenen Ergebnissen sind die integrierten Schaltungen bei Mikrowellen gut anwendbar und dadurch können die Abmessungen der Einrichtungen bedeutend vermindert werden.

DK 621.3.049.7—111:621.382.049.7—111:681.325.65

Dr. Erdélyi, J.—Ugray, L.—Fejes, L.—Dr. Kovács, F.:

Entwicklungstendenzen der Integrierten Schaltungen vom Halbleitertyp

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) Nr 1.

Der Verfasser fasst kurz zusammen die voraussichtlichen Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der integrierten Schaltungen vom Halbleitertyp. Neben den neuen strukturellen und technologischen Lösungen der MOS und bipolaren integrierten Schaltungen erörtern die Verfasser vorzüglich auf dem Gebiet der Memorien erfahrene Entwicklungsergebnisse und die Entwicklung der integrierten Schaltungen in den Haushaltgeräten (Unterhaltungs- und Autosektor). Zuletzt beschreiben sie die perspektivische Pläne der Forschung und Entwicklung der ungarischen integrierten Schaltungen vom Halbleitertyp.

UDC 621.3.029.6—111:621.372.821:621.373.51

Dr. Berceli, T.—Gábor, Gy.—Hammer, G.—Markó, Sz.—Dr. Reiter, Gy.:

Microwave Integrated Circuits

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) No 1.

In this paper we first discuss the properties of microstrip transmission lines, then we give a review of our experimental circuits and technological processes. Further a detailed description is given of the Gunn-oscillators, receiver mixers, bandpass filters, YIG filters, ferrite-circulators and isolators, matched terminations, wide-band directional couplers and hybrids developed by us. According to the results obtained the microwave integrated circuits are well applicable and by their use the dimensions of the equipments can be materially reduced.

UDC 621.3.049.7—111:621.382.049.7—111:681.325.65

Dr. Erdélyi, J.—Ugray, L.—Fejes, L.—Dr. Kovács, F.:

Development Trends of Semiconductor Type (Monolithic) Integrated Circuits

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) No 1.

The author briefly summarizes the development trends in the field of monolithic integrated circuits. Besides the MOS and bipolar integrated circuits also new structural and technological solutions are presented as a result of the development progresses in the domain of high element-density digital circuits, (especially of memories) and of the development results, which have been applied for goods of general use (consumer goods and automotive industry). Finally an outline is given of envisaged plans of the monolithic type integrated circuit research and development in this country.

Résumés

CDU 621.395.34:621.395.74

Koperniczky, K.—Dr. Lajtha, G.:

Conditions économiques de la change de système dans réseaux téléphoniques

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) No 1.

Il est un fait bien connu, que la change du système dans les réseaux téléphoniques donne surtout beaucoup de soucis et exige long temps. Les administrations PTT utilisant ces réseaux sont »conservatrices« contre la nouvelle technique et cette attitude a une cause économique. Cette cause est la grande masse des équipements existants matérialisant la vieille technique, qui ne sont pas aptes à satisfaire directement les nouveaux services et tellement soulèvent des problèmes de compatibilité. L'adaptation constitue telles dépenses additionnelles, lesquelles n'existent pas dans des systèmes homogènes. Ces dépenses additionnelles augmentent la valeur présente du réseau. Les auteurs examinent, quelles sont les conditions d'état pour assurer la change du système, et ensuite quelle est la structure de réseau donnant une valeur minimum d'investissement, en utilisant des équipements à division d'espace, à division de fréquence et à division de temps simultanément. Basé sur les résultats des examens les auteurs tentent de déterminer les conditions de l'application des équipements à division de temps en Hongrie.

CDU 621.3.029.6—111:621.372.821:621.373.51

Dr. Berceli, T.—Gábor, Gy.—Hammer, G.—Markó, Sz.—Dr. Reiter, Gy.:

Circuits intégrés pour microondes

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) No 1.

L'article examine d'abord les propriétés des lignes à bande pour microondes, ensuite donne une revue des circuits expérimentaux et

méthodes technologiques utilisés en Hongrie. La partie suivante expose en détail les oscillateurs Gunn, les mélangeurs pour récepteurs, les filtres passe-bande, les filtres YIG, les circulateurs et les isolateurs à ferrite, les extrémités non-réfléchissantes, les détecteurs directionnels de mesures et les hybrides, développés en Hongrie. Les résultats obtenus démontrent que les circuits intégrés à microondes peuvent être bien utilisés et par conséquent les dimensions des équipements peuvent être considérablement réduites.

CDU 621.3.049.7—111:621.382.049.7—111:681.325.65

Dr. Erdélyi, J.—Ugray, L.—Fejes, L.—Dr. Kovács, F.:

Tendances de développement des circuits intégrés à substratum semiconducteur

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXV. (1974) No 1.

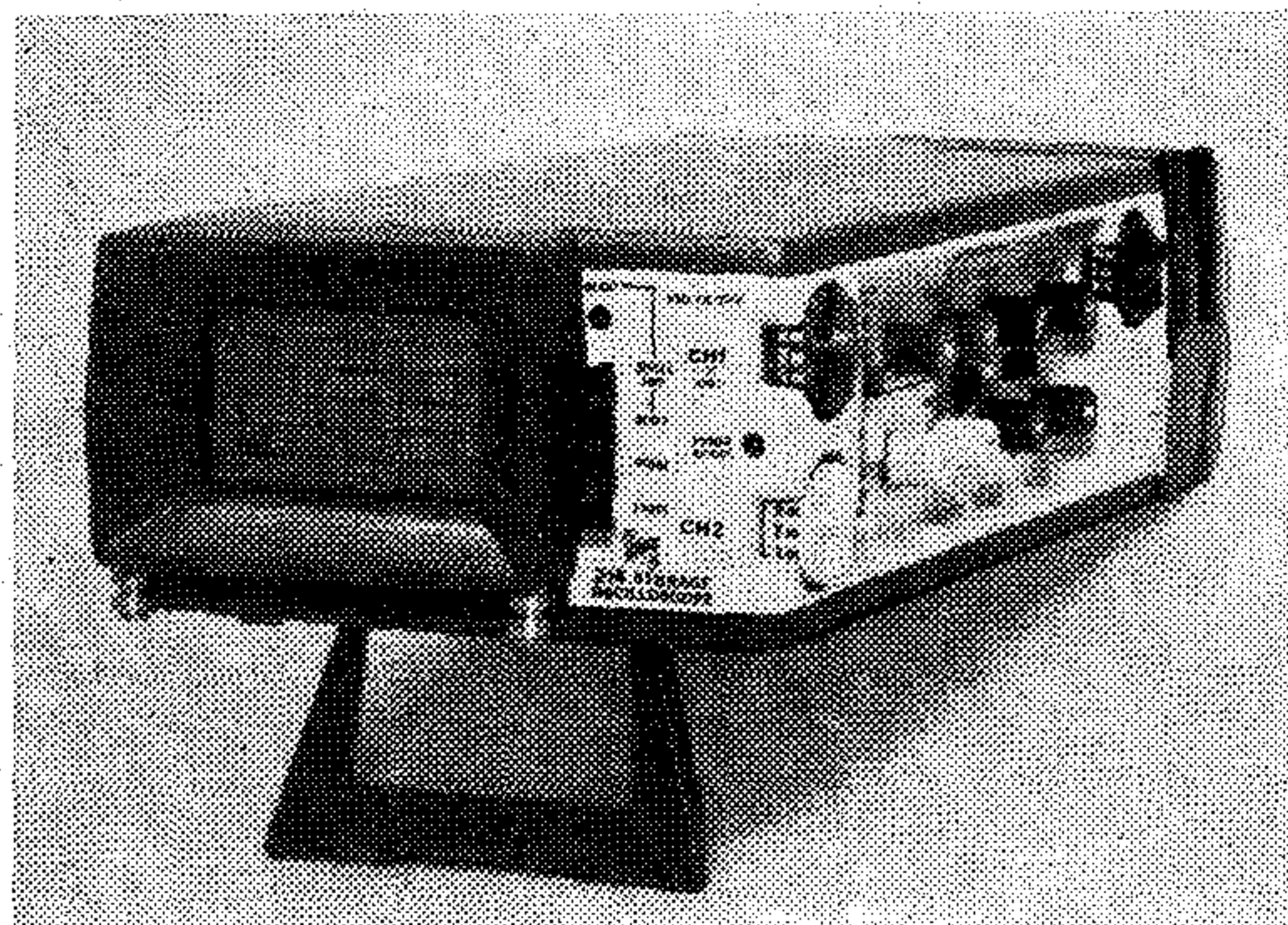
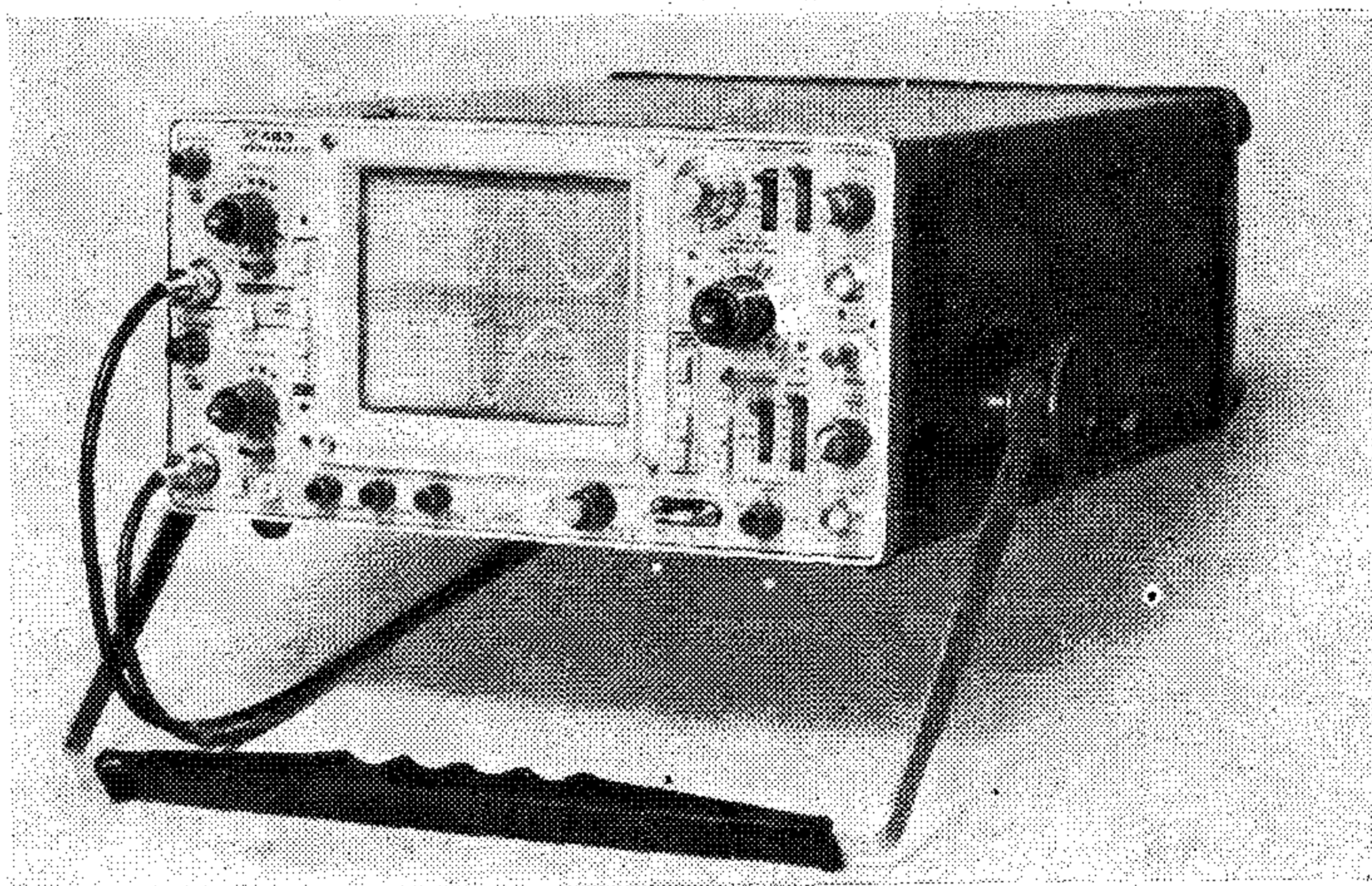
Les auteurs indiquent brièvement les tendances de développement des circuits intégrés de tel type. Les circuits MOS et bipolaires, ayant nouvelles solutions de construction et de technologie, sont décrits. Ensuite les résultats de développement dans le domaine des circuits numériques à grande densité d'élément, en particulier dans le domaine des mémoires, ainsi que le développement des circuits intégrés pour l'industrie d'amusement et d'automobiles, sont exposés. Enfin les plans prospectifs de recherche et développement des circuits intégrés monolithiques indiqués.



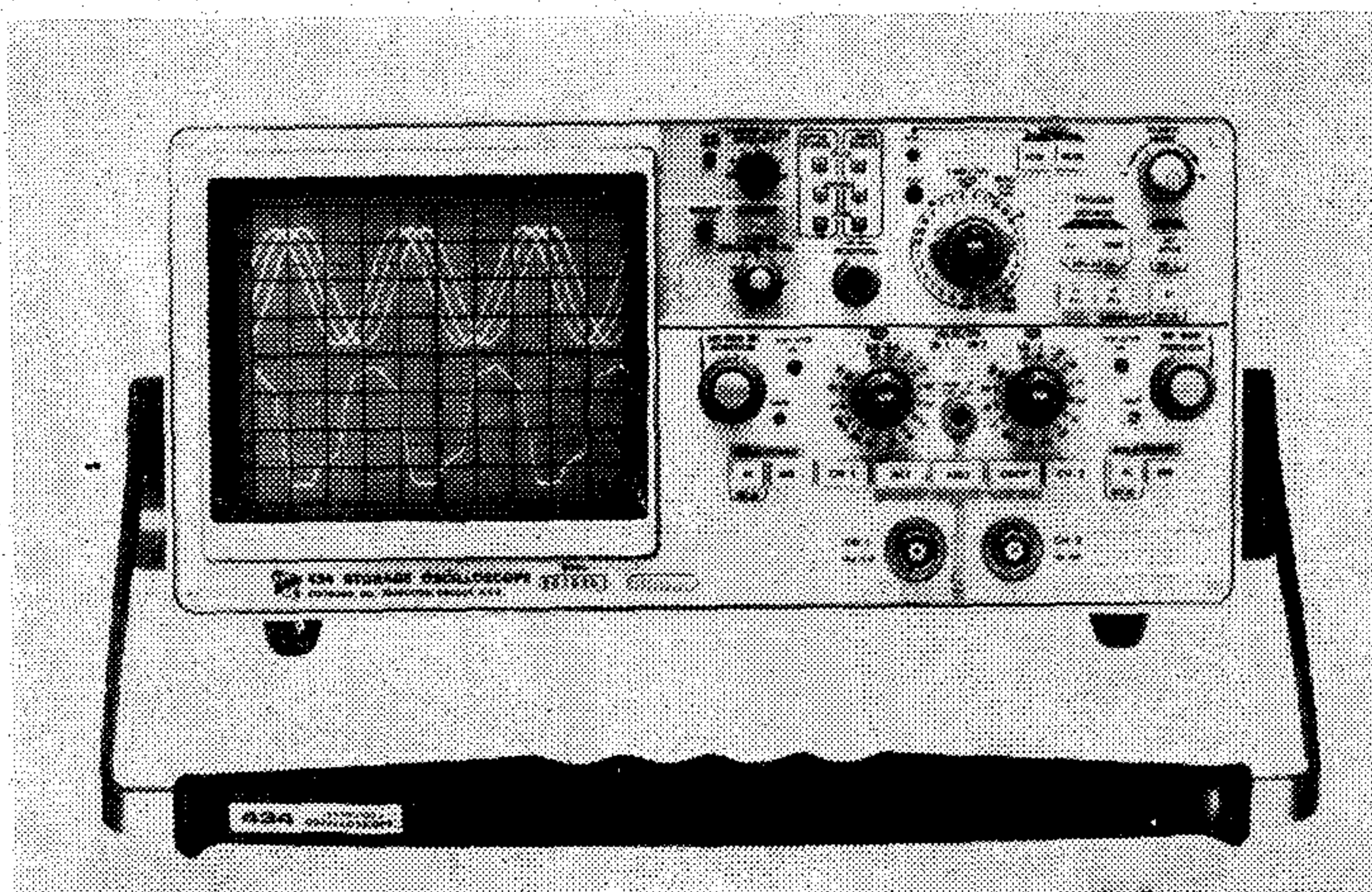
A TEKTRONIX oszcilloszkópok minden igényt kielégítenek!

Néhány példa
a hordozható készülékcsaládból
(350 MHz-ig):

400-as sorozat
463-as típus
(75 MHz-ig)



200-as sorozat
211
212
214-es 500 kHz-ig
221



432
434-es típus (tároló, 25 MHz-ig)

Teljes választékunkkal állunk az Ön rendelkezésére:
RST Bécs (WIEN) Prinz Eugen Strasse 70



TEKTRONIX®

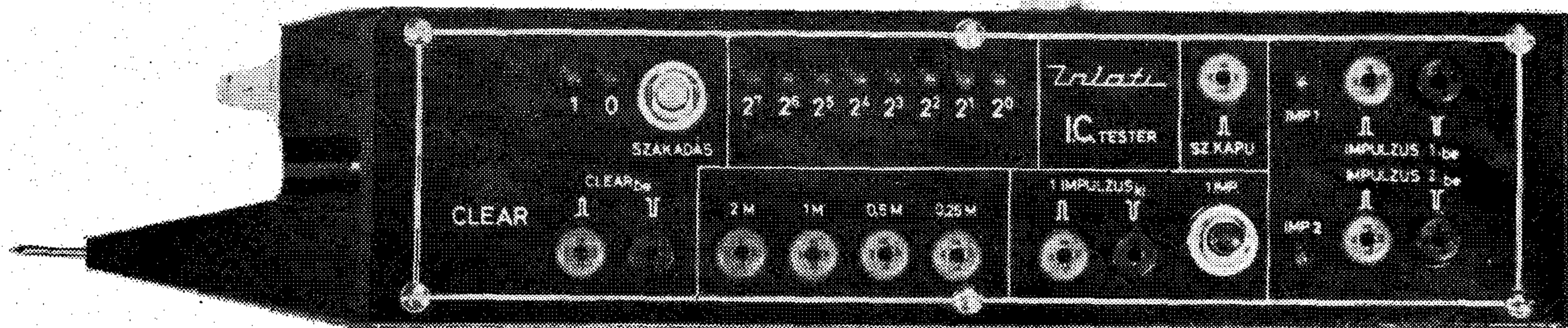
committed to
technical excellence

Rohde—Schwarz Szerviz:

1502 Budapest Petzval J. u 31 ELEKTROMECHANIKAI VÁLLALAT 453-130

IC TESZTER

PT-101



TTL digitális integrált áramkörökkel
felépített berendezések gyors

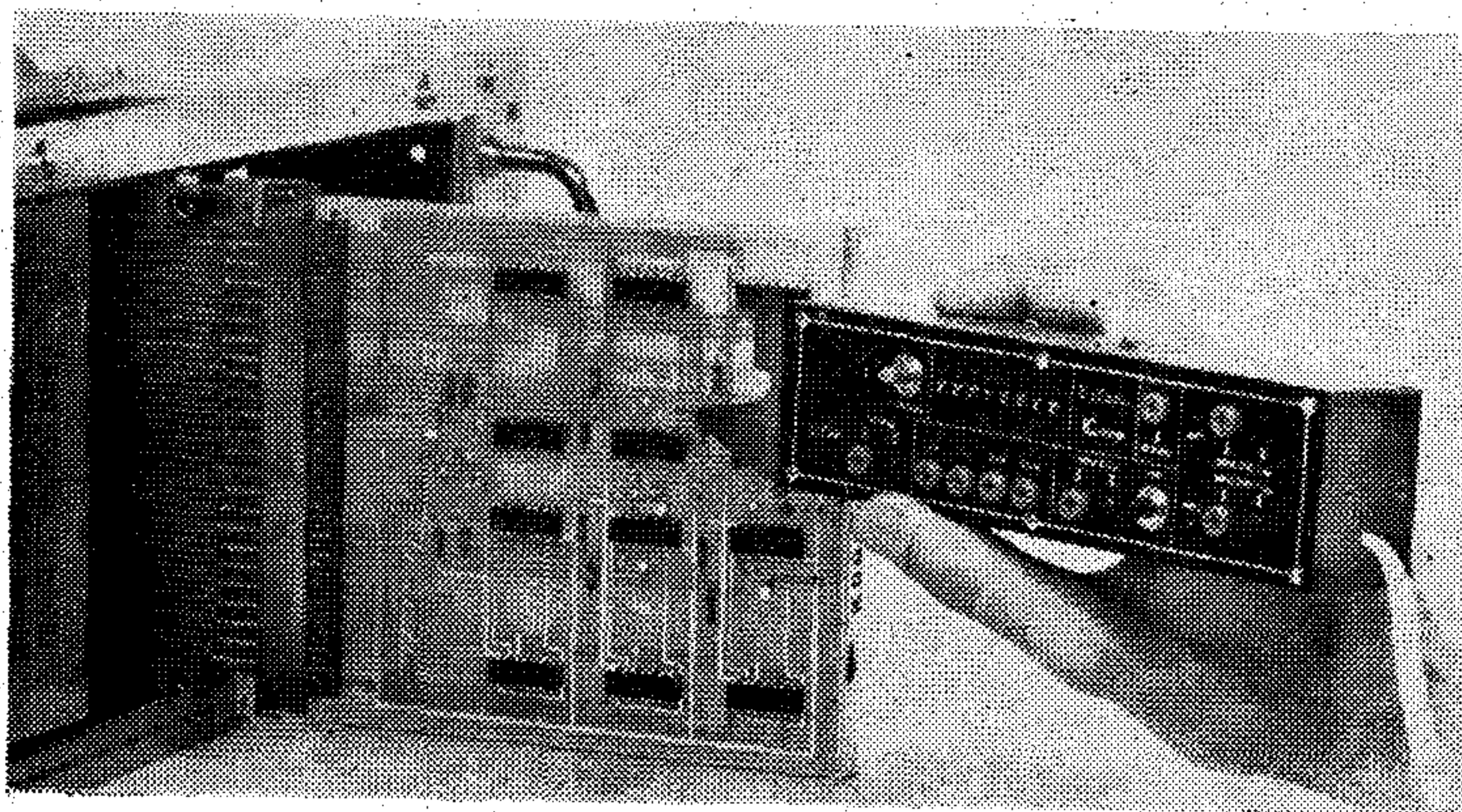
- élesztésére,
- szervizfeladatainak elvégzésére.

A bemenet és a kimenet az SN74N sorozattal
kompatibilis.

Túlfeszültség- és polaritásvédelem.

Szolgáltatásai:

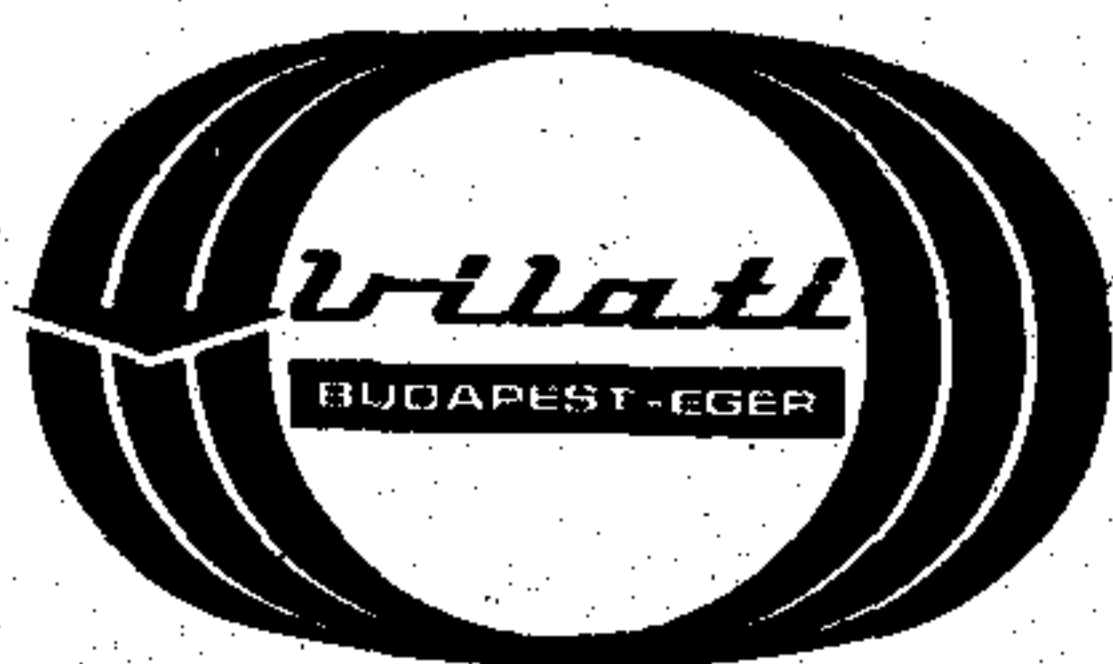
1. Logikai „0”, „1” és szakadás jelzés.
2. Bináris 8 bites számláló $n \times 256$ -ig, kapuzással.
3. Négyszöggenerátor 4-féle frekvenciával.
4. Egy-impulzus adó.
5. Impulzus versenyfutás mérő.



Helyettesíthet:

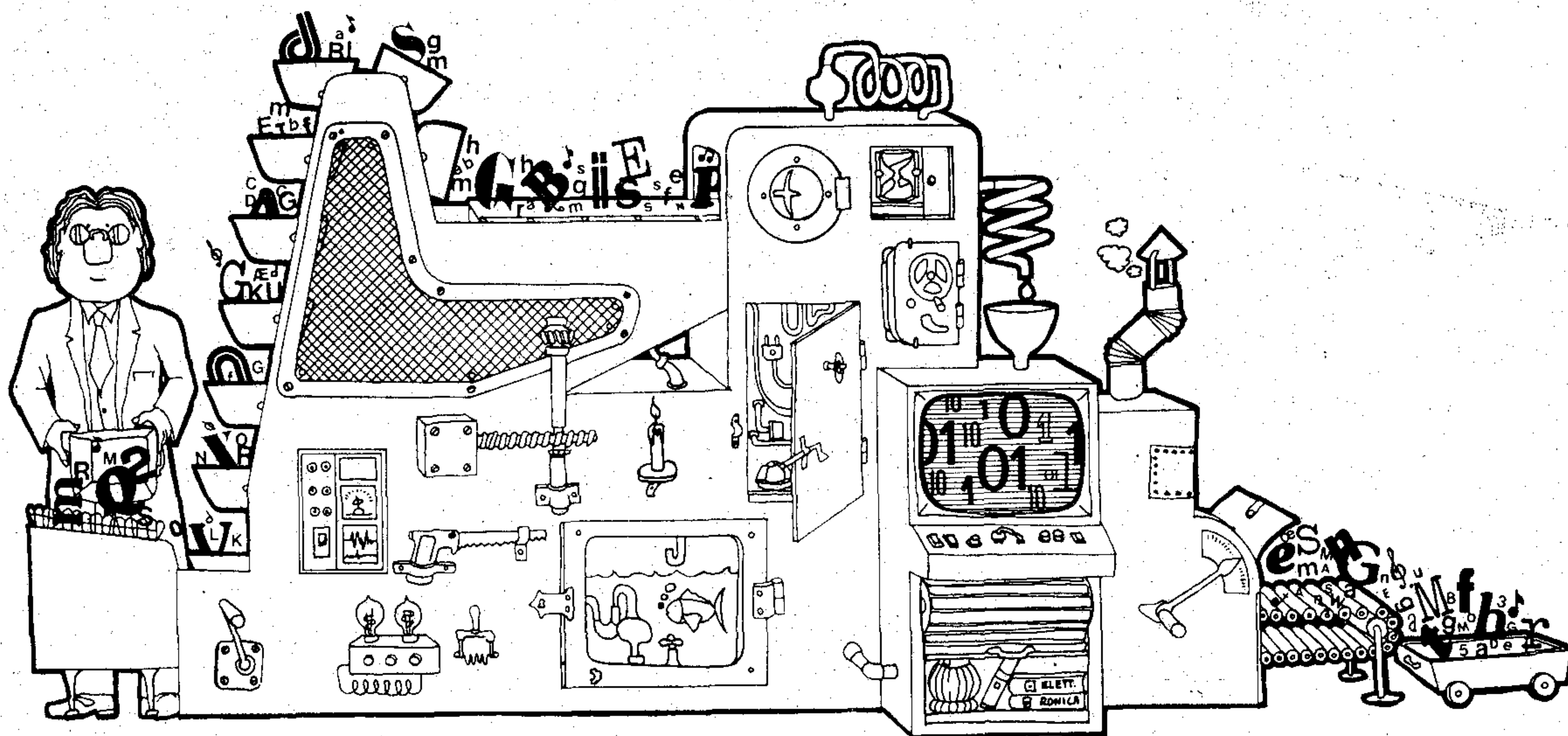
- kétsugaras oszcilloszkópot,
- frekvenciaszámlálót,
- impulzusgenerátort.

Ára: 4980,— Ft



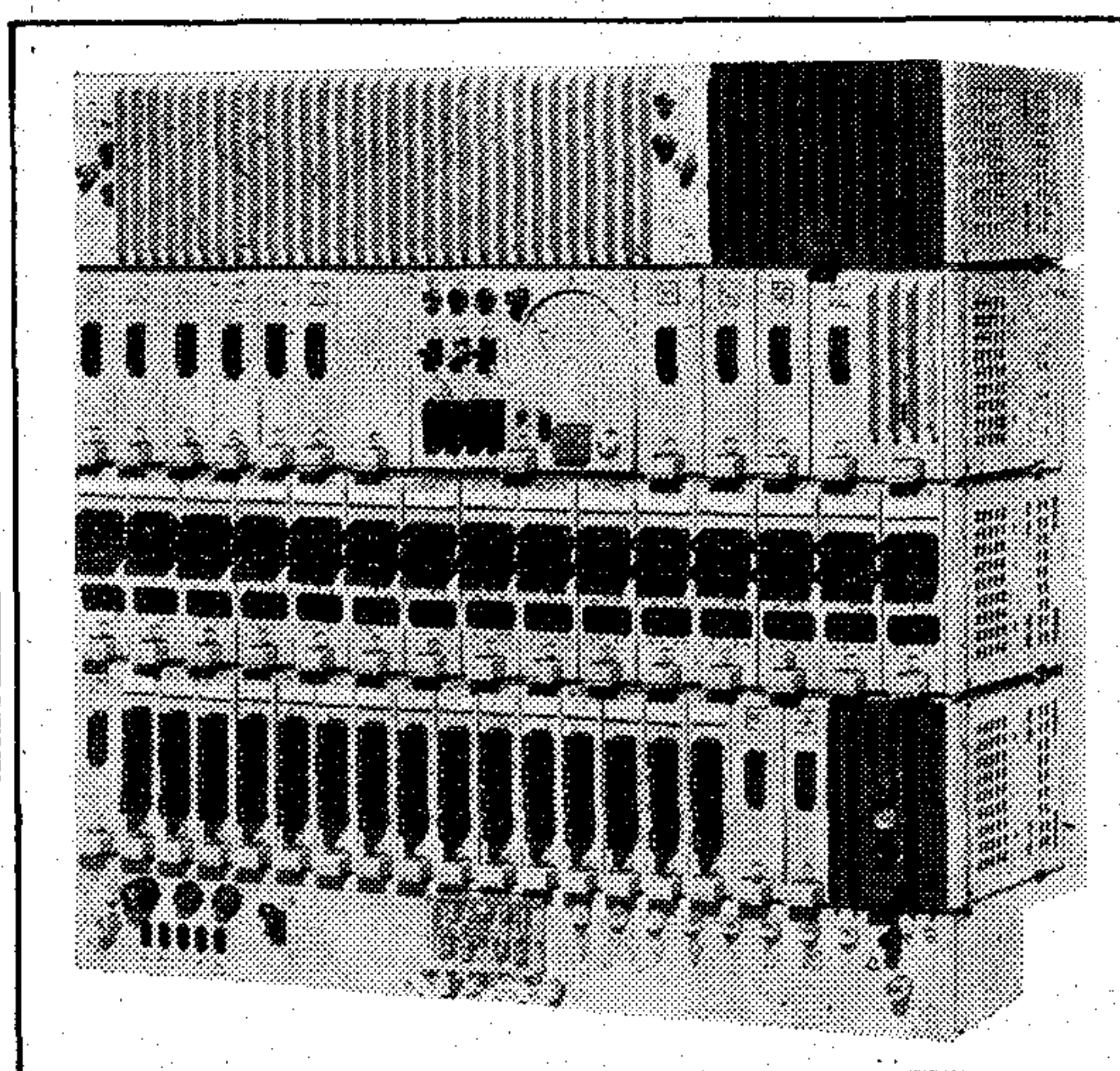
Megrendelés és felvilágosítás Villamos Automatikai Intézet
Budapest VI., Ó utca 27. Telefon: 122-866

Van aki azt hiszi, hogy egy bizonyos berendezés megoldja minden átviteltechnikai problémáját



TD 1

PCM multiplex
30 csatornára



Mások, nem is kevesen, hírközlésüket a TD 1-es rendszerre bízák, melyet a leghaladottabb technikával terveztek és szerkesztettek, hogy minden igényt kielégítsen

Kábelben 30 beszédcsatorna átvitelére való rendszer, két jelzés móddal, rövid- és közepes távolságú öss-

szeköttetésekhez, nem a legjobb minőségű szimmetrikus érpárokon

- * Kiváló minőségű átvitel
- * Nagyfokú megbízhatóság
- * Flexibilis alkalmazhatóság
- * Egyszerű szerelhetőség és minimális karbantartás
- * Alacsony költségek



ITALTEL - SOCIETA'
ITALIANA TELECOMUNICAZIONI s.p.a.

20149 Milan (Italie) - 12, P.le Zavattari - tél. 4388.1