



# HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

FOLYÓIRATA

XL. évfolyam

BUDAPEST

1989

2

# HÍRADÁSTECHNIKA

## A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

XL. évfolyam, 1989. 2. szám

# BHG ORION TERTA MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXXV. évfolyam, 1989. 2. szám

# MEV REMIX TKI MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

VII. évfolyam, 1989. 2. szám

Felelős szerkesztő:  
DR. TÓFALVI GYULA

Szerkeszti a szerkesztőbizottság

A szerkesztőbizottság elnöke:  
HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:  
ANGYAL LÁSZLÓ  
MÉREY IMRÉNÉ  
SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

**HTE**  
Rovatvezető: Mérey Imréné  
Dr. Flesch István  
Gál Ferenc  
Dr. Prónay Gábor

**BHG**  
Rovatvezető: Angyal László  
Tudományos szerkesztő: dr. Frajka Béla,  
Bernhardt Richard, dr. Eisler Péter,  
Fazekas László, dr. Gosztony Géza,  
dr. Kerpán István, Klug Miklós,  
Laczkó Endre, Szaics Ákos

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

**ORION**  
Rovatvezető: dr. Somogyi András  
Tudományos szerkesztő: dr. Frigyes István,  
Denk Attila, Froemel Károly,  
Nóvik Lajos, Szász Gerő

**REMIX**  
Rovatvezető: Rippel Géza  
Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,  
Balanyi Szilveszter, Bodnár László,  
Kovács Gyula, Mészáros Sándor,  
Molnár László

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

**TERTA**  
Rovatvezető: Szalay Tibor  
Tudományos szerkesztő: dr. Gordos Géza,  
Keller János, Márk Zoltán,  
Porpáczy Elemér, Schnürmacher Tamás,  
Török László, Veress Péter

Szerkesztőségi ügyekben és kéziratok-  
kal kapcsolatban felvilágosítást ad: Szöl-  
lósi Györgyné.  
Telefon: 495—098

### ROVATOK

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

### ROVATGAZDÁK ROVATTÁRSÁK

HTE	(H)	BEAG	HTV
TKI	(□)	BME	KONTAKTA
BHG	(#)	BRG	KÓPORC
TERTA	(↔)	EMO	KFKI
ORION	(*)	El. Szöv.	M. Posta
MEV	(↑)	FMV	ML
REMIX	(△)	GAMMA	MM
		HTSZ	MFKI
		HAGY	TUNGSRAM

### TARTALOM

DR. TÓFALVI GYULA: Bevezető .....	33
ABRUSÁN GYÖRGY — BATTISTIG GYÖRGY — CSÁSZÁR SÁNDOR — MARCZY ALADÁR — PERGER LÁSZLÓ — RÓNA PÉTER — TÓTH TAMÁS: Időosztású előfizetői rádióberendezés .....	34
A HTE 1988. évi Alkatrész szemináriumának határozatai .....	45
DR. ELEKES JÓZSEF: Transzmultiplexerek tervezési problémái .....	40
DR. BÁRSONY PÉTER — GYURI PÁL — DR. SZTANISZLÁV DÁNIELNÉ: Korszerű mikrohullámú ferrit eszközök .....	56
Beszámoló a Nyugat-Berlinben megrendezett „Mikroelektronik für die Informations- technik” c. tudományos konferenciáról (Gergely István) .....	63
Tartalmi összefoglalások: .....	63



# Bevezető

DR. TÓFALVIGYULA

Távközlési Kutató Intézet tudományos igazgatója



Hónapok óta fokozott figyelemmel kísértem dr. Baranyi András erőfeszítését, hogy sikerüljön olyan TKI-célszámot szerkeszteni, mely optimálisan mintavételezi a Távközlési Kutató Intézetben folyó kutatás-fejlesztéseket és tudományos életet.

Ezt a törekvését kettős szorításban kellett végzenie.

Az egyik oldalról, mint a TKI egyik vezető kutatója és tudományos tanácsadója abban a lelki és szakmai kényszerhelyzetben kellett legyen, hogy minden most folyó, lényeges kutatást bemutasson, a másik oldalról, mint tudományos folyóiratunk TKI rovatának vezető szerkesztője tudnia kellett, hogy terjedelmi lehetőségei annyira végesek, hogy elképzelésének önmaga kell határt szabjon.

Előre látható volt tehát, hogy a terjedelem szűkével és a gondolat bőségével való küzdelme csak kompromisszummal oldható meg.

Ő is jól tudta, hogy egy célszámban, csak ízelítőt adhat a Távközlési Kutató Intézet gazdag kutatás-fejlesztési munkájából és tudományos életéből, amelyben egyidejűen zajlik a digitalizálás, a fénytávközlés, az úrtávközlés, az új frekvencia tartományok használatbavétele, a jelátviteli sebességek növelése, a rurál tartományok távközlésének modern megoldása, stb. és ezzel egyidejűen folyik számos alapkutatást jelentő téma analízise, több országos műszaki-tudományos feladat koordinációja is.

Hogy ez a kompromisszumkeresés csak a távközlés témakörében is milyen nehéz lehetett, elegendő, ha csak arra utalok, hogy ebben a célszámban nem sikerült helyet szorítani a most zajló, és

— a 140 Mbps-os, 6 GHz-es mikrohullámú berendezésért,

— az INTERCSAT berendezés továbbfejlesztéséért,

— a digitális fényátvitelért,

— a digitális jelátvitel egyes eszközeiért, stb. folyó kutatás-fejlesztéseknek.

Az említett kutatásfejlesztéseken túl, jó lett volna röviden beszámolni, illetve gondolatot cserélni

— a több mint 25 éves TKI-NIR együttműködés jelenlegi eredményeiről és gondjairól,

— az 1990-ben Budapesten megrendezésre kerülő EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE — MICROCOLL közös tudományos találkozó előkészületeiről,

— az OKKFT-A/5 és az OKKFT-G/1, valamint a TELECOM '87 kutatás-fejlesztési tapasztalatairól, illetve tanulságairól,

— az ipari kutatás magyarországi helyzetéről és jövőjéről,

— a magyar távközlési ipar nemzetközi megmértetéséről, stb.

Tudnám még sorolni, hogy megítélésem szerint mi mindenről szeretne olvasni folyóiratunk közönsége azoktól a tudósoktól, kutatóktól, fejlesztőktől, akik alkotó munkájukban tudományos megalapozottsággal képesek áttekinteni az egyes kutatás-fejlesztési feladatok tudományos-szakmai lényegét, és ezen keresztül a magyar elektronikai ipar és azon belül a magyar távközlési ipar várható jövőjét is.

Be kell vallanom, ha én kaptam volna dr. Baranyi András feladatát, én sem tudtam volna az adott körülmények között, jobb kompromisszumot választani, mint amit a most közreadott TKI-célszám tartalma ad.

Ezek után mit tudunk még ígérni?

Folytatjuk ezt a beszámolót a HÍRADÁSTECHNIKA további számaiban, mivel nem csak kutatni, fejleszteni, alkotni öröm, hanem az is, hogy eredményeinket és gondolatainkat megmutassuk a környező világnak.

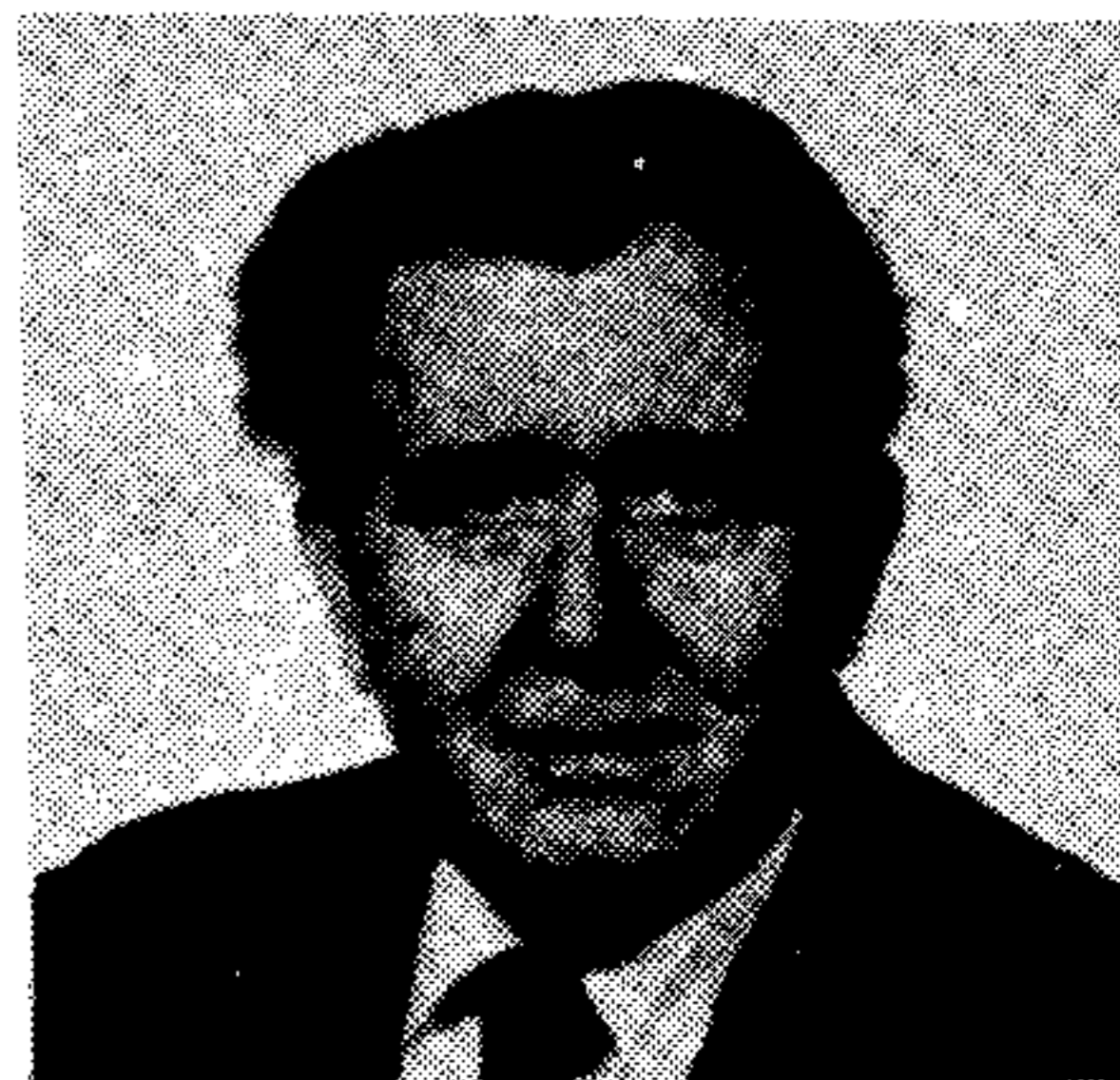
\*Lapunk csökkentett terjedelme miatt a célszámhoz készített anyag egy részét a következő számban fogjuk közzéadni. Ebben a számban az új hírközlő rendszerek megvalósításához kapcsolódó rendszertechnikai, berendezés kidolgozási és alkatrész fejlesztési tevékenységeket ismertető cikkek kaptak helyet. Az informatikai és hálózati elméleti kutatások eredményeit tárgyaló cikkek kerülnek a következő számba.



# IDŐOSZTÁSÚ ELŐFIZETŐI RÁDIÓBERENDEZÉS

ABRUSÁN GYÖRGY, BATTISTIG GYÖRGY, CSÁSZÁR SÁNDOR,  
MARCZY ALADÁR, PERGER LÁSZLÓ, RÓNA PÉTER, TÓTH TAMÁS

Távközlési Kutató Intézet



## ÖSSZEFOGLALÁS

A Távközlési Kutató Intézetben kifejlesztett és az ORION-ban gyártásra kerülő Időosztású Előfizetői Rádióberendezés szét-szórta települt, kisforgalmú előfizetőknek, illetve előfizetői csoportoknak a nyilvános távbeszélő hálózatba való bekapcsolására szolgál. A rendszer pont-több pont kiépítésű, 10 PCM trónkcsatornával 64 előfizetőt szolgál ki.

Frekvenciatakarékos, a trónkcsatornákat hatékonyan kihasználó, az egyszerű telepítést elősegítő megoldásaival a vidéki távbeszélő hálózat fejlesztésének célszerű eszköze.

## 1. Bevezetés

Napjainkban a távközlési hálózatok, valamint az informatikai szolgáltatások bővítésének és továbbfejlesztésének egyik súlyponti feladata a vidéki előfizetői körzeteknek és elszórtan elhelyezkedő előfizetői csoportoknak a nyilvános-forgalmú országos távközlési alaphálózatba való kapcsolása. E hálózatigények egyik nagy osztályát olyan előfizetői körzetek és előfizetői csoportok képezik, amelyek nem koncentrált területi elhelyezkedésűek és forgalmuk is viszonylag alacsony. A kommunikációs lehetőségekhez hozzáférni kívánó előfizetői csoportoknak az országos távközlési alaphálózat legközelebbi előfizetői végpontjához való csatlakoztatása — így az országos alaphálózatban megvalósuló informatikai szolgáltatásokhoz történő hozzáférésük biztosítása — gazdaságos és a területi elhelyezkedés topológiájához rugalmasan illeszthető átviteli rendszert, továbbá az átviteli kapacitás hatékony kihasználást lehetővé tevő hálózati működést igényel.

Az országos távközlési alaphálózat előfizetői végpontjai körül nagyobb kiterjedésű körzetben kis sűrűséggel elhelyezkedő alacsony forgalmi terhelésű csoportoknak a távközlési hálózatba való bekapcsolására alkalmas megoldásként vetődött fel több kutató-fejlesztő laboratóriumban a rádióhálózat, s ezen belül a forgalom-koncentrációnak és a kommunikációs csatornák igény szerinti előfizetői elérése módszerének használata [1, 2, 3, 4, 5, 6].

## BATTISTIG GYÖRGY

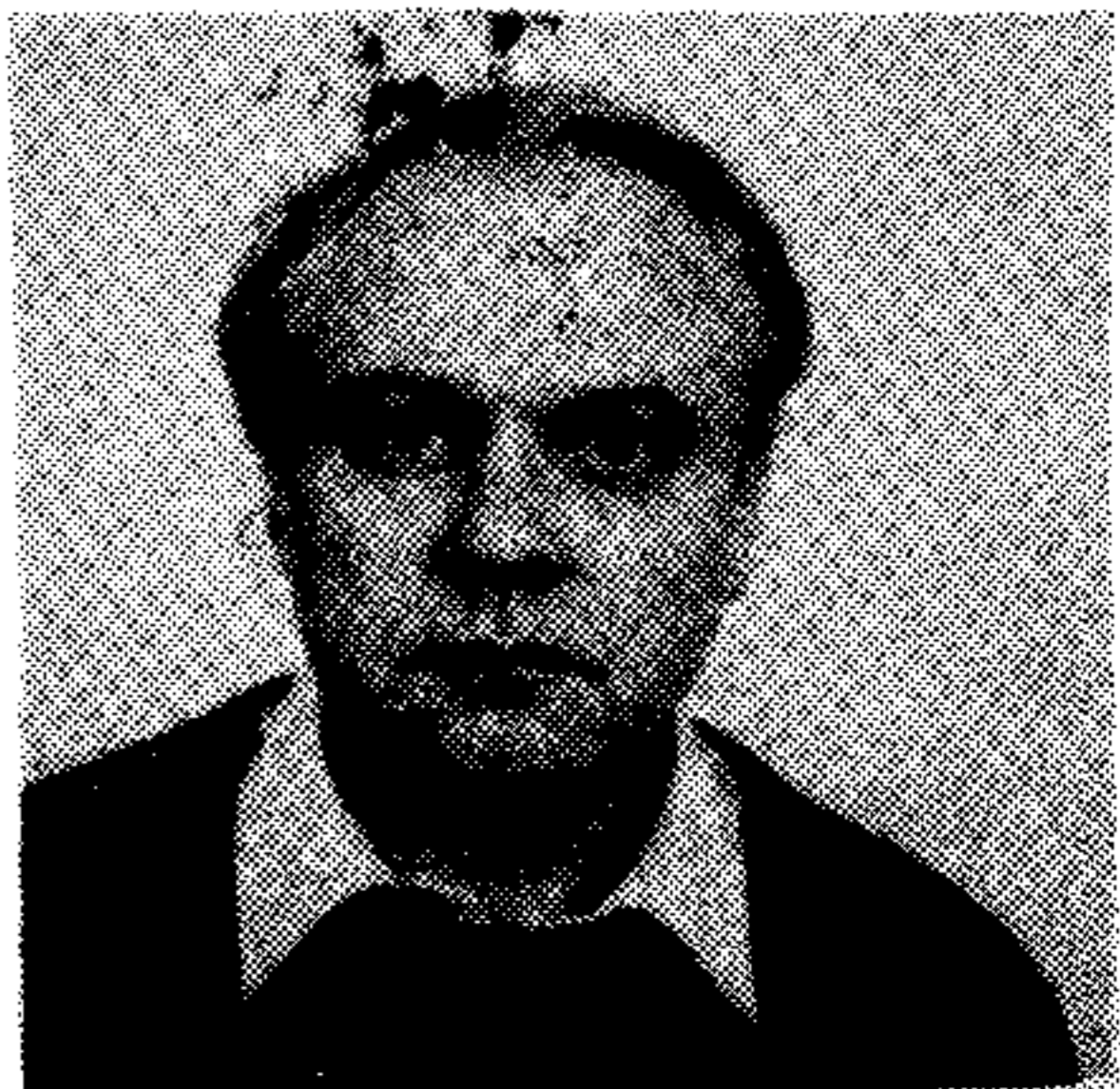
A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet 1951-ben. A TKI-ban, BHG-ban, ORION-ban, majd ismét a TKI-ban a mikro-hullámú rádióátvitel-technika területén végezte a szakmai munkáját mérnökként, később a kutatás-fejlesztések egyik vezetőjeként. Ez idő szerint a TKI rendszerteknikai témákkal foglalkozó tudományos főmérnöke és az Intézet Tudományos Taná-

csának titkára. Távközlés-technikai és informatikai rendszerkérdésekkel foglalkozik és ellát egyes szakmai koordinációs feladatokat is. Több publikációja jelent meg hazai és külföldi szakfolyóiratokban, s társszerzője néhány szakkönyvnek. Szakmai munkásságát 1970-ben Állami Díjjal ismerték el. A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Távközlési Szakosztályának tudományos társelnöke. A Puskás Tivadar-díj kitüntettje.

## MARCZY ALADÁR

1959-ben a Puskás Tivadar Távközlési Technikumban technikus oklevelet, 1966-ban a BME Villamosmérnöki Karának Híradástechnika Szakán villamosmérnöki diplomát szerzett.

1961-ig a Posta Központi Táviróhivatalnál, 1966-tól a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik. Kezdetben a közepes és nagykapacitású mikro-hullámú rádiórelé rendszerek szolgálati berendezéseinek rendszer- és áramkörtervezési munkáiban vett részt, 1978-tól a kiskapacitású előfizetői digitális mikro-hullámú rendszer kutatás-fejlesztési munkáiban témavezetőként vesz részt.



Szakmai területe: digitális jelfeldolgozó áramkörök, mikroprocesszoros vezérlések áramkörei, programozása. Jelenlegi beosztása: tudományos osztályvezető.

A rurális hálózatok létesítésére világszerte megnyilvánuló fokozott törekvés, a sürgető hazai vidéki hálózatfejlesztési szükségletek és a potenciális exportpiacokon tapasztalható hasonló igények indokolták az előbbieken vázolt kiépítési struktúrákban alkalmazható és hatékonyan működtethető rádióhálózati rendszer hazai kidolgozását. A külföldi példákon megismert lehetséges megoldások elemzése alapján a hazai rurális rádióhálózatot az időosztás elvén, valamint a kiszolgált előfizetőknél lé-

Beérkezett: 1988. XI. 2. (□)



nyegesen kisebb számú átviteli csatornával való-sítják meg [7].

A Távközlési Kutató intézetben kifejlesztett és az Orion Rádió és Villamossági Vállalatban gyártásra kerülő Időosztású Előfizetői Rádióberendezés (IER 64/1500) [8] meghatározó rendszertechnikai szolgáltatása, hogy valamely távbeszélő központ környezetében elszórtan elhelyezkedő kisforgalmú előfizetők, illetve előfizetői csoportok egy pont — több pont kiépítésű rádióhálózat segítségével és azon belül idő szerint nyalábolt digitális átviteli csatornákkal összekapcsolhatók az országos távközlési hálózattal.

A rendszer az országos távközlési alaphálózat részét képező távbeszélő végközpont előfizetői végződése és az előfizetők készülékei között transzparens kapcsolatot létesít. A rugalmas forgalmi kihasználás és az üzemviteli gazdaságosság érdekében a rendszert alkotó berendezések kihasználják az előfizetői vonalak koncentráálásának, így a rádiócsatornán megvalósított trónkösszeköttetések megnövelt forgalmi lehetőségeit. A rendszer trónkösszeköttetési csatornái nincsenek rögzítetten hozzárendelve az egyes állomásokhoz vagy előfizetőkhez, hanem központoldali, illetve előfizetői kezdeményezésre szabadon hozzáférhetők.

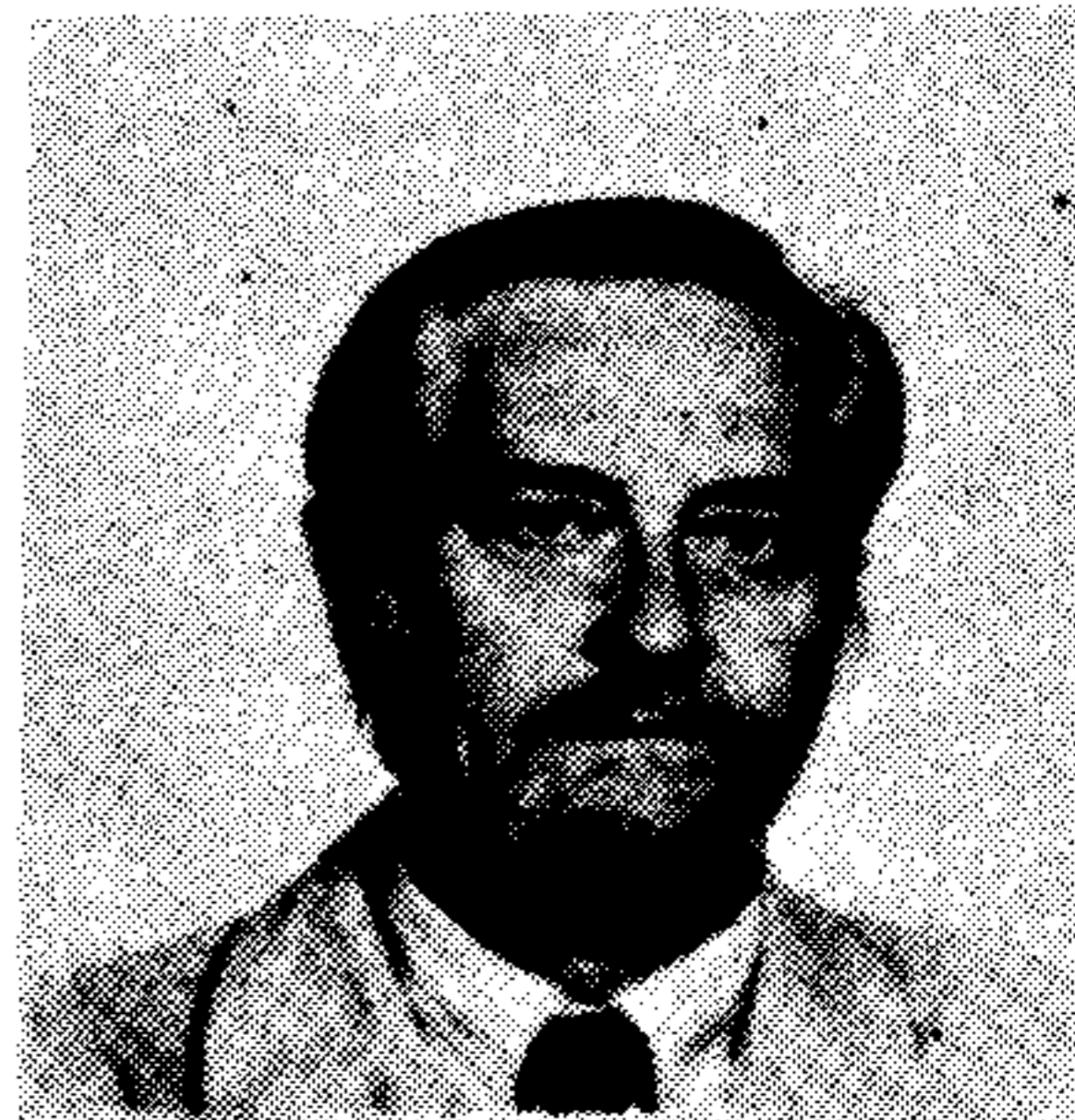
Az Időosztású Előfizetői Rádióberendezés 10 forgalmi csatornás PCM alapsávi berendezéssel alapkiépítésben max. 64 távbeszélő előfizető bekapcsolását teszi lehetővé, amely előfizetők mindegyike a 10 trónkvonal éppen nem foglalt bármelyikéhez szabadon hozzáférhet. (A bekapcsolható előfizetők száma 128-ig bővíthető.) A rendszer forgalmát mikroprocesszoros vezérlő szervezi, s a hálózat berendezéseinek működését ugyancsak mikroprocesszoros rendszer felügyeli. A rádiókapcsolatot az 1,5 GHz frekvenciatartományban működő adó-vevők biztosítják.

A realizált Időosztású Előfizetői Rádióberendezés kedvező hálózati alkalmazási tulajdonságai abból adódnak, hogy

- frekvenciatakarékos megoldás, mivel egy-egy állomásról elágazó rádiókapcsolatok ugyanazon rádiófrekvenciapáron valósulnak meg,
- rádiókoncentrátorként működik, vagyis a rádióhálózat átviteli kapacitásánál lényegesen nagyobb számú előfizetőt tud kiszolgálni,
- a rádióhálózat átviteli csatornához történő szabad hozzáférés rugalmas és gazdaságos üzemet tesz lehetővé,
- a rádióhálózaton keresztül a központ a távoli előfizetőket a közvetlenül hozzákapcsoltakkal azonosan kezeli; a távoli előfizetők a közeli-kezelő megegyező távközlési szolgáltatásokkal rendelkeznek,

## PERGER LÁSZLÓ

A Távközlési Kutató Intézetnek megalapításától dolgozta. 1952-ben híradástechnikus, 1961-ben mikrohullámú szaktechnikus oklevelet szerzett. Jelenleg az Intézet tudományos munkatársa. Szakterülete: mikrohullámú rádiórelé berendezések konstrukciós kialakításának tervezési és szervezési kérdései.

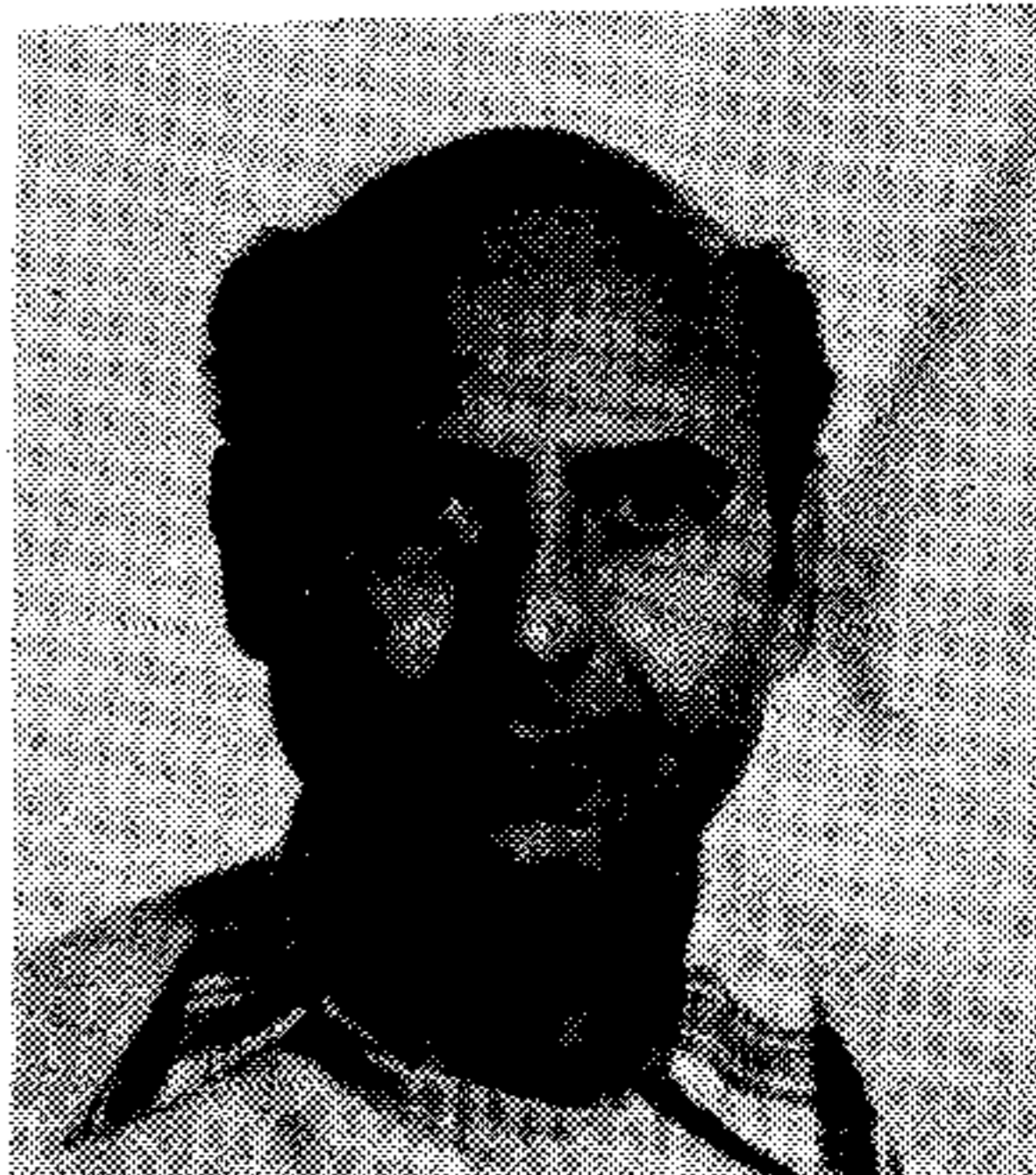


## DR. RÓNA PÉTER

Villamosmérnök, 1953-ban végzett a BME Villamosmérnöki Karán vörös diplomával. A Távközlési Kutató Intézet tudományos osztályvezetője.

Fő tématerülete: mikrohullámú rádiórelé berendezések rendszertechnikai tervezése. 1970-ben elnyerte a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot.

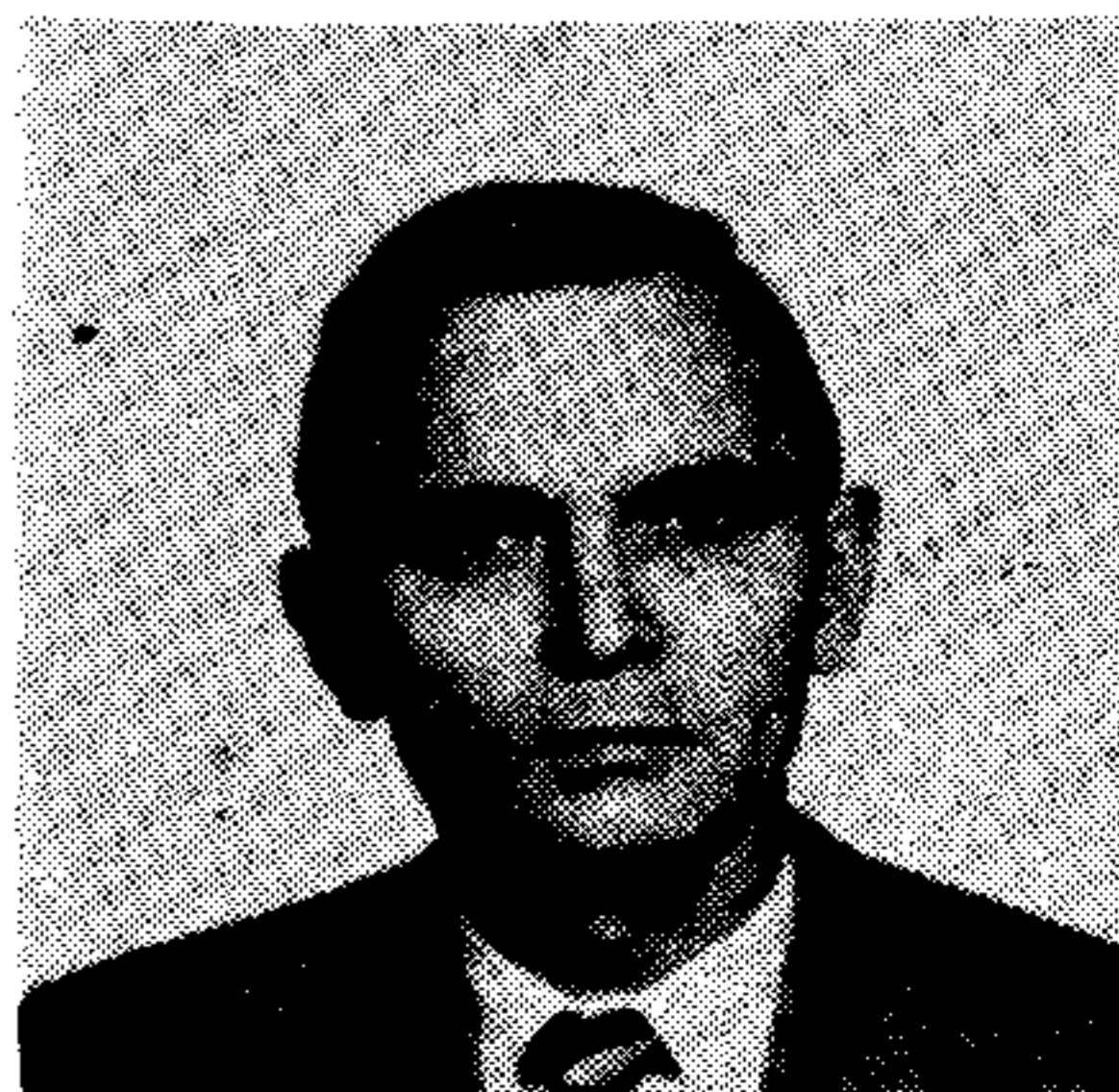
A mikrohullámú rádiórelé berendezések hazai fejlesztésében elért eredményeiért



1980-ban Állami Díjjal tüntették ki.

## TÓTH TAMÁS

1961-ben végzett a BME Villamosmérnöki Kara Híradástechnika Szakán. 1968-ban mikrohullámú szakmérnöki oklevelet szerzett. 1961 óta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik. Kezdetben mikrohullámú aktív és passzív áramkörök kutatás-fejlesztését végezte. 1978-tól a Mikrohullámú Erősítők és Jelforrások osztály vezetőjeként mikrohullámú aktív áramkörök, frekvencia-szintetizátoros jelforrások és integrált adó-vevő kutatás-fejlesztését irányítja. 1963 óta végez oktatómunkát a BME-n. Számos cikk és konferencia-elő-



adás szerzője. 1980-ban a Mikrohullámú Rendszerek és Berendezések kutatása-fejlesztése terén végzett munkájáért Állami Díj kitüntetést kapott.

- a rádióhálózat a vezetékes kapcsolatoknál gyorsabban és gazdaságosabban létesíthető.

## 2. Pont-többpont közötti működés

Az IER berendezéssel kiépíthető hálózatra példát az 1. ábra mutat. A berendezés — a hálózat egy-egy csillagpontjában — egy frekvenciapárt használ: egyet a központ-állomások, egyet az állomások-központ irányú jelátvitelre. Ebből következően





1963-ban a Puskás Tivadar Távközlési Technikumban technikus oklevelet, 1969-ben a BME Villamosmérnöki Karának Híradástechnika Szakán villamosmérnöki diplomát, 1974-ben szakmérnöki diplomát szerzett. 1963-tól a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik. Kezdetben mikrohullámú rendszerek mérésével, majd az egyetem elvégzése után a mikrohullámú rendszerek rendszer- és áramkörtervezési munkáiban vett részt. 1978-tól a kapacitású előfizetői digitális mikrohullámú rendszer kutatás-fejlesztési munkáiban vesz részt.

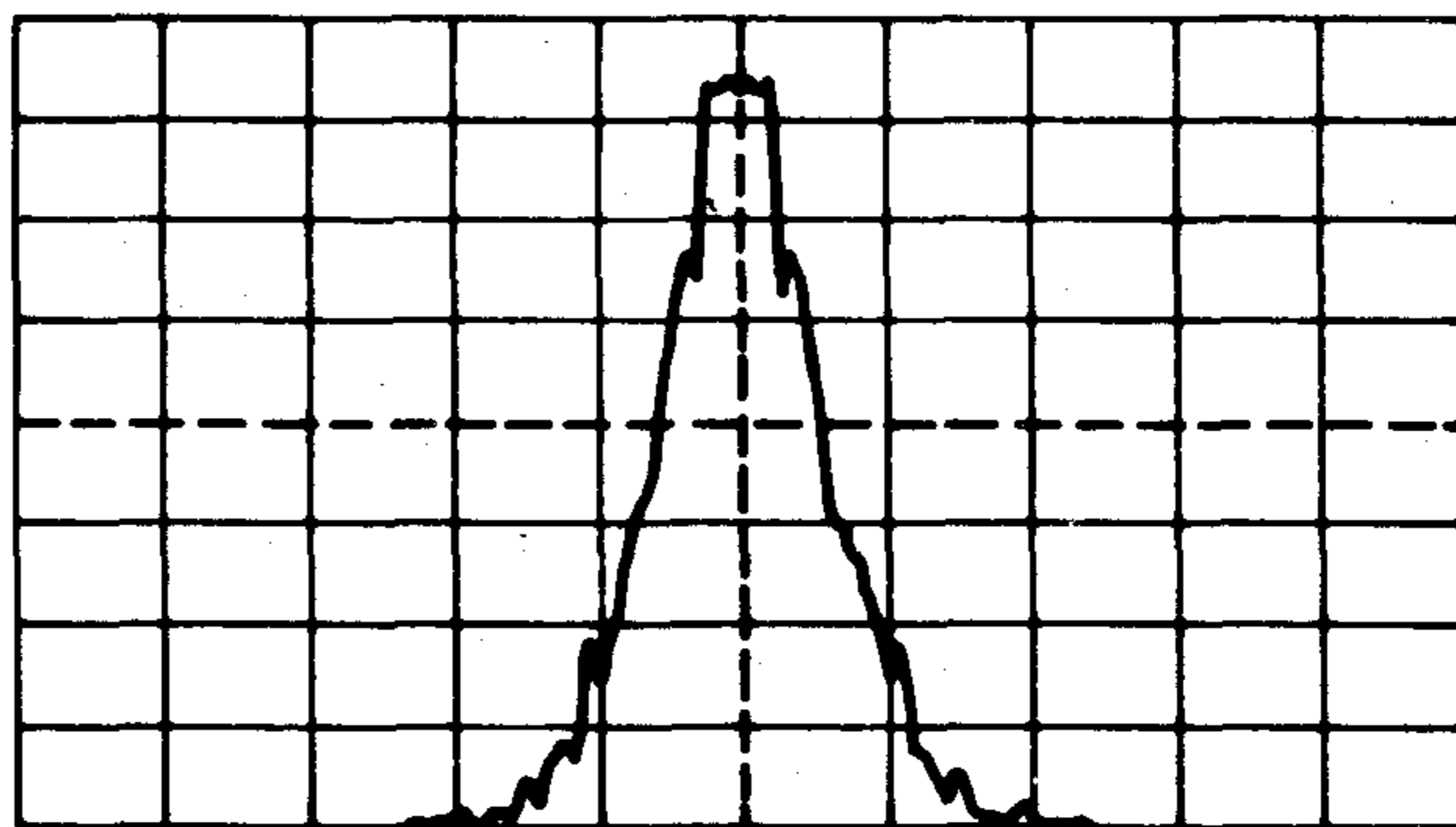
Szakmai területe: mikrohullámú rendszerek szolgálati berendezése, valamint digitális jelfeldolgozó áramkörök tervezése. Jelenlegi beosztása: tudományos munkatárs.

CSÁSZÁR SÁNDOR



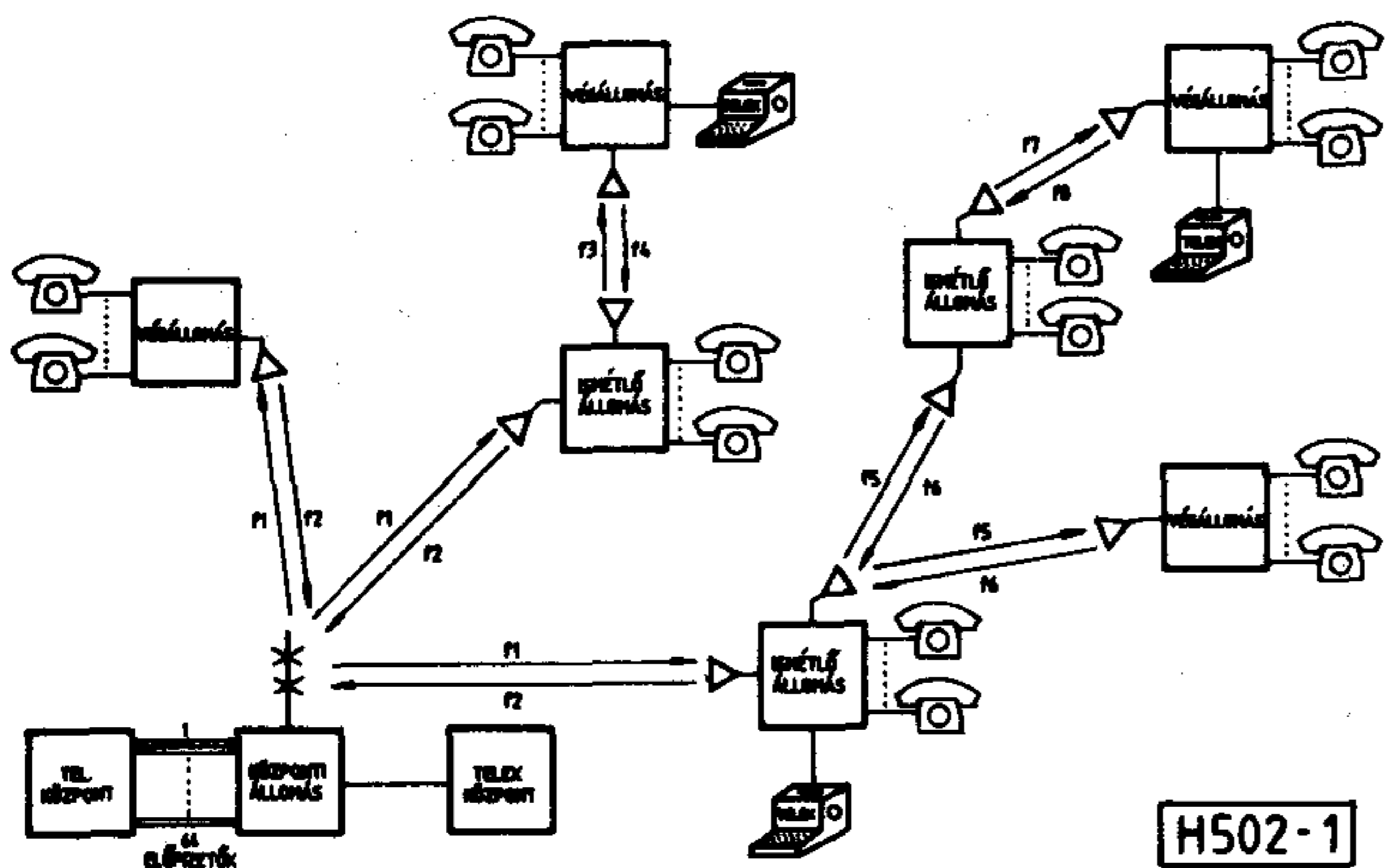
Okleveles villamosmérnök, 1963-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Szakán. 1970-ben digitális félvezető elektronika szakmérnöki oklevelet szerzett. 1963 óta dolgozik a Távközlési Kutató Intézetben, tudományos főmunkatárs. Fő szakterülete: mikrohullámú láncokban alkalmazott kapcsoló-berendezések és vezérlő automaták kutatása, fejlesztése.

Előfizetőknek ki nem osztott időrésben egyetlen alállomás sem ad és a központi (csillagponti) vevő sem vesz. A központi (csillagponti) vevő így az órajel sem tudja a vett jelből visszaállítani, ezért regenerálásra az adóoldalról leszármaztatott órajel szolgál: ezért kell a hurok-terjedési időt 0,05 T<sub>bit</sub> pontossággal kiegyenlíteni.



H 502 - 2

2. ábra. Kisugárzott jel spektruma. Vízszintes osztás: 2 MHz, függőleges osztás: 10 dB



1. ábra. Példa IER berendezéssel kialakított hálózatra

a jelátvitel a két irányban lényegesen különböző feladatot jelent.

A központi állomásról kiinduló üzeneteket valamennyi alállomás pont-pont közötti összeköttetés módjára veszi. Az IER berendezés ezt az átvitelt — több más berendezéshez hasonlóan — szabványos 10+1 PCM csatornás keretszervezésben valósítja meg. A jelátviteli sebesség 704 kbit/s.

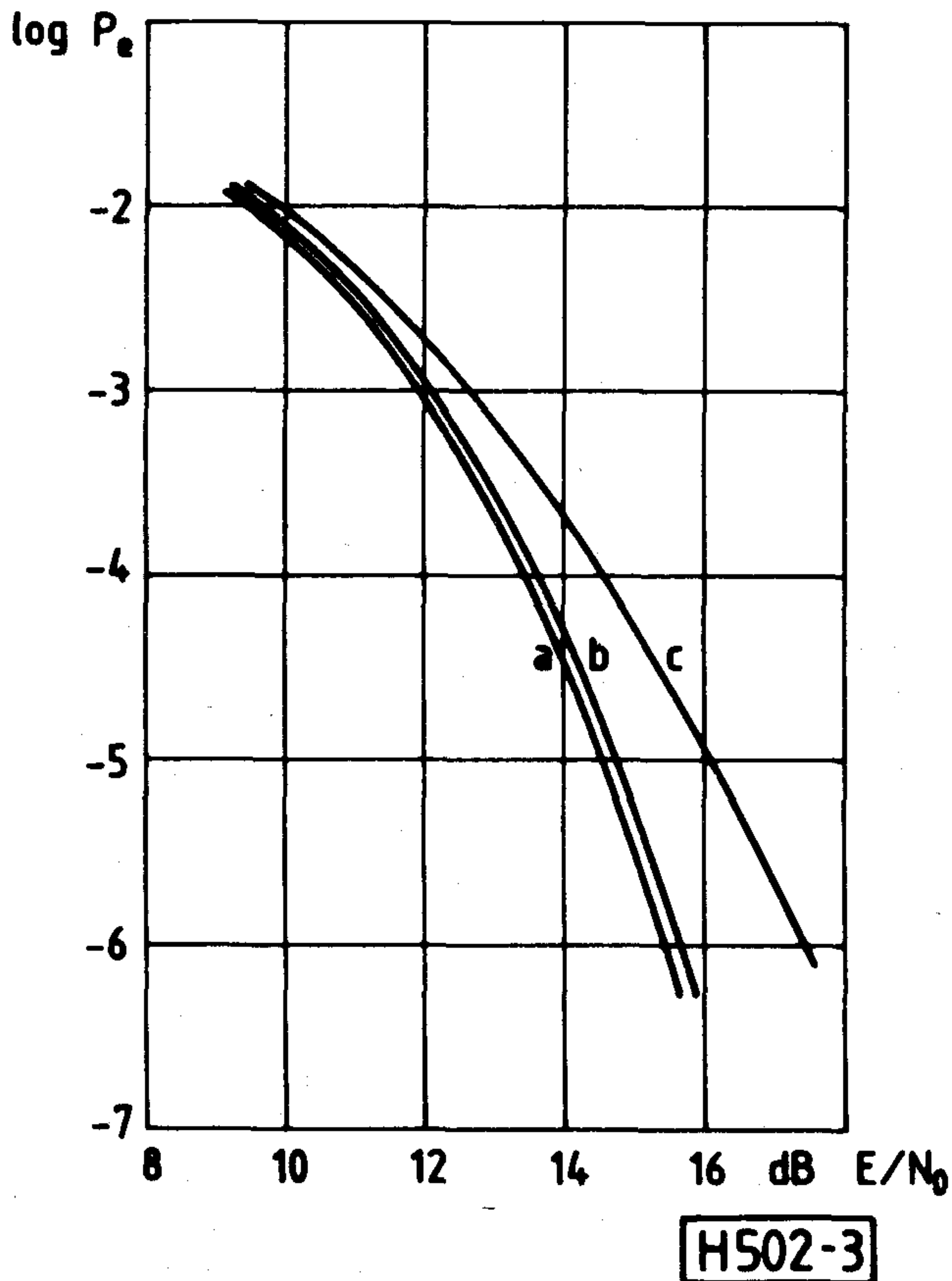
Alállomás-központ irányban a csillagponti vevőkhöz egyidőben csak egy jel érkezik, így az alállomások csak egyenként, egymástól elkülönített időkből (időosztásban) adhatnak.

A feladat megoldására az ismert berendezések különböző módszereket alkalmaznak (TDMA, ALOHA stb.). Valamennyiük közös jellemzője, hogy az alállomások a központ felé továbbítható üzeneteket tárolják és hosszabb-rövidebb csomagok formájában továbbítják. Minden üzenetcsomagot egy „fejléc” előz meg, amely a vevő felszinkronizálását és a forrás azonosítását célozza.

Az IER berendezés ugyanezt a célt egyszerűbben oldja meg: az alállomás-központ irányban ugyanazt a 10+1 PCM csatornás szervezést alkalmazza, mint a központ-alállomás irányban. Ezt úgy valósítjuk meg, hogy az egyes állomások csak a PCM keret azon időréseiben sugároznak, amelyek a hozzájuk tartozó előfizetőknek vannak kiosztva. A kisugárzott csomagok úgy vannak időzítve, hogy azok egymás után, rés és átlapolódás nélkül érkezzenek. Ennek érdekében az alállomások a központi állomás órajelével szinkronizált órajellel adnak és az alállomásoknak a központtól való különböző távolságát (a különböző terjedési időket) késletetőkkel egyenlítjük ki. A késletetést valamennyi hurokban (a 400 km max. nyomvonalhosszat figyelembe véve) 4 ms-ra egészítjük ki, a kiegyenlítés pontossága 0,05 T<sub>bit</sub> = 70 ns.



A modulációs rendszer kétállapotú FSK, limiter-diszkriminátoros detekcióval, így vivővisszaállításra nincs szükség. A modulációs index 0,7, a kisugárzott jel spektrumát a modulátor előtti alapsávi szűrő korlátozza, ez kompakt spektrumot és ugyanakkor jó energetikai hatékonyságot eredményez. A kisugárzott jel spektrumát a 2. ábra, a hibaarányt a jel-zaj viszony függvényében a 3. ábra a) görbéje mutatja.

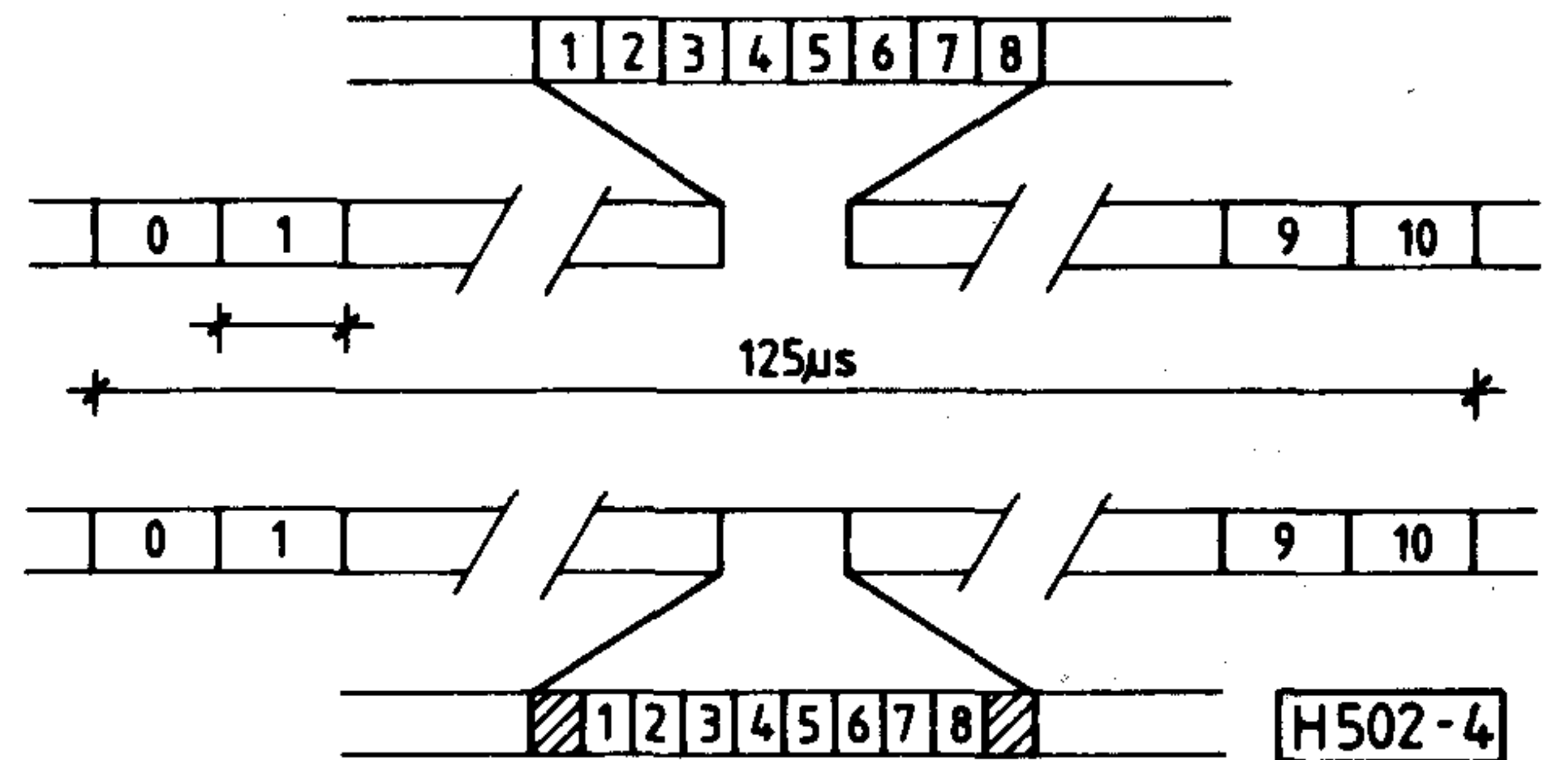


3. ábra. Hibaarány a jel-zaj viszony függvényében  
a) időzítési hiba nélkül  
b) 100 ns, c.) 200 ns időzítési hibával

A központi állomási regenerálásra — mint fentebb említettük — az adóoldalról származtatott órajel szolgál. Ezért a rendszer működését a jel terjedési idejének bármely — pl. a levegő törésmutatójának meteorológiai okokból — bekövetkező változása befolyásolja. A meteorológiai statisztikák alapján a törésmutató figyelembeveendő valószínűséggel bekövetkező relatív változása max.  $4 \cdot 10^{-4}$ , ami 40 km-es állomástávolságnál kb. 110 ns késleltetés-változást okoz; ez a jel-zaj viszony tartálékot 0,5 dB-nél kevesebbel csökkenti (lásd a 3. ábra b és c görbéjét). A TKI-PKI-Gödöllői mikrohullámú Állomás között az 1984 október és 1988 február közötti kísérleti üzem alatt ilyen okra visszavezethető minőségromlást nem sikerült megfigyelni.

A csillagponti vevőkben az időrések határán véletlen amplitúdó és fázisugrások lépnek fel. Az amp-

litúdugrás hatását a limiter megszünteti, a fázisugrások a demodulátor kimenetén kb. 1 bit időtartamú tranzienszt okoznak. Ennek hatását a jelcsomagok elejére és végére beiktatott egy-egy védőbit szünteti meg (4. ábra). A jelsebesség az állomás-központ irányban ennek megfelelően 880 kbit/s.



4. ábra. Jelfolyam központ-állomás (a) és állomás-központ (b) irányban

A fenti jelátviteli rendszer alkalmazásával az IER berendezésben esik az óra- és a vivőszinkronizáció, a jelminták tárolása, a fejléceknek az átvitt jelhez való hozzáadása stb., ami jelentős áramköri egyszerűsítéseket eredményez.

### 3. Az IER berendezés felépítése és működése

#### 3.1 Állomástípusok

Az IER típusú berendezéssel kialakított hálózat (lásd pl. 1. ábrát) központi állomásból és állomásokból (ismétlő- és végállomásokból) épül fel: a központi állomás valamely távbeszélő központ előfizetői végződéséhez; az előfizetői készülékek pedig az állomásokhoz csatlakoznak. A hálózat az előfizetők földrajzi elhelyezkedése és a terepviszonyok szerint alakítható ki.

##### a. Központi állomás

A központi állomás egy CB távbeszélő központhoz kapcsolódik max. 64 (ill. 128) előfizetői érpáron, kéthuzalosan, célszerűen a távbeszélő központtal egy épületben, vagy annak közelében elhelyezve. Az előfizetőket szabadhozzáférésű rendszerben 10 átviteli vonalra koncentrálja. A 10 vonalat soros 10 csatornás PCM jelként állítja elő, és a PCM jelsorozatot rádiófrekvencián, az állomások földrajzi helyzete szerint szektor- vagy körsugárzó antennával kisugározza az állomások felé. A vételi oldalon a beérkező 10 PCM csatornás jelet a koncentrátor segítségével szétbontja, és hangfrekvencián a központ megfelelő előfizetői érpárajaira kapcsolja.



### b. Alállomás

Az alállomás ismétlő állomás vagy végállomás típusú lehet. Az ismétlő állomás veszi a központi állomás jeleit, továbbítja a hozzá kapcsolódó alállomás(ok) felé, valamint feldolgozza a hozzátartozó előfizetők számára. A hozzátartozó alállomás(ok) felől vett jelet, valamint a saját előfizetőkről érkező PCM jeleket időben összegzi, és a központi állomás felé továbbítja. A központi állomással egy frekvenciapáron, a hozzákapcsolódó további alállomásokkal egy másik frekvenciapáron tartja a kapcsolatot. A központ felé irányított antennával, a további alállomás(ok) felé irányított antennával vagy sektorsugárzóval üzemel.

A végállomás az ismétlőállomástól abban különbözik, hogy a központ felől érkező jelet nem küldi tovább, csak feldolgozza a hozzákapcsolt előfizetők számára.

Az alállomások a központi állomástól kapott utasítások alapján végrehajtják a hozzájuk tartozó előfizetőkre vonatkozó koncentrálsági feladatokat.

A hálózathoz 1...16 alállomás tartozhat, egy alállomáshoz 0...32 előfizető kapcsolódhat. Az előfizetői végződésre CB telefonkészülék kapcsolható, max. 1200 ohmos érpáron keresztül. Az előfizetői készülék helyére pénzbedobós készülék, vagy kéthuzalos adatátviteli modem is csatlakoztatható.

A láncbakapcsolt ismétlőállomások száma nem korlátozott, de a rendszerben kialakított leghosszabb nyomvonal max. 400 km lehet.

### 3.2. Általános működés

A rendszert minden vonatkozásban a központi állomás vezérlőrendszere vezérli. A központi állomás legfőbb funkciója a koncentráls, melyet a PCM csatornák kiosztása útján végez el úgy, hogy a PCM csatornákat a mindenkori forgalmi igényeknek megfelelően kiválasztott előfizetőnek adja: a forgalomban résztvevő előfizetők analóg-digitál átalakítóit (PCM kodekjeit) a kiosztott PCM időrésnek megfelelő időben engedélyezi, az éppen nem üzemelő előfizetők analóg-digitál átalakítóit pedig letiltja. A vezérlő a forgalmi igényekről egyrészt a telefonközpontból érkező csengetőjelből, másrészt az alállomásokról a vezérlőcsatornán érkező „fel-emelt kézibeszélő” állapotból értesül. Ha mind a tíz PCM csatorna foglalt, akkor a beérkező újabb forgalmi igényeket a rendszer normál körülmények között nem tudja kielégíteni. Kijelölhetők prioritással rendelkező előfizetők, kiknek forgalmi igényét a rendszer egy fennálló összeköttetés bontásával kielégíti. A felszabaduló csatornák újbóli kiosztása

során a központ felől érkező hívás egy alállomásról érkező hívással szemben prioritással rendelkezik.

A 10 + 1 PCM csatornás keret 0-ik időrése a forgalmi csatornák jelzésinformációjának (csengetés, kézibeszélő felemelés, tárcsaimpulzus, tarifainpulzus) a 16 távírócsatorna jeleinek (lásd később), valamint a rendszer működéséhez szükséges vezérlőinformációnak az átvitelére szolgál. A 0-ik időrés információi multikeretbe vannak szervezve, a multikeret 32 keretet tartalmaz.

A központ a PCM jelsorozatot 704 kbit/sec sebességgel továbbítja az alállomások felé. Az ismétlő-típusú alállomások a központ által sugárzott jelet regenerálás után teljes egészében továbbküldik, így a központ jele minden alállomáshoz eljut.

A központi állomás a vezérlő időrésekben cím szerint kérdezi az alállomásokat a forgalmi igényekről, ugyanakkor közli az alállomásokkal a koncentráls pillanatnyi állapotát. Az alállomások a forgalmi időrésekben és a 0-ik időrés jelzés bitjei helyén a koncentráls pillanatnyi állapotának megfelelően adnak, a vezérlő csatornát pedig csak kérdés után használják, ílymódon valósítva meg az időosztású működést.

Az alállomások a fentieknek megfelelően szakaszosan, egy-egy időrésnyi ideig (11,36 $\mu$ s) adnak. Adásszünetben az ismétlőállomási adók jelét nagycsillapítású kapcsoló nyomja el, az adást engedélyező kapujelet az alállomás vezérlőrendszere szolgáltatja.

A rendszer működésének legfontosabb része a szinkronizáció. Biztosítani kell a központi állomás, valamint az ismétlőállomások vevőjében azt, hogy a hozzájuk tartozó alállomások adása ne zavarja egymást, vagyis ne legyen jelátlapolódás. Ezért az alállomások jele késleltetően keresztül kerül adásra.

A késleltetők a hálózat első szintjén (közvetlenül a központi állomással kapcsolatban lévő alállomásokon) úgy vannak beállítva, hogy a különböző alállomásokról érkező jelek multikereteinek jellemző időpontjai a központi állomás vevőjében pontosan megegyezzenek. Az eltérés max. 0,05 bitidő lehet.

A késleltetők a hálózat további szintjein úgy vannak beállítva, hogy az ismétlőállomások saját üzeneteinek időpontjai és a hozzájuk tartozó alállomások üzeneteinek jellemző időpontjai összeessenek. Az ismétlőállomás vezérlőrendszere nyilvántartja mind a saját, mind a hozzátartozó alállomások forgalmát, így a központi állomás felé irányuló adást mind a saját üzenetei, mind a hozzátartozó alállomások üzenetei tartamára engedélyezni tudja.

A késleltetések fentiek szerinti beállításával az alállomásokról a központ felé küldött üzenetek a központi állomáson folytonos 10 + 1 PCM csatornás keretté (multikeretté) állnak össze; ennek időzítése



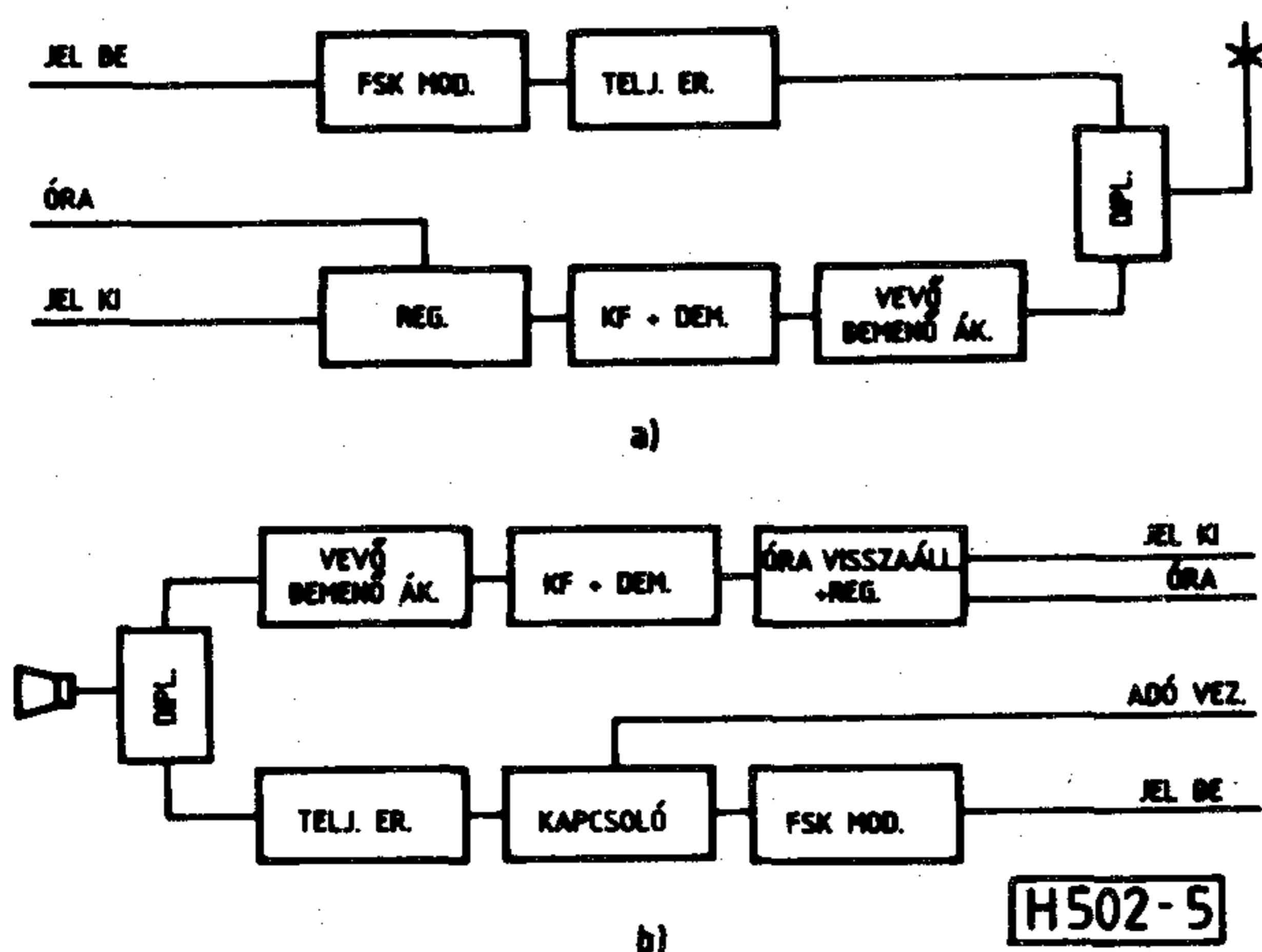
ugyanakkor megegyezik a központi állomásról küldött multikerettel, ez nagymértékben leegyszerűsíti a vett jel — többek között a 0-ik időrés feldolgozását.

Az IER berendezés a 0-ik időrésben (a távbeszélő-csatornák forgalmától függetlenül) max. 16 duplex, 50 Bd sebességű távírócsatornát is biztosít. A távírócsatornák az állomások között tetszőlegesen (de előre meghatározott módon) szétoszthatók. A központi állomáson a távírócsatornák a távíróközpontból érkező szabvány telexvonalakra kapcsolódnak, az állomásokon a végződésekre két- vagy négyhuzalos módon közvetlenül telexgépek köthetők.

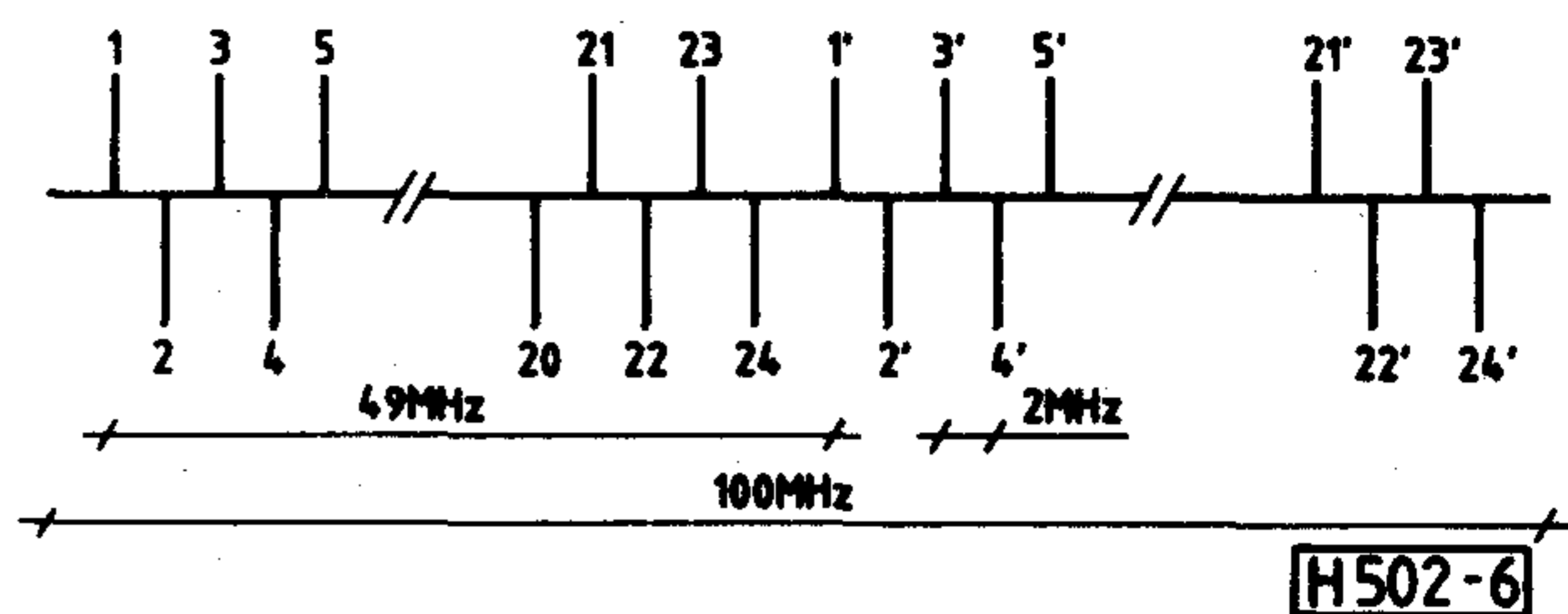
### 3.3 Rádiórendszer

Az IER berendezés adó-vevői az 1,5 GHz-es sávban működnek, a központi állomás és az ismétlőállomások a hozzájuk tartozó alállomásokkal egy-egy frekvenciapáron tartanak kapcsolatot (az 1. ábra példa-hálózatán a vivőfrekvenciákat is feltüntettük). A modulációs rendszer 2-FSK, a modulációs index 0,7. Az átvilendő jel az adó-oszcillátor frekvenciáját közvetlenül modulálja, a kisugárzott jel spektrumát a modulátor előtti alapsávi szűrő korlátozza. A vevő két transzponálást alkalmaz, az információt limiter-diszkriminátor állítja helyre. A központi állomási antenna és az ismétlőállomások alállomás oldali antennái kör- vagy sektorsugárzók, az állomások központ oldali antennái irányítottak. Az adók és a vevők közös antennához csatlakoznak.

A központi állomási és az alállomási adó-vevők egyszerűsített blokkvázlatát az 5. ábra mutatja. Az adóteljesítmény 2 W, a vevő zajtényező 4 dB, a fadingtartalék — 40 km állomás-távolság és 50 m antennakábel számításbavételével — min. 20 dB.



5. ábra. Központi állomási (a) ill. alállomási (b) adó-vevő blokkvázlata



6. ábra. Az IER berendezés frekvenciaterve

Földrajzilag közeli adók és vevők kölcsönös rádiófrekvenciás zavarásának elkerülésére az IER 64/1500 rendszer az erre a célra számos postaigazgatóság által használt 1427 — 1525 és 1559 — 1659 MHz frekvenciasávokban 24 frekvenciapáron való működést tesz lehetővé, a 6. ábra frekvenciatervei szerint\*. A közös antennához csatlakozó adók és vevők frekvencia-távolsága 49 MHz, a legközelebbi adási illetve vételi frekvenciák távolsága 2 MHz. Nagyobb számú előfizető esetén egy helyen több központi állomás létesíthető; ezek közös kör- vagy sektorsugárzóval üzemeltethetők. Ebben az esetben az adási illetve vételi frekvenciák minimális távolsága 8 MHz.

### 3.4 Üzemfelügyelet

Az IER 64/1500 berendezéshez beépített üzemfelügyeleti rendszer tartozik, amelynek segítségével egyrészt maga a berendezés felügyelet nélkül üzemeltethető, másrészt az alállomási távbeszélő vonalak üzem közben ellenőrizhetők. A berendezéshez a központi állomáson távfelügyeleti egység (képernyő és billentyűzet) tartozik, amely a központi berendezéshez max. 150 m hosszúságú vonalon csatlakoztatható.

A távfelügyeleti információk katódsugárcsöves képernyőn jelennek meg, a távfelügyeletbe bevont alállomási jellemzők (távmerési adatok) alfanumerikus billentyűzettel hívhatók le, és a forgalomba ugyanezen keresztül lehet beavatkozni.

A távfelügyeleti rendszer automatikusan figyeli a központi és az alállomási berendezések legfontosabb üzemi jellemzőit, és a következő jellemzők állapotát folyamatosan kijelzi a képernyő állapotjelző üzemmódjában:

\* A berendezés áramkörei ennél nagyobb (1350—1550 illetve 1550—1700 MHz) sávban való működésre alkalmasak.



- Központi állomáson: adószint; vevőszint; primer tápfeszültség.
- Alállomásokon: általános működőképesség; toronyvillágítás; konténer hőmérséklet; adószint; vevőszint; csengetőgenerátor működése; konténer fűtése; primer tápfeszültség; konténerajtó állapota.

Az alállomási paraméterek bármely alállomásról max. 5 másodpercenként kerülnek továbbításra a központba. Kezelői beavatkozással lehetőség van

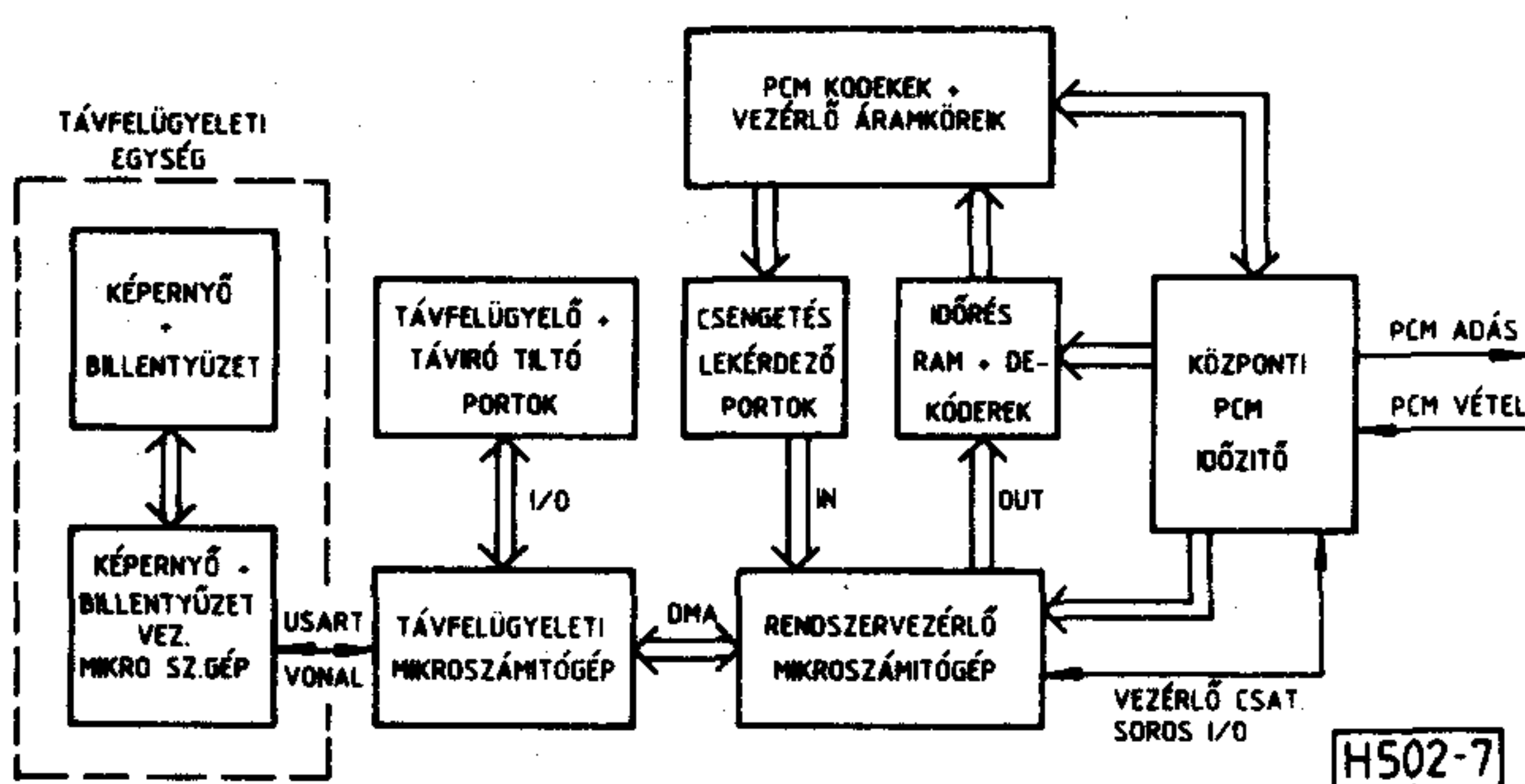
- adott kapcsolási számú előfizetőknek prioritás adására a normál előfizetőkkel szemben (az időrések foglalhatóságára vonatkozóan),
- adott kapcsolási számú előfizetőknek fix időrés kijelölésére,
- bármely előfizetőnek a forgalomból való kizárására.

Kezelői beavatkozással — távméréssel — mérhetők bármely alállomási távbeszélő előfizetői vonal egyen- és váltóáramú impedanciái, külön A és B ágra, a földhöz képest. Ez a távmérés a forgalom lényeges megzavarása nélkül, üzem közben is elvégezhető. Mérhető továbbá bármely alállomási konténer belső hőmérsékletének pillanatnyi értéke is.

A kezelői beavatkozással végzett távfelügyeleti műveleteket a parancs indításától az eredményeknek a képernyőn való megjelenítéséig a vezérlő rendszer automatikusan hajtja végre, és a végrehajtás közben nem akadályozza a rendszer alapfunkcióit (koncentrálás).

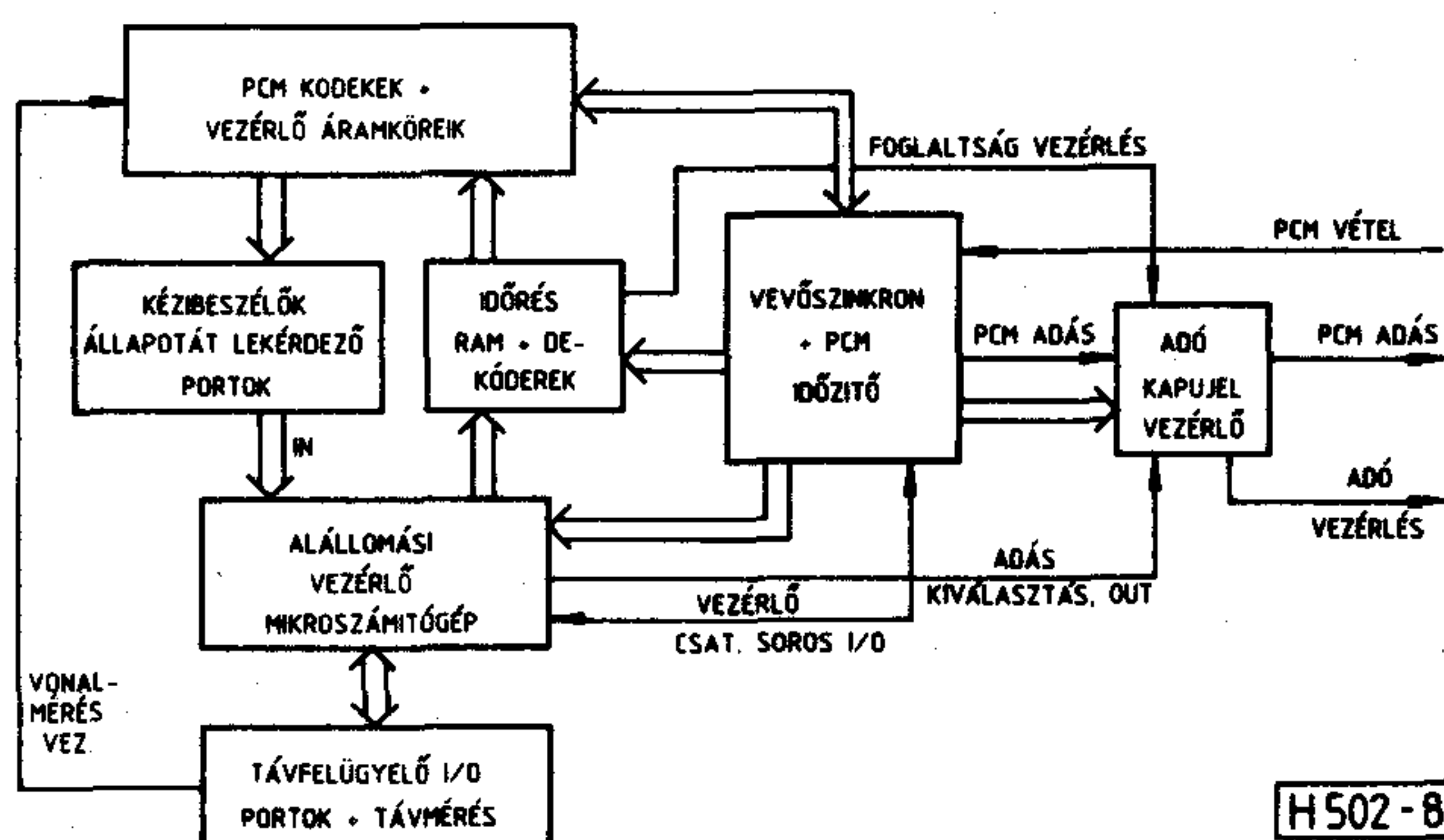
### 3.5 Vezérlés (software)

Az IER 64/1500 berendezésben a rendszer logikai működését a központi és az alállomási vezérlő irányítják. A vezérlés két fő feladatcsoportra bontható: a koncentrálási funkciók vezérlése és a távfelügyeleti funkciók vezérlése; a két fő feladatot a vezérlő rendszer közösen végzi. A vezérlő rendszer blokkvázslatait a 7. és 8. ábrák mutatják. A blokkvázlatokból kitűnik, hogy a központi állomáson három, az



7. ábra. Központi állomási vezérlő blokkvázlata

alállomásokon egy-egy mikroszámítógép van beépítve a vezérlő rendszerbe, így eredőül egy több



8. ábra. Alállomási vezérlő blokkvázlata

processzoros, összetett vezérlő rendszer jön létre.

A központi vezérlő és az alállomási vezérlők közötti kapcsolatot a kétirányú vezérlő csatornán keresztül a PCM multiplex rendszer szinkronizmus segítségével létrejövő soros vezérlőadat átvitel biztosítja. A kétirányú adatátvitelt az alállomások közösen használják, de alállomás-központ irányban egyidejűleg mindig csak egy alállomás adhat a vezérlőcsatornán keresztül.

A vezérlési feladatok egy részét a két blokkvázlattal bemutatott hardware másik részét a mikroszámítógépekbe beépített software végzi. A blokkvázlatokon szereplő mikroszámítógépek és software-jeik az alábbi módon osztoznak a vezérlési feladatokon.

**Rendszervezélő mikroszámítógép:** ebben két program fut párhuzamosan, egy interrupt-szintű és egy normál szintű program. Az interrupt-szintű program a központi időzítőből érkező „vezérlő időrés” -jellel van összeszinkronizálva, és feladata az alállomásokkal kapcsolatot teremtő vezérlő adatátvitel lebonyolítása és feldolgozása, továbbá az alállomások lekérdezési műveleteinek lebonyolítása. A normál szintű program a központi időzítéshez képest szabadon fut, és feladatai a következők: az előfizetők csengetési állapotának IN-portokon keresztül történő lekérdezése; a központ-oldali koncentrálási (időrés-kiosztási) állapotokat meghatározó időrés-RAM OUT-porton keresztül történő vezérlése; az alállomásokról a vezérlő adatátvitelen át kapott interrupt-programból átvett információk feldolgozása; a rendszerben lévő előfizetők állapotának nyilvántartása; az időrés-kiosztási vagy elvételei parancsok teljes rendszerben történő műveleteinek végrehajtása; a vezérlő adatátvitelből érkező alállomási állapotjelzések továbbítása a távfelügyeleti mikroszámítógépbe; a távfelügyeleti mikroszámítógépekből érkező távfelügyeleti parancsok végrehajtása. A rendszervezélő mikroszámítógép



kétirányú DMA-n (közvetlen memória hozzáféréssel) keresztül tart kapcsolatot a távfelügyeleti mikroszámítógéppel.

*Távfelügyeleti mikroszámítógép:* az előzőhöz hasonlóan ebben is kettős szintű program fut. Az interrupt-szintű program végzi az alállomásoktól származó különböző mikrohullámú vevőszinteket szelektíven érzékelő detektor állapotjelzéseinek feldolgozását. A normál szintű program végzi a távfelügyelet körébe tartozó összes többi feladatot: kapcsolatot tart a rendszervezérlő mikroszámítógéppel, és feldolgozza a rendszerből érkező távjelzési és távriasztási adatokat; előállítja a távfelügyeleti egység képernyőjén megjelenő különféle állapot-jelző ábrákat, és az ezekben szereplő adatok dinamikus vezérlését; feldolgozza a távfelügyeleti egységből érkező kezelői parancsokat; a vezérlő rendszer többi részével végrehajtja a távfelügyeleti parancsokat és ellenőrzi azok végrehajtását; vezérli a központ oldali távfelügyeleti és távíró-tiltást végző I/O portokat.

*Képernyő és billentyűzet-vezérlő mikroszámítógép:* közvetlenül vezérli a távfelügyeleti egység képernyőjét, és kezeli a billentyűzetet. Kétirányú USART-vonalon keresztül tart kapcsolatot a távfelügyeleti mikroszámítógéppel.

*Alállomási vezérlő mikroszámítógép:* ebben is egy interrupt-szintű és egy normál szintű program fut párhuzamosan. Az interrupt-szintű program a PCM időzítőből érkező „vezérlő időrés”-jellel van szinkronizálva, és feladata a központtal kapcsolatot teremtő adatátvitel lebonyolítása és a központból érkező koncentrálsági vagy távfelügyeleti parancsok feldolgozása, továbbá a lekérdezésre adott válaszok feldolgozása. A normál szintű program az időzítőkhöz képest szabadon fut, és feladatai a következők: az előfizetők kézibeszélőinek felemelt/letett állapotának IN-portokon keresztül történő lekérdezése; az alállomás-oldali koncentrálsági (időrés-kiosztási) állapotokat meghatározó időrés RAM+DEKÓDEREK vezérlése; adó kiválasztás (kapuzás) vezérlése; távjelzésbe bevont alállomási jellemzők IN-portokon keresztül való figyelése és a távjelzések elindítása a központ felé.

A vezérlés fent leírt hardware és software részének együttes működését egy példa segítségével mutatjuk be. Tekintsünk egy jellegzetes időrés-kiosztási műveletet, melyben az n-ik számú alállomáshoz tartozó m-ik számú előfizető a kézibeszélője felemelésével vonalat kér és kap. A vezérlő rendszerben ekkor időben egymás után a következő műveletek mennek végbe:

- Az n-ik alállomáson lévő vezérlő mikroszámítógép az előfizetői állapotokat érzékelő IN-portok folyamatos lekérdezése közben azt találja, hogy az m-ik előfizető kézibeszélője fel van

emelve. Ennek hatására előállítja az „n-ik alállomáson kérés van” — állapotot, és behatárolja az „m-ik előfizető vonalat kér” — üzenetet. Az n-ik alállomási vezérlő a továbbiakban várakozik, hogy a központi vezérlő őt lekérdezze.

- A központi vezérlő a vezérlőcsatornán keresztül egymás után lekérdezi az alállomásokat, hogy van-e valamilyen állapotváltozással kapcsolatos kérésük. Tegyük fel, hogy az n-ik előtti alállomások sorban mind azt válaszolják, hogy „NINCS KÉRÉS”. Ezekkel az alállomásokkal a központ most nem foglalkozik tovább. Ezután a központi vezérlő elküldi az n-ik alállomás lekérdezését.
- Ezt a lekérdezést az n-ik alállomás vezérlője veszi, és az „n-ik alállomáson kérés van” — üzenetet küldi vissza a vezérlő csatornán át a központi vezérlőnek.
- A központi vezérlő veszi ezt az üzenetet, elküldi az alállomások felé az „n-ik alállomás válaszoljon” — üzenetet, és egyúttal a szükséges idejű adatátvitelre engedélyezi az n-ik alállomás adását.
- Az n-ik alállomás vezérlője veszi a számára küldött engedélyezését és ennek hatására kiadja az „m-ik előfizető vonalat kér” — üzenetet.
- A központi rendszervezérlő mikroszámítógép interrupt-programja veszi az „m-ik előfizető vonalat kér” -üzenetet, és ezt átadja a normál szintű programnak. Ugyanakkor nyugtázásképpen visszaküldi az n-ik alállomásra a „vettem: az m-ik előfizető vonalat kér” — üzenetet.
- Az n-ik alállomás vezérlője veszi a „vettem: Az m-ik előfizető vonalat kér” — nyugtázást, és ennek hatására törli a „kérés van” — állapotát, és az „m-ik előfizető vonalat kér” — üzenetét.
- Közben a központi rendszervezérlő mikroszámítógép normál szintű programja az előfizetői állapot-nyilvántartásában tárolta az „m-ik előfizető vonalat kér” — állapotot. Ugyanez a program folytonosan lekérdezi a saját előfizetői állapot-nyilvántartását. Amikor az m-ik előfizetőhöz ér, azt találja, hogy az „m-ik előfizető vonalat kér”. Ennek hatására elindítja az időrés-kiosztási műveletet az m-ik előfizető számára. Először az időrés foglaltsági nyilvántartásában megvizsgálja, hogy van-e szabad időrés (PCM csatorna). Tegyük fel, hogy azt találja, hogy az 5. időrés szabad. Ekkor kidolgozza az „n-ik alállomáson lévő m-ik előfizető megkapja az 5. időrés” — parancsot, és ezt a parancsot átadja az interrupt-szintű programjának, ezután várakozni kezd.
- A központi rendszervezérlő mikroszámítógép interrupt-szintű programja átáll parancsfeldolgozási állapotba, és elküldi az „n-ik alállomáson



lévő m-ik előfizető megkapja az 5. időrést" — parancsot az alállomások felé, egyúttal a szükséges idejű adás-engedélyezést is elküldi az n-ik alállomásnak, hogy az majd visszaküldhesse nyugtázását.

- Az n-ik alállomás mikroszámítógépe veszi a fenti parancs-üzenetet. Ennek hatására nyugtázásképpen visszaküldi a központi vezérlőnek a „vettem: n-ik alállomáson lévő m-ik előfizető megkapja az 5. időrést" — üzenetet, ugyanakkor végrehajtja a neki szóló parancsot: ennek megfelelően vezérli az IDŐRÉS+DEKÓDER áramkörét, aminek következtében az m-ik előfizetőhöz tartozó kodek és az alállomási adó engedélyező kapujelet kap az 5. időrés idejére. Ezzel az időrés-kiosztási művelet az alállomási oldalon befejeződik.
- A központi állomási rendszervezérlő mikroszámítógép interrupt-szintű programjával veszi a „vettem: az n-ik alállomáson lévő m-ik előfizető megkapja az 5. időrést" — nyugtázást, ennek hatására kilép a parancs-feldolgozási állapotból, és normál szintű programjának (amely a parancs elindításától számítva idáig várakozott) átadja azt a jelentést, hogy az „elindított parancs rendben végbement". Ekkor a normál szintű program kilép a várakozásból, és a központ-oldalon is befejezi az időrés-kiosztási műveletet: az eredeti parancsnak megfelelően vezérli az IDŐRÉS RAM+DEKÓDER OUT-portját, aminek következtében a központ-oldalon az m-ik előfizetőhöz tartozó kodek engedélyezést kap az 5. időrés idejére, továbbá a saját előfizetői állapotnyilvántartásában és időrés-foglaltsági nyilvántartásában elkönyveli, hogy az m-ik előfizető foglalja az 5. időrést.
- A teljes időrés-kiosztási művelet befejeződik: az előfizetői vonal az IER berendezésen keresztül összekapcsolódott a távbeszélő központtal; a jelzésátvitel ezzel együtt megkezdődik: az előfizetői kézibeszélő felemelt állapotának jelzése a központba jut, aminek következtében az előfizető tárcsahangot kap a vonalon keresztül és tárcsázhat.

A fenti példában részletezett művelet-sorozat kb. 60 ms időt vesz igénybe, ami azt mutatja, hogy az IER berendezés vezérlő rendszerének működési ideje elegendően kicsi a távbeszélő központ működési idejeihez képest.

#### 4. Berendezések

Az IER 64/1500 típusú berendezésekkel kiépített hálózat központi állomásokról és alállomásokról épül fel. A központi állomások általában zárt térben,

az alállomások általában szabadterben kerülnek felállításra.

#### 4.1 Általános felépítés

A berendezés elektromos egységei hegesztett acéllemezből készült faliszekrényben (konténerben) helyezkednek el, amely mind zárt, mind szabad térben való telepítésre alkalmas.

A berendezés mérsékelt klímaterületen való felhasználásra készült. A zárttéri telepítésű berendezések  $+5^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$ , a szabadtéri telepítésű berendezések  $-30^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$  hőfoktartományban üzemképesek. A szabadtéri telepítésű berendezésekben fűtőautomatika gondoskodik arról, hogy a konténer belsejében a hőmérsékletváltozás ne haladja meg a zárttéri kivitelnél megengedett mértéket.

A konténer külső méretei:  $900 \times 530 \times 330$  mm, tömege (beszerelt berendezéssel együtt): 70 kg.

A berendezések üzemeltetéséhez szükséges hálózati táplálás, az alapsávi és mikrohullámú jelek csatlakoztatása a konténer alján, tömszelencéken átvezetett kábelekkel történik.

A konténer belső kialakítása olyan, hogy az egységekkel beültetett, kábelezett keret összefüggő szerelvényként a konténerbe helyezhető, csavarokkal rögzíthető és dugaszolható csatlakozókkal beköthető.

A keret 3 emeletet tartalmaz, mindegyike 2 Európa magasságú (233,4 mm) egységet fogad be. A keret szélessége 482,6 mm (19").

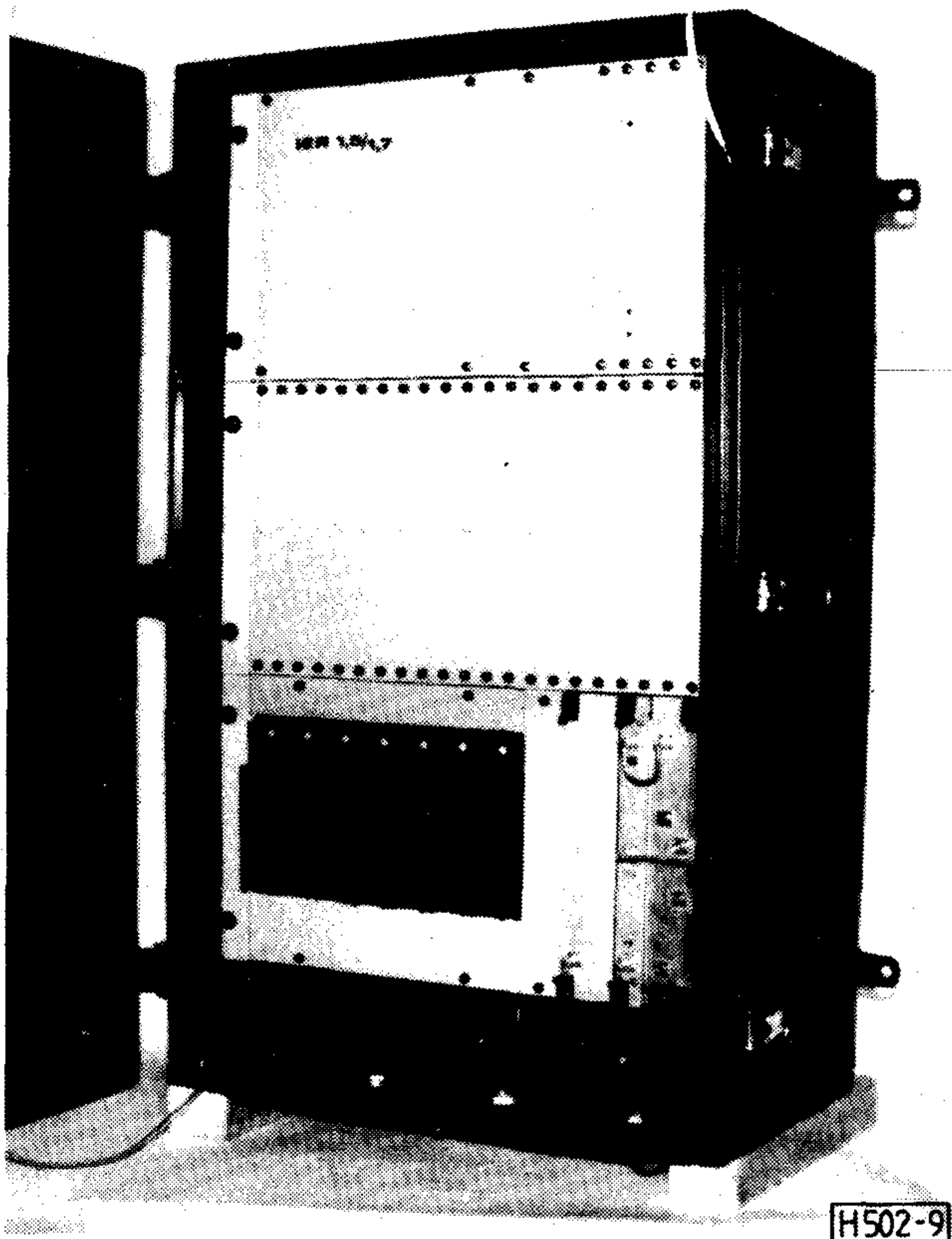
A legalsó emeleten a nagyobb súlyú és magasabb hőmérsékletű tápegységek, valamint a mikrohullámú áramkörök helyezkednek el. A tápegységek zárt, jó mágneses árnyékolást nyújtó dobozokba, a mikrohullámú áramkörök rádiófrekvenciás zártságot biztosító (aluminiumötvözetből marással kialakított) tömbökbe épültek.

A felső két emelet a vezérlő, távbeszélő, távíró valamint az üzemfelügyeleti egységeket tartalmazza. Ezek nyomtatott áramköri lapra szerelt, előlappal ellátott egységek. Dobozolatlanok, függőleges helyzetük jó hőáramlást tesz lehetővé, elősegítve ezzel mind az egységek környezetében, mind a konténer egészében a kedvező hőeloszlást. Valamennyi egység dugaszolható kivitelű.

A berendezés egységei korszerű elemek felhasználásával készültek. A tápegységek jó hatásfokú, kapcsolóüzemű kivitelűek. A mikrohullámú áramkörök duroid lemezen kialakított mikrosztrip vonalakkal és chip alkatrészekből épülnek fel.

A távbeszélő és távíró alapsávi áramkörök, a vezérlő és üzemfelügyeleti egységek, LSI integrált áramkörök (szűrők, memóriák, kodekek, mikroprocesszorok) és korszerű technológiájú elemek





9. ábra. Konténerbe szerelt alállomás

(MOS, TTL, LS és CMOS) alkalmazásával készültek. Egy konténerbe szerelt alállomás fényképét a 9. ábra mutatja.

#### 4.2 Mikrohullámú adó-vevők

A mikrohullámú adók és vevők egy-egy komplex egységet alkotnak: egyetlen márt doboz rekeszeiben vannak elhelyezve mindazon áramkörök, amelyek a teljes adó és vevő funkció ellátásához szükségesek. Ilyen módon az adónak egy alapsávi digitális jeleket fogadó bemenete és egy mikrohullámú kimenete van, a vevőnek pedig egy mikrohullámú bemenete és egy alapsávi digitális jeleket szolgáltató kimenete. A központi állomás és az alállomás vevője azonos felépítésű és konstrukciójú. Az adók szintén egyforma mechanikai és elektromos konstrukciójúak a funkciójukból eredő eltérésekkel: az alállomás adója vezérelt kapcsolókat is tartalmaz. A mikrohullámú áramkörök dielektromos hordozón szalagvonalas kivitelben, hibrid integrált technológiával, a KF és alapsávi áramkörök nyomtatott áramköri lemezen korszerű alkatrészek felhasználásával készülnek.

Az adók és vevők teljes sávú működésre alkalmasak, működési frekvencia a frekvencia-szintetizátorok programozásával jelölhető ki.

A kompakt felépítésének és a korszerű technológiának köszönhetően az egységeket jó hatásfok és igen nagy megbízhatóság jellemzi.

#### 4.3 Áramellátás

A központi állomást a helyi távbeszélő központ tápfeszültsége látja el (-48 V +15, -20%). Teljesítményfelvétel 64 előfizető esetén: 100 W.

Az alállomások 220 V  $\pm$  15%, 50 Hz  $\pm$  2 Hz hálózati feszültségről üzemelnek, ebből egy külön konténerben elhelyezett 220/48 V-os átalakító szolgáltat szünetmentes 48 V-os egyenfeszültséget.

A szünetmentes csepptöltéses, puffer áramforrás 50 A ó kapacitású akkumulátorral rendelkezik, mely áramkimaradás esetén 8 órai üzemet biztosít.

Teljesítményfelvétel ismétlő- és végállomásnál 12 előfizető esetén 70 W.

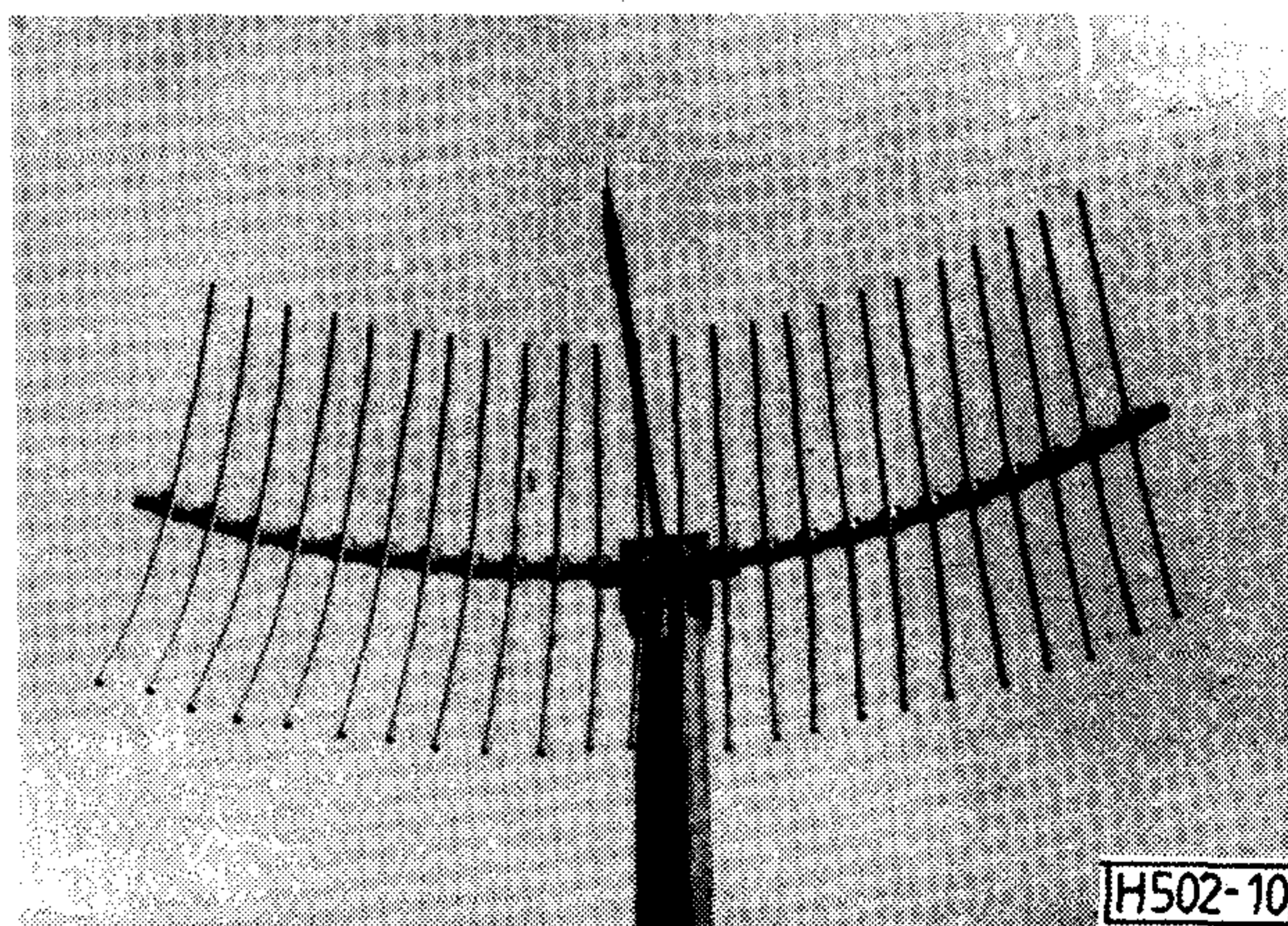
#### 4.4 Antennák

A mikrohullámú jelek sugárzása és vétele központi állomáson kör- vagy sektorsugárzóval, ismétlőállomásokon szektor- vagy tölcésr-sugárzóval, végállomásokon tölcésr-antennával vagy rudakból kialakított könnyűszerkezetű parabolaszegmens antennával történik.

Antenna választék:

Központi állomáson:	
kör-sugárzó	9 dB nyereséggel
szektor-sugárzó (60°)	13 dB nyereséggel.
Ismétlő- és végállomáson:	
szektor-sugárzó (60°)	13 dB nyereséggel
tölcésr-sugárzó	10,15,20 dB nyereséggel
parabolaszegmens	17 dB nyereséggel.

Az antennák akár függőleges, akár vízszintes polarizációval üzemeltethetők. A parabolaszegmens antenna fényképét a 10. ábra mutatja.



10. ábra. Parabolaszegmens antenna



## 5. Hivatkozások

[1] Italtel (Italy) katalógus: RTR 102 Rural Radiotelephony System.

[2] Farinon (Canada) katalógus: Subscriber Radio for the 1,5 GHz Band.

[3] SR Telecom (Canada) katalógus: SR-1536 Subscriber Radio for the 1,5 GHz Band.

[4] ITT-Bell (Antwerpen) katalógus: Rural Radio Telephone System 2000.

[5] Harris (USA) katalógus: LRD-1500 Point-to-Multipoint Radio System

[6] TRT (France) katalógus: TRT-1500 Modular Rural Telephone System.

[7] Időosztásos működésű előfizetői rádió távbeszélő berendezés rendszerterve. TKI Intézeti tanulmány, 1980.

[8] G.Battistig, A. Benedek, A. Marczy and P.Róna: A Simple Point-to-Multipoint Subscriber Radio System in the 1,4 GHz Band, IEEE Int. Conf. on Communications, Chicago (USA) ICC '85. pp 740—743.

# A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

1988. évi egrl

## ALKATRÉSZ SZEMINÁRIUMÁNAK HATÁROZATAI

Az Alkatrész Szeminárium, mint társadalmi fórum több évtizedes hagyományinak megfelelően ebben az esztendőben is megvitatatta a magyar elektronikai ipar és ezen belül a magyar elektronikai alkatrész ipar helyzetét és jövőjét.

Az elhangzott előadások, viták, szakértői megbeszélések és javaslatok alapján a Szeminárium az alábbi határozatot hozta:

1. A Szeminárium megállapítja, hogy az 1987. évi pécsi Alkatrész Szeminárium óta eltelt egy esztendő alatt

— tovább nőtt a magyar elektronikai ipar és azon belül — az Elektronika Központi Fejlesztési Program létezése ellenére is — a magyar elektronikai alkatrészipar elmaradottsága, nem csak a világ élvonalához, hanem a tőkés és szocialista kis országok fejlődéséhez képest is;

— az ország illetékes vezető testületei még nem dolgoztak ki egy megoldást biztosító, hosszútávú koncepciót a hazai elektronikai ipar elmaradottságának megállapítására és felszámolására;

— újra bebizonyosodott, hogy a felzárkózás reményét is csak egy minden eddiginél magasabb színvonalú nemzetközi együttműködéstől remélhetjük;

— bebizonyosodott, hogy tovább nehezül a szocialista országokkal való kutatás-fejlesztési és gyártás megosztási együttműködés és az 1988 végére kialakult körülmények azt igazolják, hogy a magyar elektronikai ipar elmaradottságának megállítását, illetve felszámolását csak a fejlett tőkés országokkal való közös érdekeltégű együttműködéstől remélhetjük;

— bebizonyosodott, hogy a vásárolható licencek és a know-howok nem lehetnek alkalmasak a magyar elektronikai ipar kívánt ütemű és színvonalú felzárkózására;

— felzárkózásunkat az együttműködésben kell keresni, még akkor is, ha tudjuk, hogy ezen együttműködés olyan feltételrendszer kielégítését kívánja, amely csak további átfogó reformmal valósítható meg;

— az átfogó megoldás reményét adó, ipari koncepció hiányában, felbátorodtak a totális abbahagyásra biztató erők és ilyen javaslatok megvitatására, még országos szintű gazdasági testület is fórumot biztosított.

Ennek nyomán, fokozódott az iparon belüli elbizonytalanodás, még akkor is, ha az ilyen javaslatok visszautasítást kaptak.

Ezen vita ismerete tovább növelte fiatal mérnökeinkben, jövőjük külföldön történő megoldáskeresési szándékát.

2. A magyar elektronikai ipar problémáinak átfogó megoldásáig, a rendelkezésre álló lehetőségeken belül is, mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy lemaradásunk növekedése minél kisebb legyen:

— az elektronikai Központi Fejlesztési Program, valamint az ipari és vállalati lehetőségek által biztosított feltételeken belül is töretlenül fejleszteni kell alkatrész iparunkat;

— minden rendelkezésre álló eszközzel elő kell segíteni berendezésgyártó iparunk — lehetséges mértékű — termékstruktúra-átalakítását, a rendszerek szállítására való felkészülést, az indokolatlan párhuzamosságok felszámolását, erőink — eszközeink hatékonyabb összefogását, a vállalatok közötti együttműködés javítását, stb.;

— támogatnunk kell, hogy a Magyar Posta távközlési hálózatfejlesztésén belül minél magasabb szintű legyen a hazai elektronikai berendezésgyártó ipar szerepe;

— sikerre kell vinni az OKKFT programokban megfogalmazott kutatás-fejlesztési feladatok megoldását;

— az adott viszonyok között is töretlenül fáradozni kell, hogy a szocialista országok közötti kétoldalú kapcsolatok minél eredményesebbek legyenek;

— a mindenkor adott feltételek között is folyamatosan keresni kell a fejlett iparú országokkal való közös érdekeltégű együttműködés lehetőségeit;

— töretlenül fáradozni kell a szakemberképzés és továbbképzés feltételeinek javításán.

3. Az Alkatrész Szeminárium nélkülözhetetlennek ítéli az EGFP, valamint az OKKFT programok, továbbá az ipari tárca-programok, valamint a vállalati programok eddiginél sokkal hatékonyabb összehangolását. Nélkülözhetetlennek ítéljük az OKKFT programok jelenlegi megosztott irányításának azonnali felszámolását is.

4. Az Alkatrész Szeminárium a magyar elektronikai ipar jelenlegi adottságai mellett is szükségesnek ítéli, egy megfelelően felszerelt, ipari közös bázisként működni képes, alkatrész-vizsgáló állomás felállítását és működtetését, a magyar elektronikai berendezésgyártók és alkatrészfelhasználók által megfogalmazott szolgáltatások és műszaki követelmények teljesítésének ellenőrzésére, továbbá a minősítési és nimóségtanúsítási feladatok ellátására.

Szükségesnek tartja továbbá egy technológiai információs rendszer és megbízhatósági adatbank ipari közös bázisként való létrehozását és működtetését is.

5. Az Alkatrész Szeminárium felkéri tudományos Egyesületünket, valamint a MTESZ vezetését, hogy az 1988. évi határozatokat — mint társadalmi fórum javaslatait — terjessze az illetékes szervek elé.

Eger, 1988. október 28.





## **BERUHÁZÁS HELYETT – KÖLCSÖNÖZZÖN MŰSZERT!**

DEVIZA NÉLKÜL is hozzájuthat a legkorszerűbb precíziós műszerekhez!

MEGTÉRÜL A KÖLCSÖNDÍJ, mert:

A megfelelő időszakban rendelkezésre álló, MÉRÉSAUTOMATIZÁLÁSRA is alkalmas korszerű műszerek használatával időt, munkaerőt, adót, amortizációs költségeket, javítási-karbantartási költséget takarít még.

**NE FELEDJE:** egy műszer haszna a mérésekből – nem pedig a tulajdonjogból ered!  
**NE SZAPORÍTSA KIHASZNÁLATLAN ESZKÖZEIT!**

**ÓRIÁSI VÁLASZTÉK:** oszcilloszkópok, multiméterek, jelgenerátorok, analizátorok, mérésadatgyűjtők, regisztrálók, analitikai-környezetvédelmi műszerek, rendszervezérlok, stb., stb.

**ÁLL AZ ÖN RENDELKEZÉSÉRE!**

FOGYÓANYAG, TARTOZÉK pótlás, – ugyancsak forintért!

LIZING LEHETŐSÉG: egyes műszer, vagy számítógép típusokra!

SZAKTANÁCSADÁS · HÁZHOZZÁLLÍTÁS · BEMUTATÁS!

**KÉRJE INGYENES KÖLCSÖNMŰSZER-KATALÓGUSUNKAT!**

FELVILÁGOSÍTÁS, ELŐJEGYZÉS, ÜGYINTÉZÉS: 450-903 vagy 66-23-66/176 telefonon.  
MTA MŰSZERÜGYI ÉS MÉRÉSTECHNIKAI SZOLGÁLATA MŰSZERKÖLCSÖNZÉSI FŐOSZTÁLY  
Budapest XI., Szakasits Á. út 59–61. I. em. 107. szoba.  
H-1502 Budapest Pf. 58





# TRANSMULTIPLEREREK TERVEZÉSI PROBLÉMÁI

DR. ELEKES JÓZSEF  
Távközlési Kutató Intézet



## ÖSSZEFOGLALÁS

Az FDM és PCM rendszerek csatornáinak direkt (hangfrekvenciás demoduláció nélküli) összekapcsolása digitális transzmultiplexerrel korszerűen megoldható. A transzmultiplexer spektrumtranszformációt megvalósító áramkörei a digitális jelfeldolgozás távközlési alkalmazásának jellegzetes példái. A cikk a berendezés rendszertechnikai felépítésének változatait, a változatok közötti választás szempontjait tárgyalja és összefoglalja a legfontosabb áramkörök specifikálásához szükséges tudnivalókat.

## 1. Bevezetés

A vegyes analóg-digitális távközlési hálózatokban a két fajta rendszer összekapcsolásának egyik lehetséges módja az, hogy a konverziót a multiplex hierarchia valamely szabványos szintjén hajtjuk végre. E konverziót megvalósító berendezést transzmultiplexernek nevezzük. Az utóbbi években számos vezető átviteltechnikai cég fejlesztett ki transzmultiplexert. E berendezések a primer PCM jelfolyam és az FDM csoport vagy főcsoport csatornái közötti összekapcsolást valósítják meg.

## DR. ELEKES JÓZSEF

Villamosmérnöki és átviteltechnikai szakmérnöki oklevelét 1961-ben, ill. 1966-ban szerezte a BME Villamosmérnöki Karán. 1962-től a Távközlési Kutató Intézet munkatársa; jelenleg az Ana-

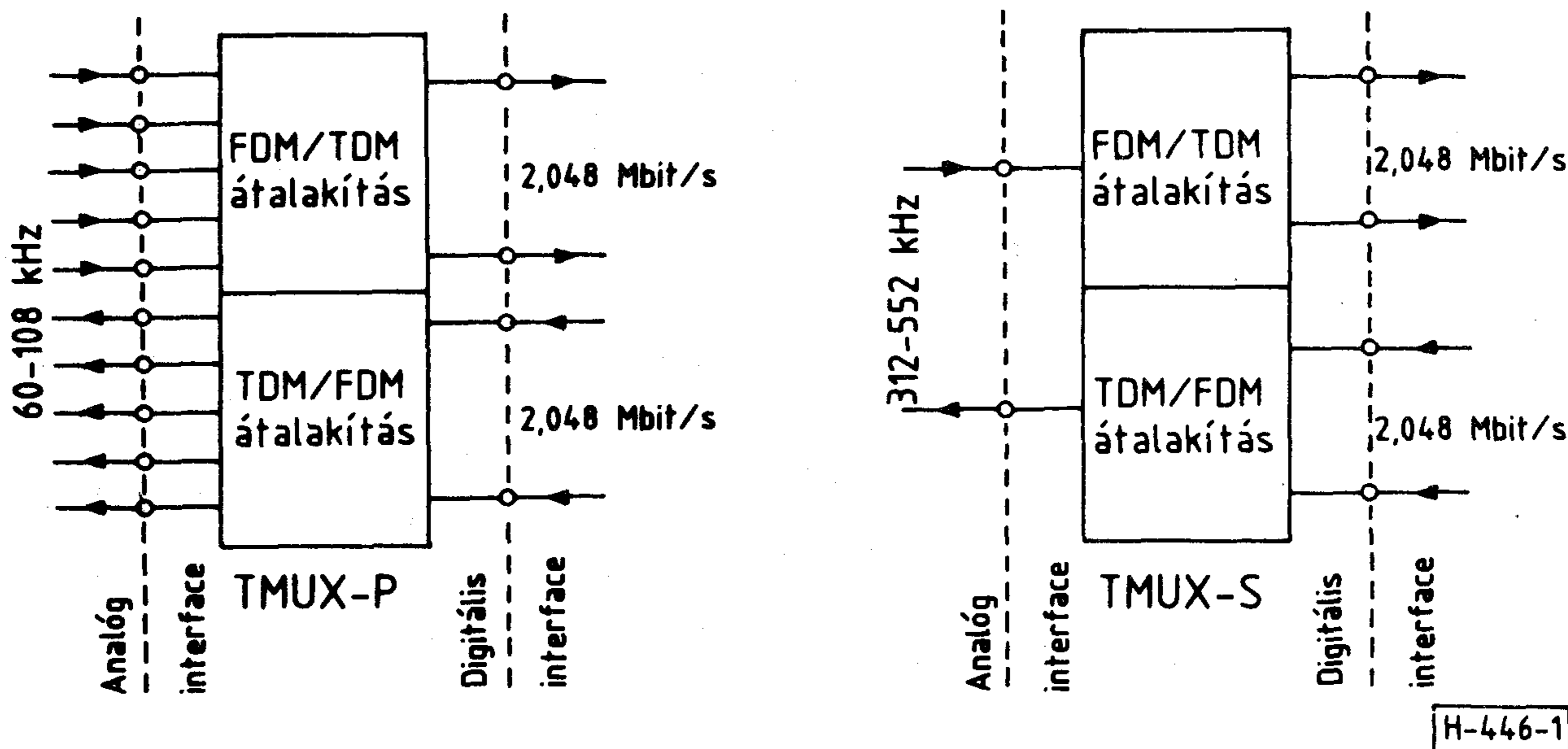
lóg Jelfeldolgozási Osztály vezetője.

Szakterülete: FDM rendszer- és berendezéstechnikai; analóg jelek feldolgozása digitális eszközökkel. 1987-ben a BME-n műszaki doktori címet szerzett a transzmultiplexerekről írt értekezésével.

A CCITT 1980. évi közgyűlése jóváhagyta a 60-csatornás transzmultiplexerre vonatkozó ajánlásokat. (Rec. G. 791, 792, 793) A javasolt két alaptípus sémáját az 1. ábrán láthatjuk.

A „P-típusú” berendezés öt FDM alapcsoport és két primer PCM jelfolyam, míg az „S-típusú” egy FDM alapfőcsoport és két primer PCM jelfolyam összekapcsolásának eszköze.

A berendezés gyártók a transzmultiplexer fejlesztése során két — alapvetően eltérő — utat követnek.



1. ábra. A CCITT által szabványosított transzmultiplexer típusok

Beérkezett: 1988. III. 8. (□)



Az első módszer lényege az, hogy egy berendezésben összevonják — és optimalizáltan újra tervezik — az FDM csatorna modem és a primer PCM berendezés áramköreit, kihasználva az így adódó egyszerűsítési lehetőségeket. Mivel a transzmultiplexernek nemcsak a hangfrekvenciás csatornákat, hanem a jelzescsatornákat is össze kell kapcsolnia, az alkalmazott jelzésrendszerektől függően a berendezésnek egy jelzestranszlátort is tartalmaznia kell. Az így kialakított ún. analóg transzmultiplexerben az FDM nyaláb képzését és bontását továbbra is analóg áramkörök végzik. Vázlatos felépítését a 2.a. ábra szemlélteti. A másik út a tisztán digitális megoldás útja, amikor is mind a hangfrekvenciás, mind a jelzőcsatornák összekapcsolását direkt spektrumtranszformációt megvalósító digitális jelfeldolgozó áramkörök hajtják végre. A digitális transzmultiplexer sémáját a 2.b. ábrán látjuk.

A két megvalósítási módszer közti választást döntően a technológiai háttér ill. gazdasági tényezők befolyásolják. E cikk a továbbiakban a digitális transzmultiplexer — rövidítve: DTM — tervezési problémáival foglalkozik.

## 2. A digitális transzmultiplexer felépítése

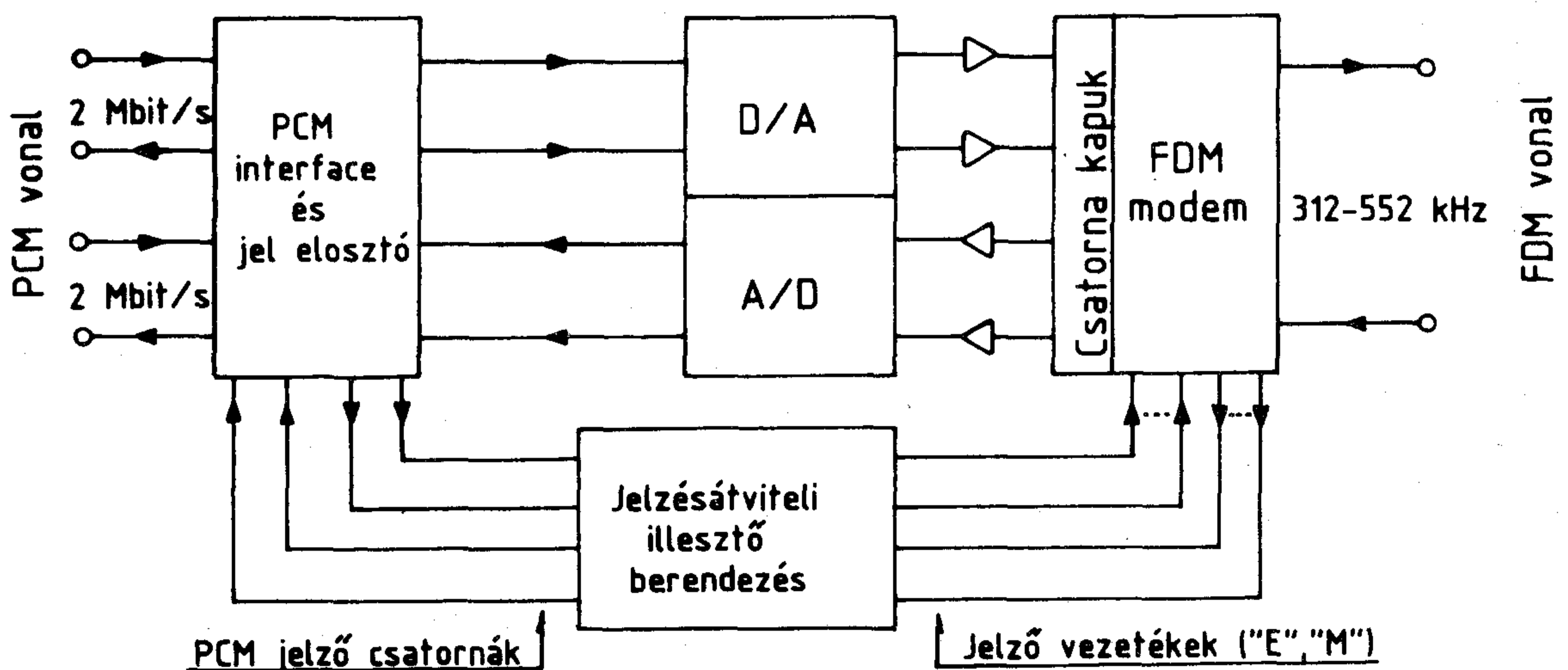
A tisztán digitális berendezés felépítés kétségtelen előnye

- az egységes és korszerű áramkörtechnika,
- az egységes gyártástechnológia,
- a nagy megbízhatóság és
- a kis helyigény

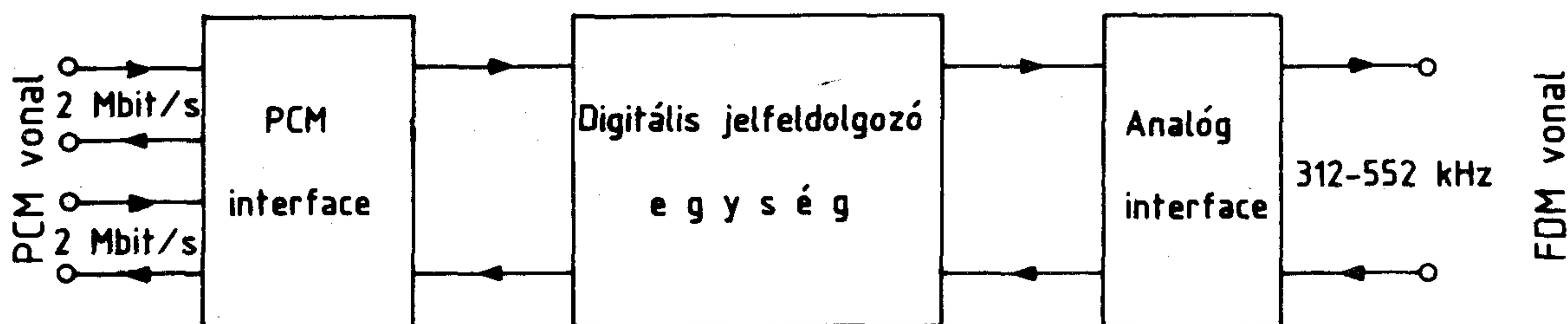
A 3. ábrán egy „S-típusú” DTM tömbvázlata látható.

PCM—FDM irányban a vonalszakasz illesztő egységben megtörténik a vonali jelsorozatok dekódolása, majd a demultiplexer különválasztja a jelzés időrés és a keret szinkron időrés (TS16 ill. TS0) jelét a beszéd-időrésektől.

Ezt követően az „A”/LIN átkódoló a CCITT „A” karakterisztika szerint kompondált PCM mintákat lineáris kódszavakká alakítja át. A berendezés kulcsfontosságú eleme a PCM→FDM (ellenkező irányban FDM→PCM) processzor, melynek feladata a PCM csatorna spektrumok átalakítása SSB-FDM csatornanyaláb spektrumává. A processzor bemenetén a csatornák spektrumát határolni kell, a jelzés- és pilot frekvenciák zavarmentességének biztosítása érdekében.



Analóg transzmultiplexer

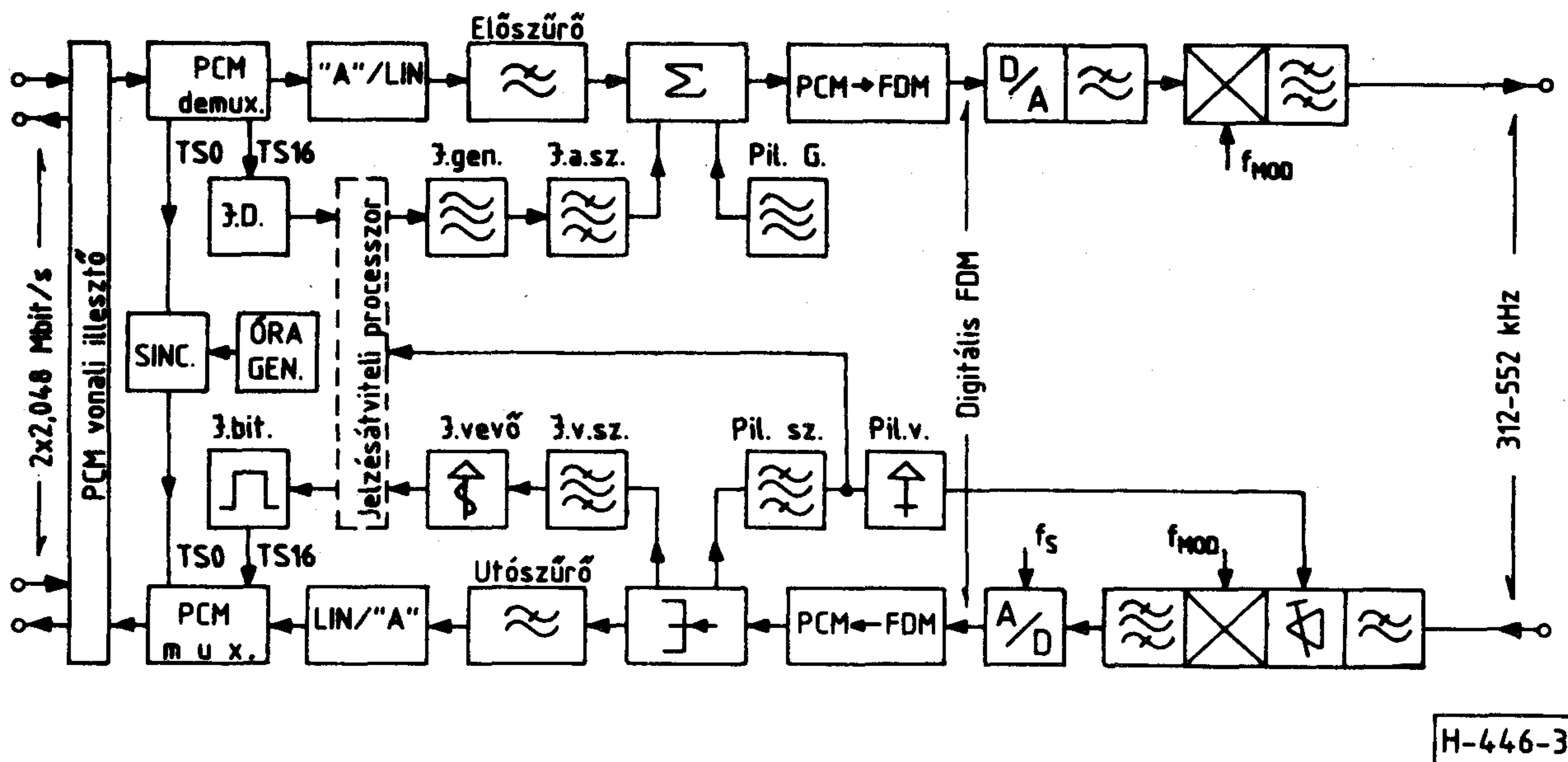


Digitális transzmultiplexer

H-446-2

2. ábra. A transzmultiplexer megvalósítási módjai





H-446-3

3. ábra. DTM berendezés tömbvázlata

A sávhatárolást az előszűrő készlet digitális szűrői biztosítják. A PCM/FDM processzor kimenetén előáll az FDM nyáláb digitálisan reprezentáló jelsorozat. Digitál/analóg átalakítás és jelvisszaállító analóg szűrés után a 60-csatornás FDM jel a processzor felépítésétől függő frekvenciatartományban jelenik meg. Ez a tartomány nem feltétlenül azonos a szabványos alapfőcsoporti sávval: ilyenkor egy analóg modulátor fokozat (az ábrán szaggatottan rajzolva) végzi el a spektrum áthelyezését 312–552 kHz közé.

FDM-PCM irányban az egyes fokozatok a fordított feladatokat látják el. Az utószűrő készletre a beszédcsatornák jelzés- és pilotmaradékok elleni védelméhez van szükség.

A vonali jelzésátvitel útja — analóg R2 rendszert feltételezve — PCM-FDM irányban a következő. A PCM demultiplexer a jelzés időrés (TS16) jelét kiválasztja mindkét bejövő jelfolyamból, és a jelzések detektorra kapcsolja. A detektált jelzés hatására a jelzégenerátor előállítja az FDM csatorna-jelzőfrekvenciának megfelelő digitális jelsorozatot, mely szűrés után egyesül a megfelelő beszédcsatornával. A PCM/FDM processzor bemenetére így a beszéd- és jelzőcsatornák egyesített jelfolyama kerül.

Ellenkező irányban az FDM/PCM processzor kimenetén a jelzészvételi szűrőkészlet különválasztja a jelzést a beszédcsatornák spektrumától. A szűrőkészlet kimenetéhez kapcsolódó jelzésvevő detektálja a jelzőcsatornák állapotát, majd a jelzés bit adó ennek megfelelően beállítja a 16. időrés bitjeit.

Ha a PCM oldalon a digitális R2 jelzésrendszert használják, akkor a DTM-be egy jelzésátviteli processzort is be kell építeni.

Az FDM oldali pilotokat a pilot generátor digitálisan állítja elő. A pilot jelek — hasonlóan a jelzésekhez — a beszédcsatornákkal egyesítve kerülnek a PCM-FDM processzor bemenetére. Az FDM oldalról beérkező főcsoport pilotot az FDM-PCM processzor kimenetére kapcsolt pilot szűrő kiszűri, majd a pilot vevő előállítja az analóg vételi erősítő szabályzó jelét.

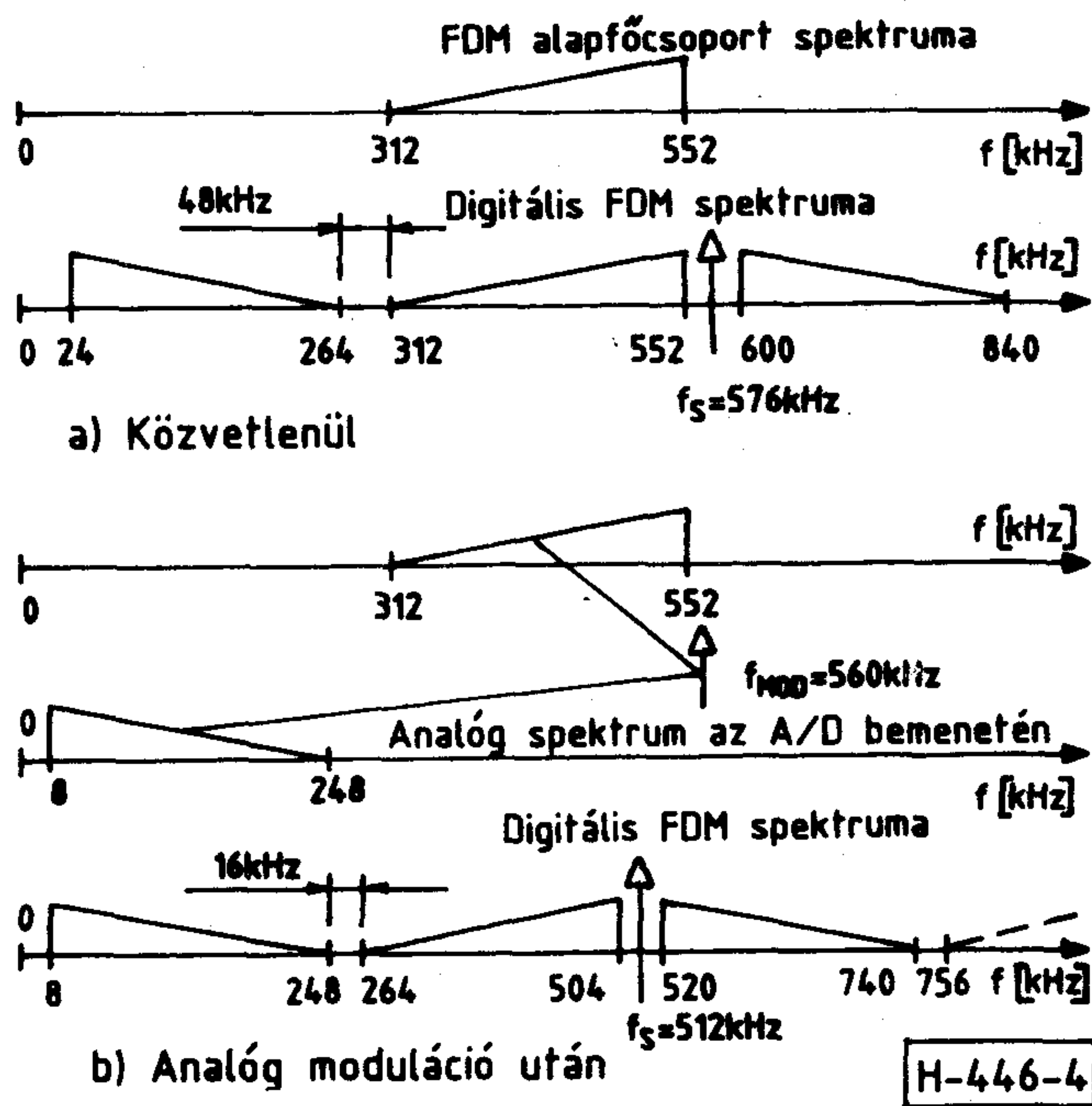
A DTM óragenerátorának szinkronizálása vagy egy megfelelő pontosságú ( $10^{-7}$ ) bejövő PCM jelfolyamról, vagy egy külső jelforrásról történhet. (A pontos PCM jelfolyam digitális központokban rendelkezésre áll.)

Az FDM oldali analóg modulációra az A/D konverter mintavételi frekvenciájának ( $f_s$ ) csökkentése érdekében lehet szükség. A viszonyokat a 4. ábra szemlélteti. Az alapfőcsoport közvetlen mintavételezéséhez a mintavételi frekvencia 552 kHz és 624 kHz között lehet.

Ha  $f_s = 576 \text{ kHz}$  akkor az egyes spektrumkomponensek közti távolság azonos; 48 kHz. A mintavételi frekvencia csökkentéséhez az alapfőcsoportot az A/D konverzió előtt alacsony frekvenciatartományba kell áthelyezni.

$f_{MOD} = 560 \text{ kHz}$  és  $f_s = 512 \text{ kHz}$  választásával a digitális FDM spektrum egyes komponensei közti távolság azonos lesz. (16 kHz)





4. ábra. FDM alapfőcsoport mintavételezése

### 3. Rendszerteknikai alapproblémák

A 3. ábra szerinti berendezés felépítésének az eddig kifejlesztett DTM típusok többsége lényegében megfelel. Eltérés csupán a jelzésátviteli út felépítésében fordul elő. Az ábra egy közös processzoros berendezést mutat, ahol is a PCM/FDM transzformációt egyetlen — a beszéd, a jelzés, és a pilot számára közös — processzorral hajtják végre. Egyes esetekben előnyös lehet a beszéd- és jelzés utak szeparált kezelése. Ilyenkor a jelzés és pilot adás ill. vétel a „digitális FDM” pontokon történik, és e jelek PCM/FDM transzformálására a beszédcsatornáktól független processzort használnak.

A DTM berendezés áramköreinek tervezése előtt három rendszerteknikai alapkérdést feltétlenül tisztázni kell.

Ezek a következők:

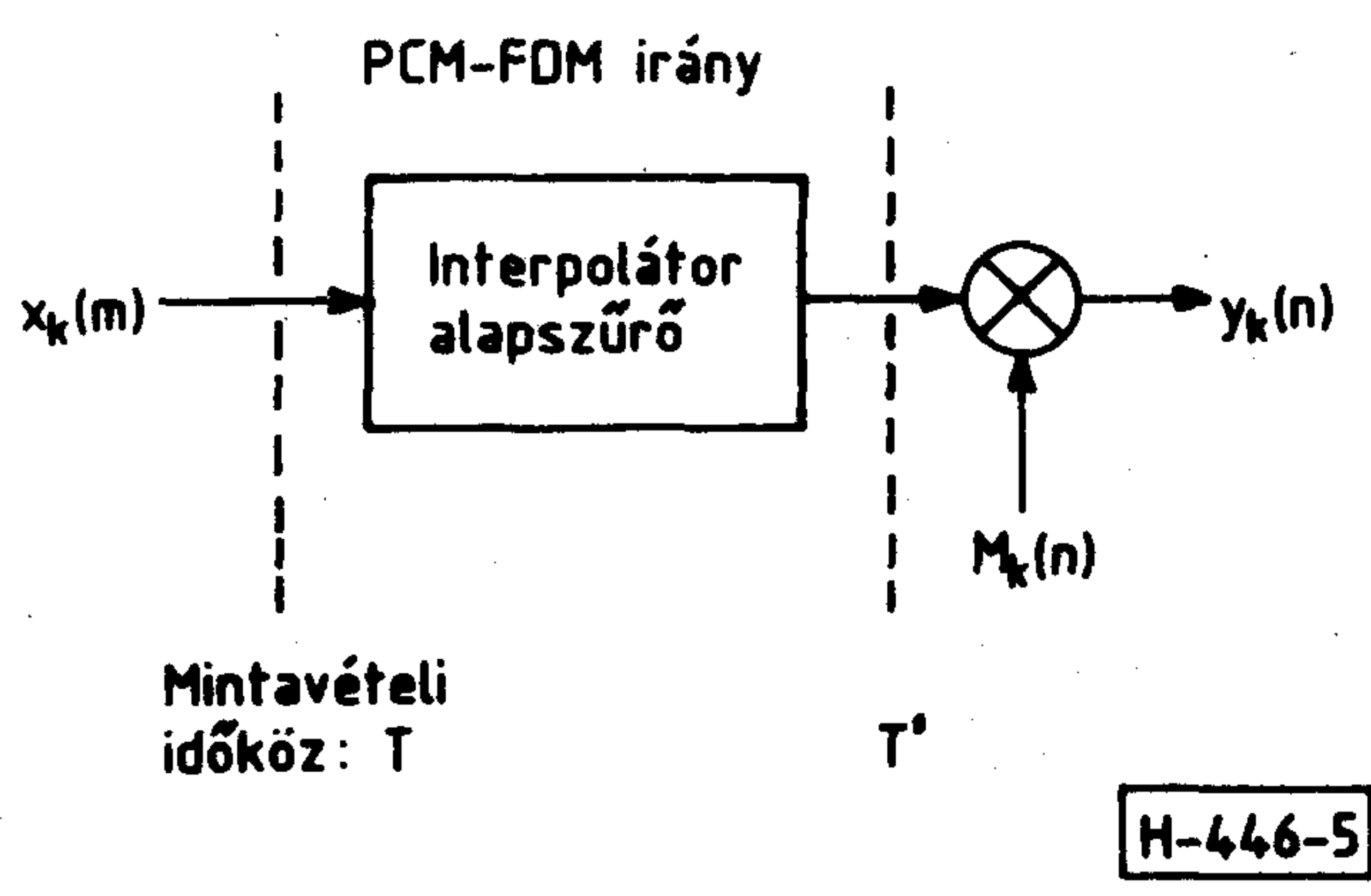
- a spektrumtranszformáció milyen algoritmusra épüljön,
- analóg frekvenciasáv áthelyezést alkalmazunk-e,
- a jelzés és pilot processzálás a beszédcsatornákkal közösen, vagy külön jelzésprocesszorral történjék.

E cikkben kísérletet teszünk a fenti problémák eldöntéséhez szükséges ismeretek összefoglalására. Mint látni fogjuk a második kérdés az A/D konverterek minőségével, az első és harmadik pedig a spektrumtranszformáció módszerének megválasztásával függ össze.

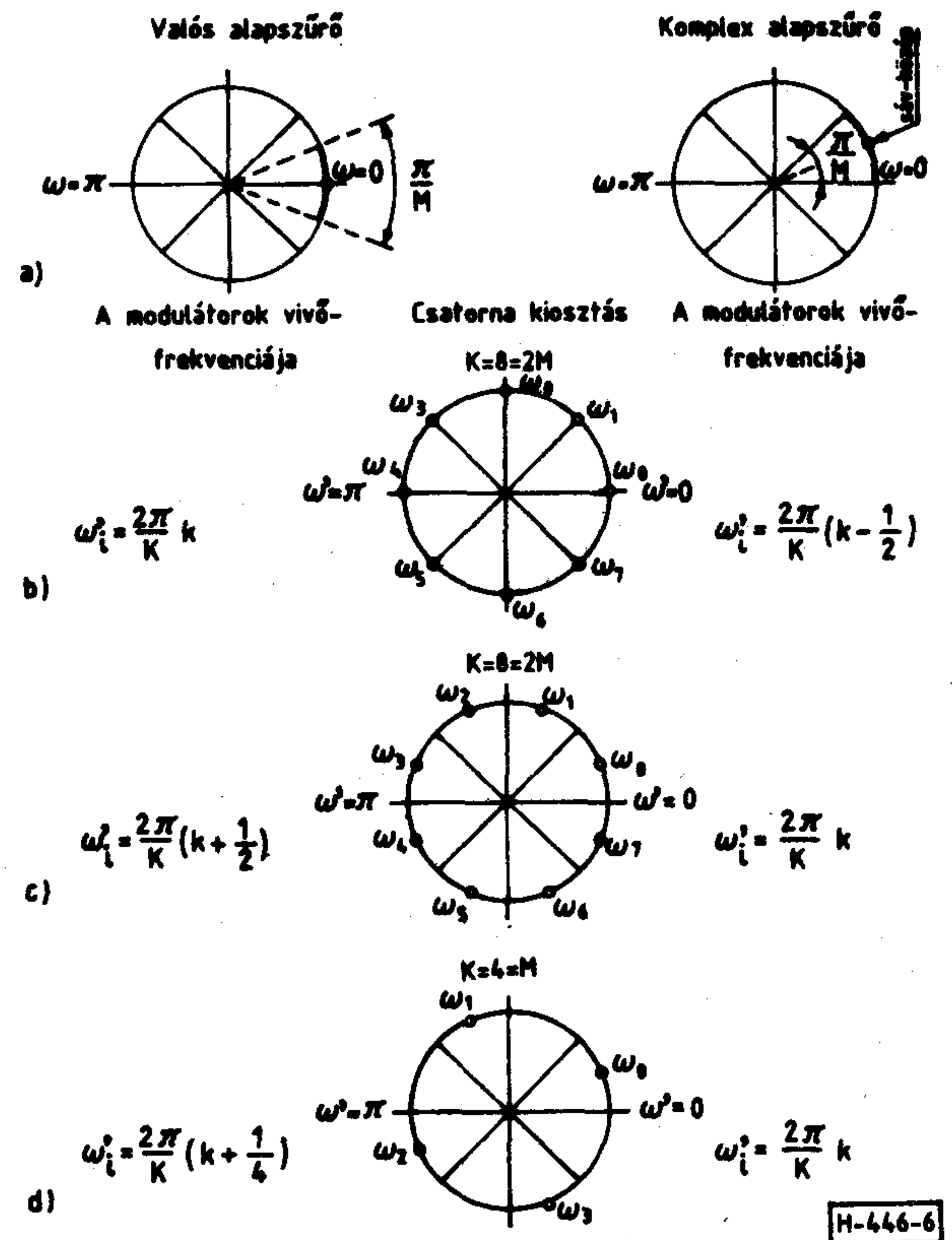
### 4. Transzformációs módszerek

Ismeretes, hogy a PCM/FDM spektrumtranszformációra gyakorlatilag is alkalmas módszerek nagy többsége olyan digitális szűrőbankokra épül, melyeknél a műveleti sebességigényt — megfelelő algoritmusok alkalmazásával — sikerül viszonylag kis értékre redukálni.

A „bank” egy olyan sávszűrő készlet melyben a szűrők sávközép frekvenciája egymáshoz képest elcsúsztatott. A bank egyes szűrői — csatornái — egy modulátor és egy interpoláló alapszűrő lánc-kapcsolásával modellezhető, az 5. ábra szerint. Az



5. ábra. A szűrőbank egy csatornájának modellje



6. ábra. DFT-bankok csatornakiosztásai, M = 4 esetén



interpoláció mértékét a transzformálandó rendszer csatornaszáma szabja meg. Mind az alapszűrő mind a modulátor lehet valós vagy komplex. Komplex modulátorokat és polifázisú interpoláló szűrőket alkalmazó bankok matematikailag DFT algoritmusokkal írhatók le. [1., 2., 3.] (FDM-PCM irányban az interpolátor helyett decimátorra van szükség, továbbá a szűrés és a moduláció sorrendje fordított.)

A 6. ábra a DFT bankok lehetséges csatorna kiosztását szemlélteti. A csatornák sávközép frekvenciáját — a  $z$  — tartományi egységkörön —  $\omega_k$ , az alapszűrőhöz viszonyított elcsúsztatás mértékét — azaz az 5. ábra modulátorának vivőfrekvenciáját — pedig  $\omega_l$  jelöli.

( $i, k = 0, 1, \dots, K-1$  és  $K$  a bank csatornáinak száma.)

A transzformálandó valós ill. komplex alapszűrő áteresztő tartományának elhelyezkedését érzékelteti, az  $\omega$  digitális frekvencia tartományban, míg a b., c., és d. ábrákon a csatorna kiosztás változatait látjuk.

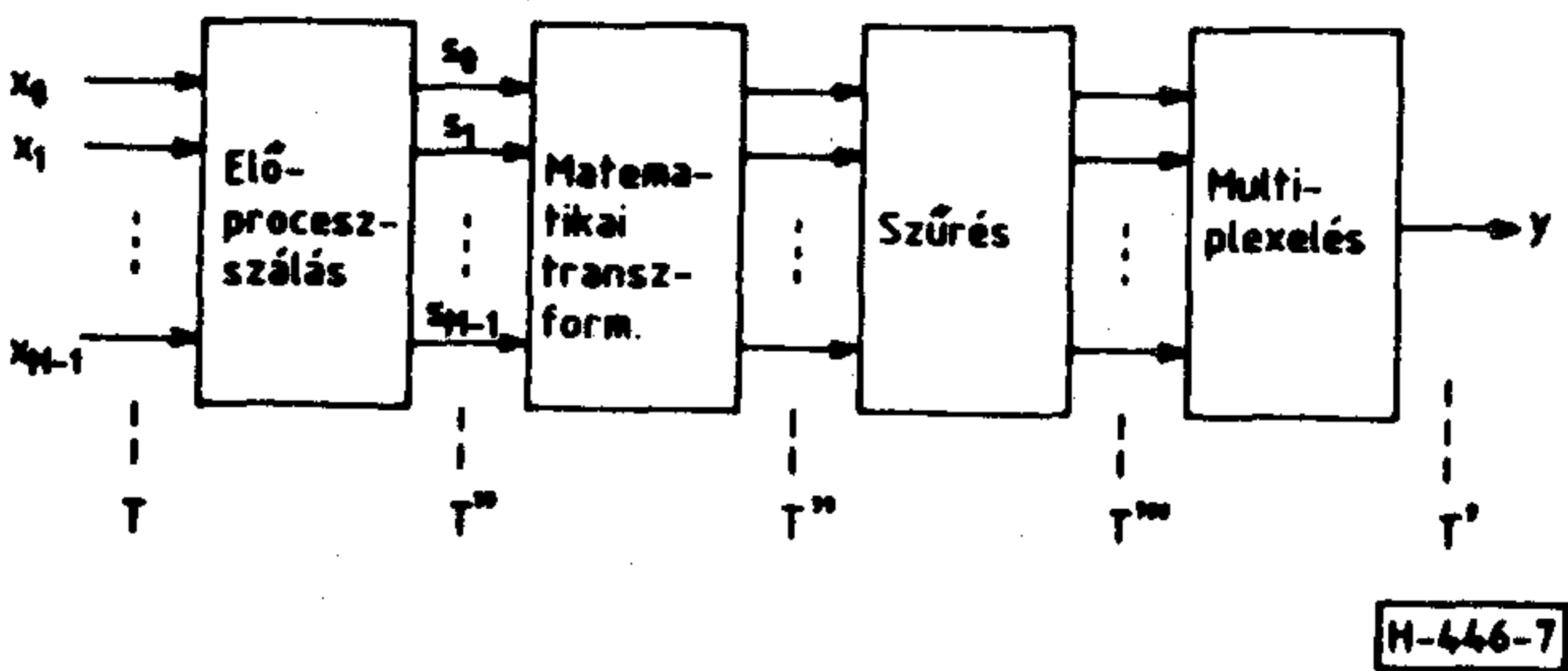
Ez utóbbiaknál az egységkör a megnövelt mintavételi sebességnek megfelelő  $\omega'$  digitális frekvenciához tartozik.

Látható, hogy a 6.b és c. ábra szerinti elrendezésnél a bank komplex csatornáinak száma kétszerese a transzformálandó csatornánakénak:

$K = 2M$ . Ezeknél egy valós kimenet jelét két komplex csatorna jelének összegezésével áll elő. A 6.b. ábra esetén a  $k$ . és a  $(K-k)$ . míg a 6.c.-nél a  $k$ . és a  $(K-1-k)$ . komplex csatornákat kell összegezni.

A 6.d. ábrának megfelelő csatornakiosztás esetén a bank és a transzformálandó rendszer csatornaszáma megegyező:  $K = M$ . A valós kimeneti jelek a komplex csatornakimenetek valós részéből képezhetők.

A  $2M$  csatornás bankoknál komplex bemeneti jeleket kell előállítani. Ez a PCM csatorna jeleken végrehajtott előprocesszálást — kvadratúra jelpárok képzését — igényli.



7. ábra. A PCM-FDM transzformáció általános tömbvázlata

A 7. ábrán felrajzoltuk a PCM-FDM spektrumalakítás általános tömbvázlatát, bejelölve az egyes fokozatoknál megkívánt mintavételi időközöket. A PCM csatornánál  $T = 125 \mu s$  és a digitális FDM ki-

meneteknél  $T' = T/M$ .  $T''$  és  $T'''$  értéke a bank típusától függ.

Az ábrán „matematikai transzformáció”-ként szereplő tömb a diszkrét Fourier transzformációt (DFT), vagy ennek általánosított formáját (GDFT) jelenti, míg a „szűrés” tömbön belül az alapszűrő polifázisú ágai jelennek meg.

A GDFT művelet definíciója:

$$\text{GDFT } \{S_p\} = \{S_k\} = \sum_{p=0}^{k-1} S_p \cdot W_k^{-(k+k_0)(p+p_0)} \dots (1)$$

míg az inverz műveletet az

$$\text{IGDFT } \{S_k\} = \{S_p\} = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} S_k \cdot W_k^{(k+k_0)(p+p_0)} \dots (2)$$

egyenlet írja le.

Az (1.) és (2.)-ben

$$W_k = e^{j \frac{2\pi}{K} k} \dots (3)$$

és  $K$  a transzformálandó sorozat elemeinek száma, a transzformáció pontszáma. Az  $\{S_p\}$ ,  $\{S_k\}$  sorozatok elemei általában komplex jel-minták. Ha  $k_0 = p_0 = 0$ , akkor (1.) és (2.) a klasszikus DFT definíciót adja. (PCM → FDM irányban az IGDFT, ellenkező irányban a GDFT műveletet kell elvégezni.)

A 6. ábrán vázolt csatorna kiosztásokhoz tartozó matematikai transzformáció típusokat az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

Alapszűrő	Csatorna kiosztás		
	6.b. ábra szerint	6.c. ábra szerint	6.d. ábra szerint
Valós	2M-pontos DFT	2M-pontos GDFT $k_0=1/2$	M-pontos GDFT $k_0=1/4$
Komplex	2M-pontos GDFT $k_0=-1/2$	2M-pontos DFT	M-pontos DFT

A  $2M$ -pontos bankoknál a kimeneti jelsorozat valós, és így a 7. ábra „szűrés” tömbjében  $2M$  darab valós szűrőágot találunk, míg az  $M$ -pontos bankok komplex kimeneti mintáit  $M$  darab komplex ágszűrővel kell szűrni. Mivel az utóbbi esetben csak a jelsorozat valós részére van szükség, egy komplex ágszűrő két valós szűrővel realizálható. Megállapíthatjuk tehát, hogy valamennyi bank  $2M$  darab ágszűrőt tartalmaz.

A mintavételi sebességviszonyok a következőképp alakulnak.  $2M$ -pontos esetben a matematikai transzformációt és a szűrést  $1/2T$ , míg  $M$ -pontos bankoknál  $1/T$  sebességgel kell végrehajtani.

A PCM-FDM transzformáció számítástechnikai komplexitása — első közelítésben — a rendszer egy csatornájára jutó másodpercenkénti szorzás-számmal jellemezhető. Ebből a szempontból a  $2M$ -



pontos bankok előnyösebbek, mivel a műveletvégzési sebességük fele az M-pontos bankokénak; és az ebből adódó megtakarítás nagyobb mint az előprocesszálás műveletigénye.

A GDFT operáció szorzási igénye — a pontszám-tól függően — 5–10%-kal haladja meg a DFT-ét. A GDFT bankok mégis kiemelt szerephez jutottak a transzmultiplexerek megvalósításában. A matematikai analízis [1]–[4] ugyanis megmutatta, hogy

— az M-pontos ( $k_0=1/4$  értékkel jellemzett) GDFT banknál az ágszűrők impulzusválaszában minden második elem 0; továbbá, hogy

— a 2M-pontos ( $k_0=1/2$  értékkel jellemzett) GDFT a  $p_0=1/2$  értékű eltolás felvétele esetén egy M/2-pontos komplex DFT-re redukálható.

(Az eljárást a szakirodalom „double odd DFT”-nek, rövidítve  $O^2$ DFT-nek hívja.)

Fenti okok miatt bank típusok számítástechnikai komplexitása kisebb a többinél! A számszerű viszonyok illusztrálására a PCM-FDM transzformáció szorzási igényét,  $M=64$  esetén, a 2. táblázat foglalja össze.

A polifázisú DFT algoritmusok számítástechnikai előnyét jól érzékelhetjük, ha tudjuk, hogy a 60-csatornás FDM nyaláb mintavételi sebességével működő sávszűrőkészletet — az úgynevezett direkt módszert — használva a PCM-FDM átalakítás csatornánkénti szorzás igénye mintegy 18 millió másodpercenként.

2. táblázat

Banktípus	DFT <sub>M</sub>	DFT <sub>2M</sub>	GDFT <sub>M</sub>	GDFT <sub>2M</sub>	O <sup>2</sup> DFT
szorzás	576 10 <sup>3</sup>	436 10 <sup>3</sup>	344 10 <sup>3</sup>	452 10 <sup>3</sup>	212 10 <sup>3</sup>
csat. sec					

A transzformáció típusának kiválasztásához a számítástechnikai komplexitás csak egy tényezőt jelent. A hardware megvalósítás problémái jelentős mértékben függenek a vezérlés bonyolultságától is. Általánosságban elmondható, hogy a számítási igény csökkenése együtt jár a vezérlés bonyolultságának növekedésével.

A PCM-FDM spektrumtranszformációt végrehajtó szűrőbank típusának kiválasztása a 3. táblázatban összefoglalt jellemzők mérlegelése alapján tör-

ténhet. A fejlesztő cég adottságainak — alkatrész bázisának, esetleg már meglévő áramkör készletének (FFT processzor!) — ismeretében lehet eldönteni, hogy egy bank típus valamely tulajdonsága döntő előnyt, vagy épp kizáró okot jelent-e.

3. táblázat

	DFT <sub>M</sub>	DFT <sub>2M</sub>	GDFT <sub>M</sub>	GDFT <sub>2M</sub>	O <sup>2</sup> DFT
Számítási komplexitás	nagy	közepes	kicsi	közepes	minimális
Elő/utóprocesszálás	minimális	nagy	kicsi	nagy	közepes
hardware igénye					
Vezérlés bonyolultsága	mérsékelt	mérsékelt	közepes	mérsékelt	nagy
Matematikai transzf. sebessége	1/T	1/2T	1/T	1/2T	1/T
Ágszűrők sebessége	1/T	1/2T	1/T	1/2T	1/2T

## 5. A rendszerspecifikáció és az áramköri paraméterek összefüggése

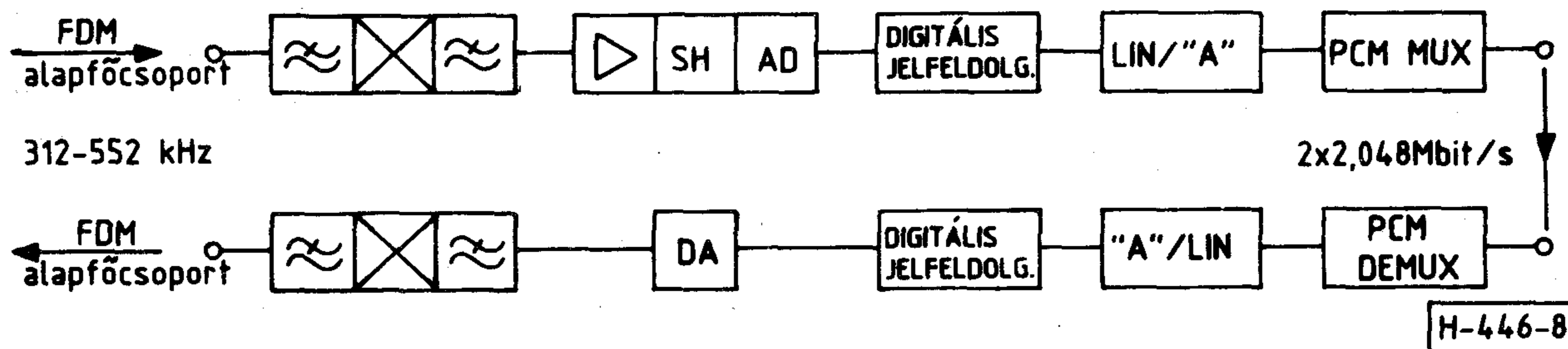
A 60-csatornás transzmultiplexer berendezésektől megkívánt rendszer paramétereket a CCITT G.792 és G.793 számú ajánlásai tartalmazzák. A DTM áramköri specifikációit lényegesen befolyásoló előírásokat a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat

Paraméter	Előírás
1 PCM csatorna csúcshintje	3,14 dBmO
2 Csillapítástorzítás	$\Delta a_{max} = \pm 0,6$ dB, 600 Hz és 2400 Hz közt
800 Hz-es jel szintjére vonatkoztatva	$\Delta a_{max} = 1-(-0,6)$ dB, 400 Hz és 3000 Hz közt
	$\Delta a_{max} = 1,7-(-0,6)$ dB, 300 Hz és 400 Hz közt
	$\Delta a_{max} = 2,4-(-0,6)$ dB, 3000 és 3400 Hz közt
3 A csoportfutási idő minimuma	$\leq 3$ ms
4 Össztorzítás, a kvantálási torzítással együtt	-55 dBmO szinttel mérve a jel/zajviszony: min. 10 dB
5 Terhelt zaj	-62,5 dBmO <sub>p</sub>
6 Érthető áthallás	-65 dBmO
7 Nem érthető áthallás	-60 dBmO <sub>p</sub>
8 Főcsoport túlvezérlési szint	+20,8 dBmO

### 5.1. Zajmérés

A rendszer paramétereiből kiindulva meg kell határozni a transzmultiplexer áramköreinek legfontosabb jellemzőit. Ehhez először is meg kell tervezni a berendezés zajmérését.



8. ábra. A hurokba kapcsolt DTM jelút



Az alapzaj tekintetében kiinduló adatunk a kvantálási torzításra vonatkozó CCITT előírás. Eszerint -55 dBmO terhelés esetén 10 dB jelzaj viszonyt kell biztosítani. Így az egy távbeszélő csatornára jutó zajteljesítmény max. -65 dBmO, pszofométerrel mérve -67,5 dBmO<sub>p</sub>, azaz 180 pWO<sub>p</sub> lehet. E teljesítmény osztható szét a DTM beszédcsatorna két irányának sorbakapcsolásával előálló jelút áramkörei közt. A jelút tömbvázlatát a 8. ábrán látjuk. (A „digitális jelfeldolgozás” tömbök a 3. ábra hangfrekvenciás előszűrőjét és PCM-FDM processzorát ill. utószűrőjét és FDM-PCM processzorát együttesen tartalmazzák.)

Az alapzaj összetevői:

- az A/D és D/A konverterek kvantálási zaja,
- a digitális jelfeldolgozás kerekítési zaja,
- az analóg áramkörök termikus zaja.

Az ideális  $b$  — bites konverter kimenetén, egy telefoncsatornában pszofométerrel mérhető jel/zaj viszony a következő kifejezésből számítható [5]:

$$10 \cdot \lg \left( \frac{S_0}{P'_{QD}} \right) = 6,02 \cdot b + 1,76 - P_{\max} + \\ + 10 \lg \frac{f_s}{2 \cdot 3,1} + 2,5 \text{ [dB]} \quad \dots(4)$$

ahol  $S_0$  a mérőjel,  $P'_{QD}$  az egy telefoncsatornára jutó kvantálási zaj,  $P_{\max}$  az FDM jel túlvezérlési teljesítmény szintje,  $f_s$  pedig a mintavételi frekvencia.

Esetünkben — a 4. ábra alapján — a mintavételi frekvencia 512 vagy 576 kHz lehet, az FDM-bemeneti túlvezérlési szint pedig 22,8 dBmO. Az FDM kimeneti túlvezérlési szintnél tekintetbe kell venni, hogy a PCM csatornák csúcsszintje csak 3,14 dBmO, szemben az FDM rendszerekben szokásos 8 dBmO értékkel. Ezért — szimulációs eredmények alapján — az FDM kimeneti ponton 17,2 dBmO túlvezérlési szinttel számolhatunk. [6]

A (4) kifejezés az ideális konverter zaját adja. A gyakorlati megvalósítás hibái mintegy 3 dB jel/zaj viszony romlást okoznak.

A kerekítési zaj a jelfeldolgozás egyes fokozatainak adatszó hosszától függ. Alsó korlátját a feldolgozás végén végrehajtandó kerekítés adja. (A digitális processzálas során a D/A konverter, ill. a LIN/A átkódoló bit-számánál jóval hosszabb adatokkal dolgozunk.)

A kerekítési zaj a kvantálási zajjal azonosan (4)-ből számítható. A D/A konverter bemenetén végrehajtott kerekítésből pontosan annyi zaj származik mint egy ideális konverterrel végrehajtott D/A átkódolásból.

A LIN/A átkódolónál  $P_{\max}$  a PCM csatorna túlvezérlési szint, a lineáris kódszavak hossza 12 bit, a mintavételi frekvencia pedig 8 kHz. Ezekkel az adatokkal számolva a kerekítés zaja:

$$35,5 \text{ pWO}_p$$

A digitális processzálasra és az analóg áramkörökre megengedhető alapzaj hozzájárulás most már meghatározható. Az 5. táblázatban a 60 csatornás DTM négy különböző megvalósításában adtuk meg az alapzaj lehetséges kiosztásait.

5. táblázat

Zajforrások [pW]	$f_s = 512 \text{ kHz}$		$f_s = 576 \text{ kHz}$	
	13-bites A/D	12-bites A/D	13-bites A/D	12-bites A/D
	13-bites D/A	14-bites D/A	13-bites D/A	14-bites D/A
A/D konverter	26	103	23	92
D/A konverter	7	1,8	6,5	1,6
Kerekítés D/A előtt	3,5	0,9	3	0,8
Kerekítés LIN/A-nál	35,5	35,5	35,5	35,5
Analóg áramkörök	20	20	10	10
Digitális jelfeldolgozás	50	20	52	25
Összes zaj pWO <sub>p</sub>	142	181,2	130	164,9
Tartalék pWO <sub>p</sub>	38	-1,2	50	15,1

A táblázatot szemlélve nyilvánvaló, hogy 13-bites A/D konverterre van szükség. Analóg előmoduláció esetén (ilyenkor:  $f_s = 513 \text{ kHz}$ ) a konvertert mintegy 10%-kal kisebb sebességű áramkörökből kell megépíteni, és ugyanilyen arányban csökken a teljes digitális jelfeldolgozás sebesség igénye is. Az előmoduláció alkalmazása, vagy elhagyása, tehát az áramkör fejlesztéséhez rendelkezésre álló alkatrész bázison múlik.

A csatorna terhelt zajszintje — a CCITT előírás szerinti — max. -62,5 dBmO<sub>p</sub> lehet, aminek 562 pWO<sub>p</sub> teljesítmény felel meg. Ebből az alapzaj megengedett értékét levonva azt kapjuk, hogy a lineáris és nemlineáris áthallásokból — a rendszer konvencionális terhelése mellett -382 pWO<sub>p</sub> zaj keletkezhet egy csatornában. Ha a digitális jelfeldolgozás egyes fokozatainál gondoskodunk a kellő túlvezérlési tartalékokról, akkor a nemlineáris zajok elhanyagolható szinten tarthatók.

A 382 pWO<sub>p</sub> így lényegében a szűrőbank csatornái közt fellépő, érthető és nem érthető áthallások megengedhető mértékét írja elő; konkrétan az interpoláló/decimáló szűrők zárótartományi előírását, ill. az FFT szorzók szükséges együttműködő-szóhosszát szabja meg.

A digitális processzálasra kiosztott alapzaj hányad (50 pWO<sub>p</sub>) ugyancsak a szűrőkön ill. az FFT processzoron belül végrehajtott kerekítések hatását veszi figyelembe.



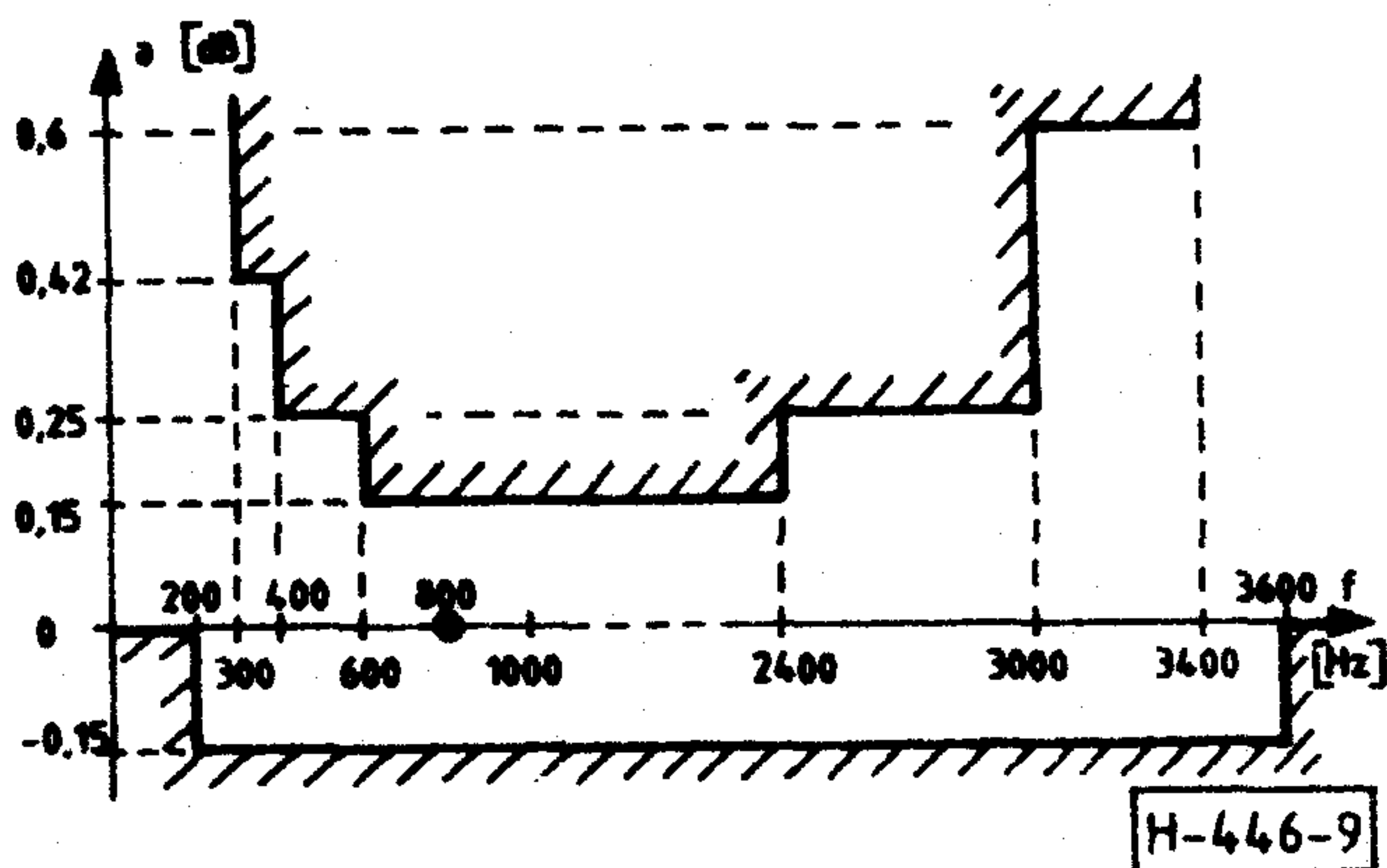
## 5.2. Szűrőspecifikációk

A digitális szűrők hardware komplexitását a működési sebesség, a fokszám, az együtthatók szóhossza és az adatszavak hossza együttesen határozzák meg.

A 3. ábra szerint felépített DTM berendezés jelúti szűrői közül az elő- és utószűrők 8 kHz mintavételi sebességű IIR szűrők. Feladatuk — és így felépítésük is — független a spektrumtranszformáció algoritmusától. Ellenben a szűrőbank alapszűrőjével, és így a polifázisú ágszűrőkkel szemben támasztott követelmények a transzformációs módszertől is függenek.

A következőkben összevetjük az egyes banktípusok alapszűrőinek paramétereit. A DTM berendezés többi szűrőjével itt terjedelmi okokból nem foglalkozunk. Az ezekkel kapcsolatos megfontolások [3]-ban megtalálhatók.

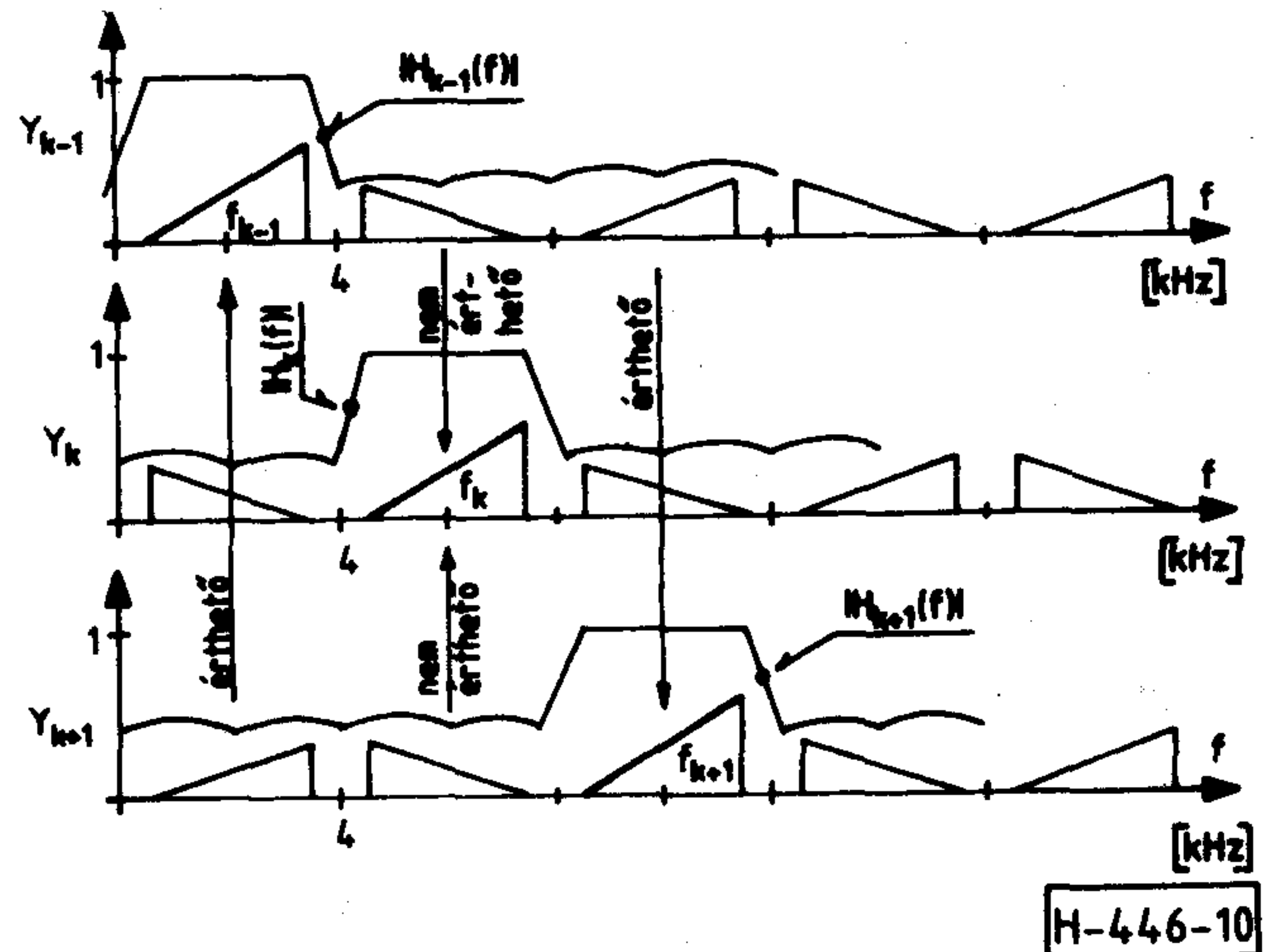
Kiindulásul a CCITT csillapítástorzítási, érthető- és nem érthető áthalláscsillapítási előírásai szolgálnak. A 4. táblázat adatai a berendezés két irányára együttesen vonatkoznak. Így a megengedett csillapítástorzítás felosztandó az elő- és utószűrők, az interpoláló- és decimáló szűrők, valamint az analóg áramkörök közt. A tűrészmezőnek legalább felét célszerű az interpoláló/decimáló szűrők részére fenntartani, mivel ezek a berendezés legkomplikáltabb áramkörei. Így a transzformáció egyik irányban a bank egy csatornájának a 9. ábrán adott csillapítástorzítási követelményt kell kielégíteni.



9. ábra. A szűrőbank egy irányára vonatkozó csillapítástorzítás tűrészmező

Az interpoláló/decimáló szűrők véges zárótartományi csillapítása a szűrőbank csatornáik között áthallásokat okoz. A PCM-FDM átalakítás áthallási mechanizmusa a 10. ábra alapján könnyen megérthető. Az ábrán a PCM rendszer három csatornájának valósáv-szűrőkkel szűrt periodikus spektrumát látjuk. Az FDM csoport  $e$  spektrumok összegzésével áll elő. Látható, hogy a  $k$ . csatornában nem érthető

áthallást a  $k \pm 1, k \pm 3 \dots$  indexű csatornák, érthető áthallást pedig a  $k \pm 2, k \pm 4 \dots$  indexűek okoznak. Hasonló áthallások lépnek fel az FDM-PCM transzformáció során is.



10. ábra. A PCM-FDM transzformáció áthallási mechanizmusa

Az ábra és a CCITT előírásai alapján azonban csak a direkt módszer szűrőinek és nem a DFT bank alapszűrőjének zárótartományi előírása adható meg! Könnyen bizonyítható viszont, hogy az  $M$ -pontos GDFT bank valós alapszűrőjét és az  $M$ -pontos DFT bank komplex alapszűrőjének valós ill. képzetes részét a direkt szűrőkkel azonosan lehet specifikálni, míg  $2M$ -pontos bankoknál a zárótartományi előírást 6 dB-lel szigorítani kell [3], [6]. Figyelembe véve, hogy a két irány áthallása feszültségben összegeződhet, továbbá, hogy a főcsoportban két csatorna szintje közt 2 dB eltérés még megengedett, a nem érthető áthalláscsillapítási követelményből kiindulva a zárótartományi előírások a következők:

$$a_{zf} \geq f_0 + 2,6 \text{ kHz és az } f \leq f_0 - 2,3 \text{ kHz}$$

tartományban,  $M$ -pontos bankoknál:

$$a_{z1} \geq 60 + 6 + 2 - P(F) = 68 - P(f) \text{ dB}$$

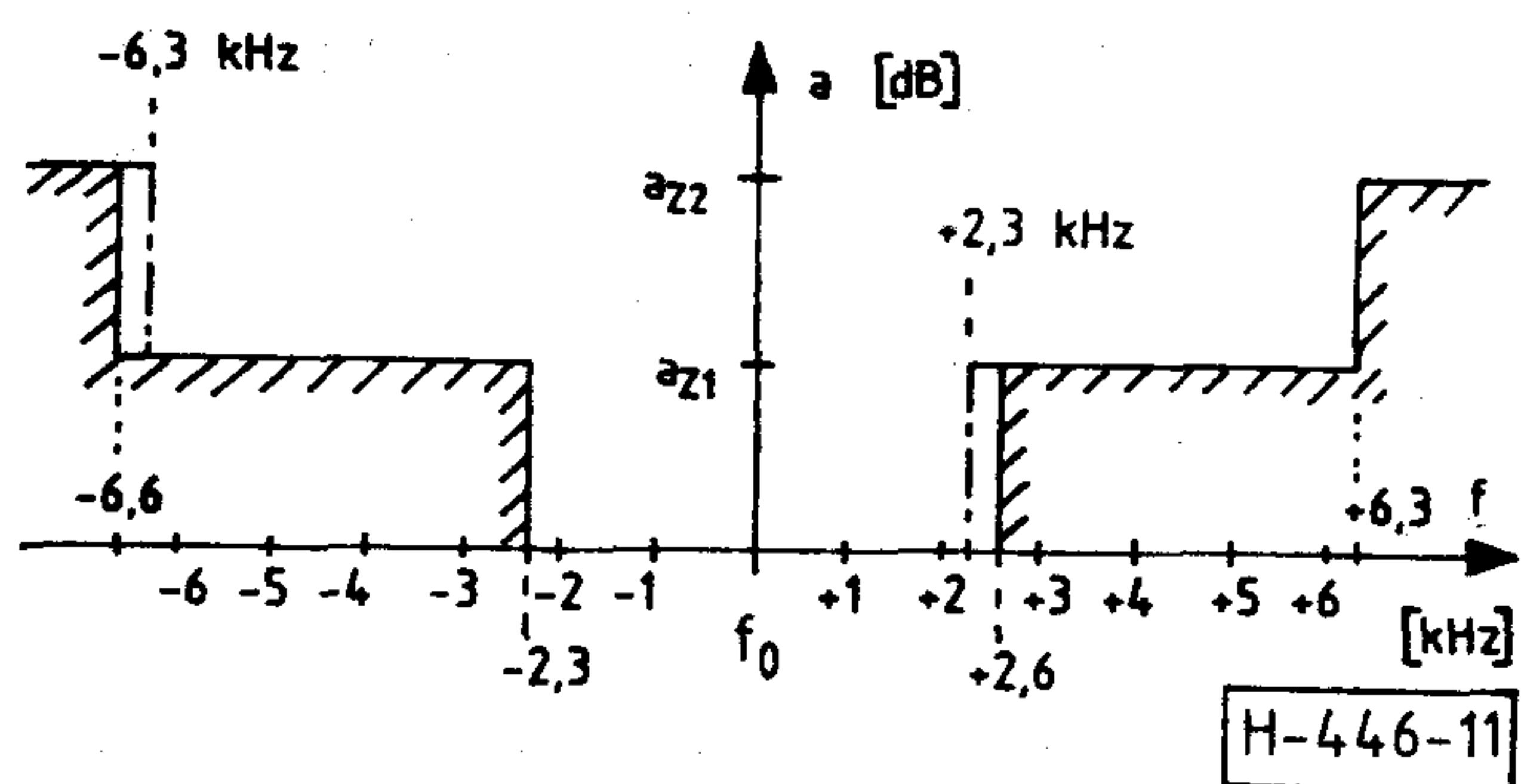
míg  $2M$ -pontosaknál

$$a_{z1} \geq 76 - P(F) \text{ dB}$$

( $f_0$ -val az alapszűrő névleges átteresztő tartományának számtani közepét jelöljük, míg  $P(f)$  a fordított spektrumú beszédjelre vonatkozó pszofometrikus súlytényező.)

Az érthető áthallásra vonatkozó CCITT követelményből adódó zárótartományi csillapítás az  $f \geq f_0 + 6,3 \text{ kHz}$  és az  $f \leq f_0 - 6,6 \text{ kHz}$  tartományokban  $M$ -pontos bankoknál  $a_{z2} \geq 65 + 6 + 2 = 73 \text{ dB}$ , míg  $2M$ -pontos esetben  $a_{z2} \geq 79 \text{ dB}$ .





11. ábra. Az alapszűrő zárótartományi specifikációja

Valós alapszűrőnél  $f_0 = 0$ , komplex esetben  $f_0 = 2$  kHz.

A zárótartományi törésmezőt a 11. ábrán látjuk. Mivel valós hálózatoknál az amplitudó karakterisztika a 0 Hz-re szimmetrikus, a valós alapszűrőnek az ábrán eredményvonallal korrigált törésmezőt kell kielégíteni. A komplex alapszűrőnek negatív frekvenciákon csak záró tartománya van.

Felmerül még a kérdés, hogy egy komplex alapszűrő valós ill. képzetes részét realizáló hálózatok átviteli függvényeit hogyan kell specifikálni. Idealizált átviteli karakterisztika esetén egyszerűen belátható [7], hogy

$$h_R(n) = \frac{1}{2} \cdot h(n) \quad \dots (5)$$

és

$$h_I(n) = \frac{1 - \sqrt{1 - [\pi n \cdot h(n)]^2}}{2 \pi \cdot n} \quad \dots (6)$$

ahol  $h_R$  és  $h_I$  a komplex-analitikus szűrő impulzusválaszának valós és képzetes része  $h(n)$  pedig a komplex szűrővel azonos sáv szélességű valós aluláteresztő impulzusválasza. Az (5)-ből következik, hogy a valós rész csillapításkarakterisztikája meg kell, hogy egyezzen a valós aluláteresztőével, így fokszáma és együttható hossza is azonos. A képzetes rész átviteli függvénye a valós résztől eltérő, de fokszáma és együttható szóhossza azzal megegyező. Ezek után a bankok szűrőinek fokszáma és együttható hossza a Bellanger formulából [8] számítható. A 60-csatornás berendezésre vonatkozó eredményeket a 6. táblázat foglalja össze. A számítások során feltételeztük, hogy a bankok alapszűrője minimálfázisú FIR struktúra, mivel többen kimutatták, hogy lineáris fázismenettel a csoportfutási idő minimumára vonatkozó CCITT előírás nem teljesíthető, [2]. A tisztán FIR struktúrájú alapszűrő feltételezése önkényes, — mivel vegyes FIR/IIR struktúrákkal a számítási igény csökkenthe-

tő — de jó alap a transzformációs módszerek hatásának érzékelteésekor.

6. táblázat

Transzformációs algoritmus	GDFT <sub>M</sub>	GDFT <sub>2M</sub> O <sup>2</sup> -DFT	DFT <sub>M</sub>	DFT <sub>M</sub>
Pontszám	2099	2245	2099	1469
Együttható hossz.	13	14	14	13
Adatszó hossz.	16	16	16	16
	Beszéddel közös jelzés-transzformáció			Külön jelzésátviteli processzor

Az adatszó-hosszak számításakor a megengedhető kerekítési zaj hozzájárulásból kell kiindulni. A digitális processzáásra fenntartott zajteljesítménynek jelentős részét célszerű az interpoláló/decimáló szűrőkre — ill. ezek polifázisú ágszűrőire — kiosztani. Így az 5. táblázatban szereplő 52 pW<sub>0p</sub> értékéből 30 pW<sub>0p</sub>-t hagyjunk ezekre a szűrőkre.

FIR struktúra esetén a szűrők kerekítési zaja a kvantálási zaj (4) kifejezéséhez hasonlóan számítható. Figyelembe kell azonban venni egyrészt, hogy egy L-pontos, M-szeres interpolátor (decimátor) kimeneti mintáinak számításakor L/M számú szorzást kell elvégezni; másrészt, hogy a termelt zaj megengedhető értéke függ az áramkörön áthaladó jel névleges szintjétől, mivel az előírás a 0-szintű pont-ra vonatkozik.

A jel/kerekítési zaj viszonyt a

$$10 \lg \left( \frac{S_0}{P'_R} \right) = 6,02 \cdot b_i + 1,76 + 2,5 + 10 \lg \frac{f_s}{2 \cdot 3,1} + S - 10 \lg \frac{L}{M} \quad \dots (7)$$

kifejezés adja, ahol  $P'_R$  a kerekítési zajteljesítménynek egy távbeszélő csatornába eső része,  $b_i$  a szűrő belső adatszóhosszát,  $S$  pedig a névleges szintet jelöli.

Az FDM-PCM irányú spektrumtranszformáció decimáló szűrőjére  $P'_R = 10$  pW<sub>0p</sub>,  $S = -23$  dBm és  $f_s = 512$  kHz feltételezése mellett (7)-ből  $b_i = 16$  adódik, függetlenül a transzformációs módszertől.

A 6. táblázat adataiból látható, hogy ha a spektrumtranszformációt DFT-bankkal kívánjuk megoldani, úgy ennek komplex interpoláló/decimáló szűrőjét érdemes csak a beszédsáv átvitelére tervezni és a jelzés átalakítást külön processzorral megoldani. Valós alapszűrőjű bankok esetén inkább a beszéd és jelzés együttes kezelése látszik célszerűnek. Ugyanis mivel az alapszűrő csillapításkarakterisztikája a 0 Hz-re szimmetrikus a 300 Hz-es jel kis csillapítású átvitelének igényéből következően a csatorna áteresztő tartomány felső határa 3700 Hz-nél alacsonyabban nem lehet.



### 5.3. ADFT processzor specifikációja

A DFT műveletet végző hardware összeadóinak túlcsondulása nemlineáris zajokat termel, a szorzások eredményeinek kötött bit-számú ábrázolása kerekítési zaj termeléssel jár együtt; a szorzó együtthatók véges hossza pedig csatornák közti áthallást okoz.

A kerekítési zaj termelés és a túlcsondulást meggátoló skálázás összefüggő kérdések. Ha fokozatonként 1/2 értékkel skálázunk — mely esetben a túlcsondulást biztosan elkerüljük — akkor egy M-pontos radix 2-es FFT kimenetén a szorzásoknál végrehajtott kerekítésekből adódó hibát a

$$\sigma_{ki}^2 = \frac{2^{-2B}}{3} \left( \frac{M}{6} - 1 + \frac{4}{3M} \right) \dots (8)$$

kifejezés adja (B+1-bites számábrázolás esetén).[9]

Huzalozott skálázásnál a kimeneti hibát a bitvesztések megnövelik. Ha a skálázást nem huzalozottan, hanem az FFT szorzó együtthatók megfelelő módosításával hajtjuk végre, akkor a kimeneti jel/zaj viszony (8)-ból kiindulva számolható. A végeredmény

$$\frac{\sigma_{ki}^2}{S_{ki}} = \left( \frac{M^2}{18} - \frac{M}{3} + \frac{4}{9M^2} \right) \frac{U_{FS}^2}{S_{be}} \cdot 2^{-2B} \dots (9)$$

ahol  $S_{be}$  a bemeneti,  $S_{ki}$  a kimeneti névleges teljesítményszint.  $U_{FS}$  a rendszer adott pontján túlcsondulás nélkül még feldolgozható feszültség („full scale”) szint.[3]

Egy 60-csatornás transzmultiplexernél a bemeneti jelszintet -22,8 dBm-re felvéve, és 20 pW<sub>0p</sub> csatornánkénti zajt megengedve, (9)-ből B+1=18,5 adódik. A követelmény tehát 19-bites adatszavakkal teljesíthető.

A szorzóegyütthatók véges szóhosszából eredő pontatlanság miatt a kimeneti spektrumban nem kívánt komponensek is megjelennek, ami a berendezés csatornái közt áthallást okoz. E zavart a csatornaszűrők véges zárótartományi csillapítása miatt fellépő áthalláshoz képest elhanyagolható értéken kell tartani. Figyelembe véve a vonatkozó CCITT ajánlást, a véges együttható-hosszból származó áthallás legfeljebb -85 dBmO szintű lehet.

Az előírásnak megfelelő bit-szám meghatározása számítógépes szimulációt igényel. Irodalmi adatok szerint a követelmény 16-bites együtthatókkal teljesíthető.[10]

## 6. Összegezés

E cikkben áttekintettük a digitális transzmultiplexer rendszertechnikai tervezésének legfontosabb kér-

déseit és néhány támpontot adtunk az alternatívák közti választáshoz. Rámutattunk arra, hogy a transzformációs algoritmus kiválasztásakor a számítási komplexitás minimalizálása mellett a döntést egyéb szempontok — így a vezérlés bonyolultsági foka, ill. a rendelkezésre álló alkatrész, vagy áramkörkészlet — is nagymértékben befolyásolhatják. Ismertettük az analóg előmoduláció valamint a külön jelzésátviteli transzformáció révén elérhető lehetséges előnyöket, végül megadtuk a szűrőbank alapszűrőjének és az FFT processzornak alapvető specifikációs adatait.

## IRODALOM

- [1] Crochiere-Rabiner: Multirate Digital Signal Processing; Prentice Hall, 1984
- [2] Scheuermann-Göckler: A comprehensive survey of digital transmultiplexing methods. Proceedings of the IEEE, 1981. nov. 1419—1450. oldal.
- [3] Elekes: Transzmultiplexerek rendszertechnikája. Egyetemi doktori értekezés. 1987. 20—56. oldal.
- [4] Bonnerot-Bellanger: Odd-time odd-frequency DFT of Symmetric real-valued series. Proceedings of the IEEE, 1976. márc. 392—393. oldal.
- [5] Bellanger-Bonnerot-Caniquit: Specification of A/D and D/A converters for FDM telephon signals. IEEE Trans. on Circuits and Systems, 1978. júl. 461—467. oldal.
- [6] Roste: The impact of some CCITT recommendations on transmultiplexer design. IEEE Trans. on Communications. 1982. július. 1483—1490. oldal.
- [7] Dr. Simonyi Ernő: Digitális szűrők. Műszaki Könyvkiadó, 1984. 47—52. oldal.
- [8] Bellanger: On computational complexity in digital transmultiplexer filter. IEEE Trans. on Communications; 1982. július. 1461—1465. oldal.
- [9] Peled-Liu: Digital Signal Processing; J.Wiley, 1976. 289—293. oldal.
- [10] Versvik: Design of digital transmultiplexer using standard LS TTL logic. IEEE Trans. on Communications. 1982. július. 1498—1505. oldal.



# Korszerű mikrohullámú ferrit eszközök

DR. BÁRSONY PÉTER – GYÚRI PÁL – DR. SZTANISZLÁV DÁNIELNÉ  
Távközlési Kutató Intézet

## ÖSSZEFOGLALÁS

Mikroszalagvonalas és szalagvonalas cirkulátorok, izolátorok kutatása, fejlesztése során elért, elméleti és gyakorlati eredmények tették lehetővé a Távközlési Kutató Intézetben korszerű mikrohullámú ferrites eszközök készítését. A cikk ezen tevékenység áttekintése.

## 1. Bevezetés

A mikrohullámú rendszerekben egyik leggyakrabban használt eszköz a cirkulátor. A cirkulátor egy olyan három vagy több kapus nemreciprok, passzív eszköz, melynek egyik kapuján bevezetett nagyfrekvenciás jel a soron következő kapuba kis csillapítással (általában  $< 0,5$  dB), a többi kapuba nagy csillapítással (általában  $> 20$  dB) jut. A kapuk kis állóhullámarányúak (általában  $< 1,3$ ). Ezeket a tulajdonságokat számos helyen lehet kihasználni, például rádióösszeköttetéseknel az adó és vevő egy antennára kapcsolására, a csatornákat szétválasztó szűrőváltókban, stb. A cirkulátorok egyik legelterjedtebb alkalmazása a háromkapus cirkulátor egyik kapujának illesztett lezárásával készített izolátor. A más elven készített izolátorokhoz képest ezen eszközöknek nagy előnyük a kis méret és a kisebb áteresztő irányú csillapítás.

A korszerű harmadik generációs mikrohullámú rendszerek kisméretű, a rendszerekkel kompatibilis technológiával kivitelezett nemreciprok eszközöket igényelnek, így a rendszerigényeknek megfelelő korszerű mikrohullámú ferrit eszközök fejlesztése elsősorban mikroszalagvonal- és szalagvonaltechnika alkalmazását jelenti. A műszaki paraméterek közül a sáv szélességet elsősorban a rendszerkövetelmények szabják meg, így készítettünk keskenyebb és szélesebb sávú eszközöket. Az áteresztőirányú csillapítást elsősorban a technológiai lehetőségek határozzák meg. A lehető szűk gyártmányválaszték kialakítása érdekében a fejlesztő tevékenységünk célja a minél szélesebb sávú, minél kisebb áteresztő csillapítású, kisméretű, hőstabil, ferrites eszközök létrehozása volt. Ezek a

Beérkezett: 1988. XI. 2. (□)



## DR. SZTANISZLÁV DÁNIELNÉ

1968-ban végzett az ELTE TTK vegyész szakán. Azóta a Távközlési Kutató Intézet Mágneses Anyagok Osztályán dolgozik, 1984-től tudományos osztályvezetői beosztásban.

Kezdetől fogva a mikrohullámú polikristályos ferritek és gránátok kutatásával, fejlesztésével, kissorozatú előállítási

sával foglalkozik. Szűkebb területe: a széles hőmérséklettartományban stabil karakterisztikával rendelkező gránátanyagok kutatása, az előállítás során lejátszódó szilárdfázisú kémiai reakciók tanulmányozása. 1979-ben védte meg doktori disszertációját az ELTE TTK Általános és Szervetlenkémiai Tanszékén. A Nemzetközi Mikrohullámú Ferrites Konferencia rendezőbizottsági tagja.

## DR. BÁRSONY PÉTER

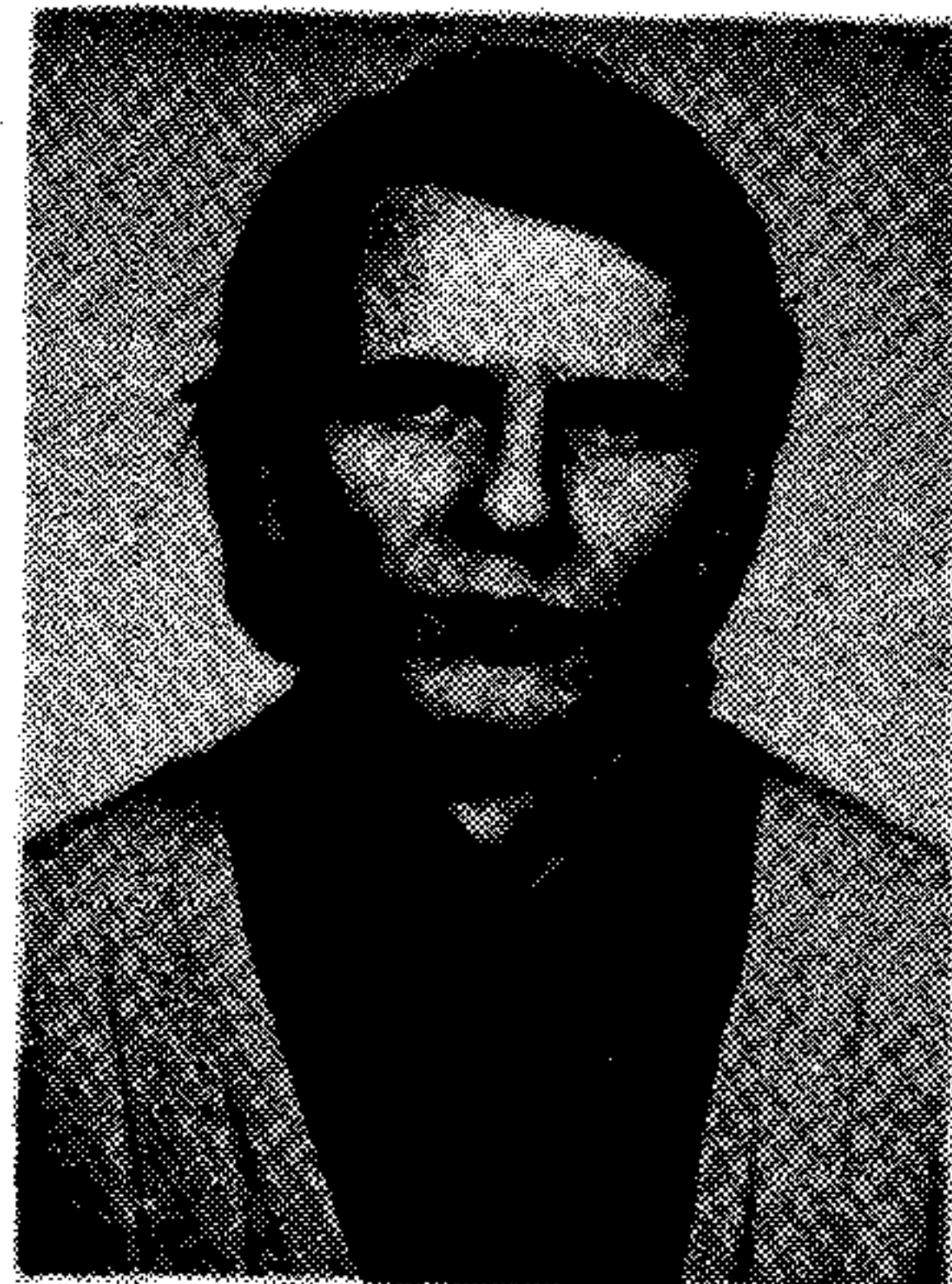
1964-ben végzett a BME Villamosmérnöki Karának híradástechnika szakán. Azóta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik, jelenleg tudományos főosztályvezetői beosztásban. Kutatási és mérnöki munkája kezdetől fogva a mikrohullámú ferrites eszközökkel, elsősorban szalag és mikroszalagvonalas cirkulátorokkal volt kapcsolatban. Ebben a témakörben szerzett 1971-ben egyetemi doktori fokozatot a BME-n, 1983-tól a műszaki tudomány kandidátusa. A HTE TKI helyi szervezete anyag, alkatrész és technológia csoportjának titkára, a



Nemzetközi Ferrites Konferencia rendezőbizottságának, az IEEE MTT szerkesztő bizottságának tagja.

## GYÚRI PÁL

1975-ben végzett a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola mikrohullámú ágazatán. Azóta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik. Részt vett a szalagvonalas és mikroszalagvonalas mikrohullámú ferrites eszközök család fejlesztési munkáiban.



követelmények azonban néha szembenállóak és kompromisszum keresése szükséges. Meghatá-



rozhatók azonban azok az alapelvek, melyekre célszerű a fejlesztési elképzeléseket felépíteni. Ilyen alapelv például, hogy a nemreciprok eszközöket csomóponti cirkulátorokként realizáljuk, ahol az előmágnesezett mikrohullámú ferrittestet a tápvonalak csomópontjába helyezzük és a kialakított ferritrezonátort valamilyen illesztő hálózattal csatoljuk a kapukhoz. Ez a megoldás lehetővé teszi a kis méretben való megvalósítást.

Mikroszalag-tápvonalas cirkulátoroknál a hordozót vegyes összetételű dielektrikum ferritből, vagy homogén ferritanyagból valósíthatjuk meg.

A homogén ferritből készített eszközök áteresztőirányú csillapítása valamivel nagyobb, ezt azonban véleményünk szerint ellensúlyozza a kisebb méret és az egyszerűbb technológia.

A lehető legkisebb áteresztő csillapítás elérése érdekében az eszközöket a ferromágneses rezonancia alatti munkapontban célszerű működtetni, bár a ferromágneses rezonancia feletti működés kisebb méretű ferritrezonátort eredményez.

A fenti megfontolások figyelembevételével homogén ferrit hordozón vékonyrétegtechnika segítségével realizált mikroszalagvonalas ferrites eszközcsaládot fejlesztettünk ki. Az eszközökhöz szükséges ferritanyag a működési frekvencia és a ferrit telítési mágnesezettsége közötti kapcsolat alapján választható meg. A ferritanyagok fejlesztése során kisveszteségű, nagy hőstabilitású, széles mikrohullámú frekvenciasávban alkalmazható anyagválasztékot dolgoztunk ki és erre alapoztuk eszközeink fejlesztését.

## 2. Ferritanyagok

A villamosmérnöki gyakorlatban mikrohullámú ferrit néven ismert anyagok kristályszerkezetük alapján három típusba sorolhatók be, ezek a spinell-ferritek, a gránátok és a hexagonális ferritek.

A kristályszerkezetnek megfelelően természetesen a mágneses tulajdonságokban is lényeges eltérések adódnak.

A ferrites eszközökben felhasználásra kerülő ferritanyagok megválasztása három alapvető szempont szerint történik:

- A működési frekvenciatartományt a kémiai összetételtől függő telítési mágnesezettség határozza meg. Így a spinell-ferritek 4—40 GHz, a hexagonális ferritek > 18 GHz, a gránátok < 10 GHz frekvenciatartományban használatosak.
- A ferritanyag vesztesége és mágneses tulajdonságainak hőmérséklet stabilitása függ a kémiai összetételtől és a kristályszerkezettől. A veszteségek alakulását emellett az anyag egyéb szerkezeti tulajdonságai (szemcseméret, porozitás, stb.) is befolyásolják.

10 GHz alatt veszteség és hőstabilitás szempontjából a gránátok alkalmazása előnyös, 10—20 GHz között a Li-ferritek tulajdonságai a legkedvezőbbek.

Végül 20 GHz felett a korszerű eszközökben hexagonális ferritek kerülnek felhasználásra. A továbbiakban e szempontok alapján tekintjük át a ferrites eszközökben használható ferrit- és gránátanyag választékot.

A legszélesebb frekvenciatartományban (4 GHz–40 GHz) használható anyagválaszték a köbös, lapcentrált, két alrácából felépülő, az  $MFe_2O_4$  általános képletű, spinell-ferritekkel alakítható ki, ahol M két-vegyértékű fémion [1]. Mikrohullámú felhasználásra a magnézium-mangán-, nikkkel-cink-, és a litium-ferritek alkalmasak. A Li-ferritek Curie pontja magas (450—650 °C), így stabil hőmérséklet-karakterisztikával rendelkeznek. A Li-ferritek működési frekvenciája 10 GHz alá is csökkenthető a vas-ion titánnal történő helyettesítésével, ekkor azonban csökken a Curie pont, és így romlik az anyag hőstabilitása.

A spinell anyagok közül kezdetben a MgMn-ferritek alkalmazása terjedt el. Eszközeink egy részét ma is ebből az anyagból készítjük, ott, ahol a hőstabilitás nem lényeges követelmény.

A spinell-ferritek közül a nikkkel-cink-ferriteknek 400—500 mT telítési mágnesezettség tartományban előállítható kobalt, réz és mangán adalékolással olyan magas Curie pontú (570 °C), alacsony mágneses és dielektromos veszteségekkel rendelkező típusa, amellyel a mm-es tartományban is készíthetők ferrites eszközök.

20 GHz felett korszerű eszközök hexagonális struktúrájú ferritekkel készíthetők [2]. Előállításuk azonban a hagyományos kerámia technológiától némileg eltér, új technológiai berendezéseket igényel (0,5—1,0  $\mu$ m szemcseméretű őrleményeket előállító őrlőberendezést, mágnes térben működő présgépet, stb).

A spinell-ferritek jellemzéséből kitűnik, hogy minimális veszteségekkel és maximális hőstabilitással történő felhasználásra 10 GHz alatt a spinell-ferritek nem alkalmasak. Ebben a frekvenciatartományban a követelményeket csak egy másik anyagrendszerrel, a köbös, tércentrált szimmetriájú, három alrácából felépülő, a csak háromvegyértékű ionokat tartalmazó,  $Y_3Fe_5O_{12}$  általános képletű gránátokkal lehet teljesíteni [3].

A periódusos rendszer elemeinek közel fele, a legtöbb fém képes beépülni a gránátrácba, ezáltal tág lehetőség nyílik a mágneses tulajdonságok és azok hőmérsékletfüggésének változtatására.

Így a  $Gd_zY_{3-2x-z}Ca_{2x}Fe_{2-y}In_yFe_{3-x}V_xO_{12}$  általános összetételű gránát anyaggal 2 GHz alatt széles hőmérséklettartományban stabil mágneses tulaj-



donságokkal rendelkező gránátok állíthatók elő [4], [5].

A felhasználásra kerülő anyagok megválasztásánál fontos követelmény a hőmérsékletstabilitás mellett a veszteségek minimalizálása is. Mivel a gránátok csak háromvegyértékű ionokat tartalmaznak, dielektromos veszteségük alacsony. Mágneses veszteségeikre jellemző rezonancia vonalszélesség ( $\Delta H$ ) három fő tagból tevődik össze:

— a belső vonalszélességből ( $\Delta H_{int}$ ), aminek minimális értékét akkor kapjuk, ha mágneses ionként az anyag csak vas (III)-t tartalmaz.

—  $\Delta H_A$ : a magnetokristályos anizotrópia által meghatározott tagból

—  $\Delta H_p$ : a porozitás által befolyásolt tényezőtől.

$\Delta H_A$  értékét, ezen belül a  $K_1$  anizotrópia állandó értékét, a mágneses ionként csak vas (III)-t tartalmazó gránátoknál úgy csökkenthetjük, ha az oktaéderes alrácsonban lévő vas (III) ionokat részben helyettesítjük nem mágneses ionokkal. Ennek negatív hatásként csökken a Curie pont, romlik az anyag hőstabilitása.  $\Delta H_p$  értékét kétféle módon csökkenthetjük, bizonyos ionok, leggyakrabban kalcium-ion adagolásával, továbbá a technológia optimalizálásával.

A polikristályos gránátokat és ferriteket hagyományos kerámia technológiával állítjuk elő. Az oxid vagy karbonát formájában felhasznált alapanyagokból szilárdfázisú kémiai reakcióval nyerjük a kívánt kémiai összetételű anyagot. Különösen a többkomponensű rendszereknél, így az említett hőstabil, kisveszteségű anyagoknál is, számos átmeneti (intermedier) termék keletkezik, melyek stabilitásának hőmérséklettartománya nagymértékben függ a rendszerben jelenlévő elemek számától és mennyiségétől [6]. Ahhoz, hogy a kívánt mágneses paraméterekkel rendelkező gránátot, a kívánt kémiai összetételben egyfázisú termékként előállíthassuk, feltétlenül szükséges a gránátképződési fo-

lyamat ismerete, hisz a felhasználásra kerülő gránátban lévő idegen fázisok megnövelik a veszteségeket. A technológia különböző fázisainál is idegen, szennyező elemek kerülhetnek az anyagba (elsősorban a golyósmalomban történő őrlésekor vas, kobalt, nikkelt, króm). Ezek egy része beépül a gránát rácsába, mások a szemcsék között idegen fázisok formájában jelennek meg [7]. Mindezek a folyamatok veszteségnövelő hatásúak, ezért alapvető követelmény a kémiai összetétel kívánt értéken tartása. Ez megköveteli az idegen fázisok minél érzékenyebb regisztrálását [8], korrekcióba vételét, és ennek megfelelően a technológia módosítását.

A technológiának a fenti szempontok szerinti optimalizálása, továbbá a veszteségek csökkentését célzó szubsztitúció (pl. cirkónium, indium) lehetővé teszi minimális veszteségekkel rendelkező ( $\Delta H \leq 15$  Oe,  $tg\delta \leq 5 \times 10^{-4}$ ) polikristályos anyagok előállítását.

A korszerű hibrid integrált áramkörökkel felépített rendszerekben alkalmazható, vékonyréteg technológiával megvalósított mikroszalagvonalas cirkulátorok és izolátorok fejlesztése további követelményeket támaszt az anyagokkal szemben. Így az áramkörök alaplemezüll szolgáló polikristályos gránátoknál a kémiai homogenitás mellett rendkívül fontos az egységes morfológiájú, minimális felületi hibát tartalmazó felület biztosítása. A technológia szerves részét képező széles anyagvizsgálati háttér nélkül (kémiai analízis, fény-, scanning elektronmikroszkóp, EDS, WDS) nem képzelhető el a szigorú követelményeket megbízhatóan kielégítő gránáthordozók előállítása [9].

A TKI-ban kidolgozott mikrohullámú ferritek lehetővé tették, hogy a cirkulátorok, izolátorok fejlesztése hazai bázisra épüljön.

A korszerű ferrit anyagok legfontosabb paramétereit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

### Korszerű ferritanyagok jellemzői

1. táblázat

Anyagtípus	$4\pi M_s$ mT	$\Delta H$ KA/m	$tg\delta$ $\times 10^{-4}$	Hőm. koef. $\alpha_0^{+50\%/C^\circ}$	Felhasználás frekv. tart. GHz
YFe-gránátok	58—180	4,0—8,0	<10	-0,05—0,20	<10
Nagyon kis veszteségű gránátok (Y-Zr)	100—137	1,0—2,3	<5	-0,30	4—8
Hőstabil gránátok (GdCaInV)	27—60	5,6—9,6	<10	-0,01÷ -0,09	<2
Li-ferritek	210—370	35—40	<10	-0,08÷ -0,10	10—18
NiZn-ferritek	480	8,0	<10	-0,25	>18



### 3. Szalag és mikroszalagvonalas cirkulátorok tervezése

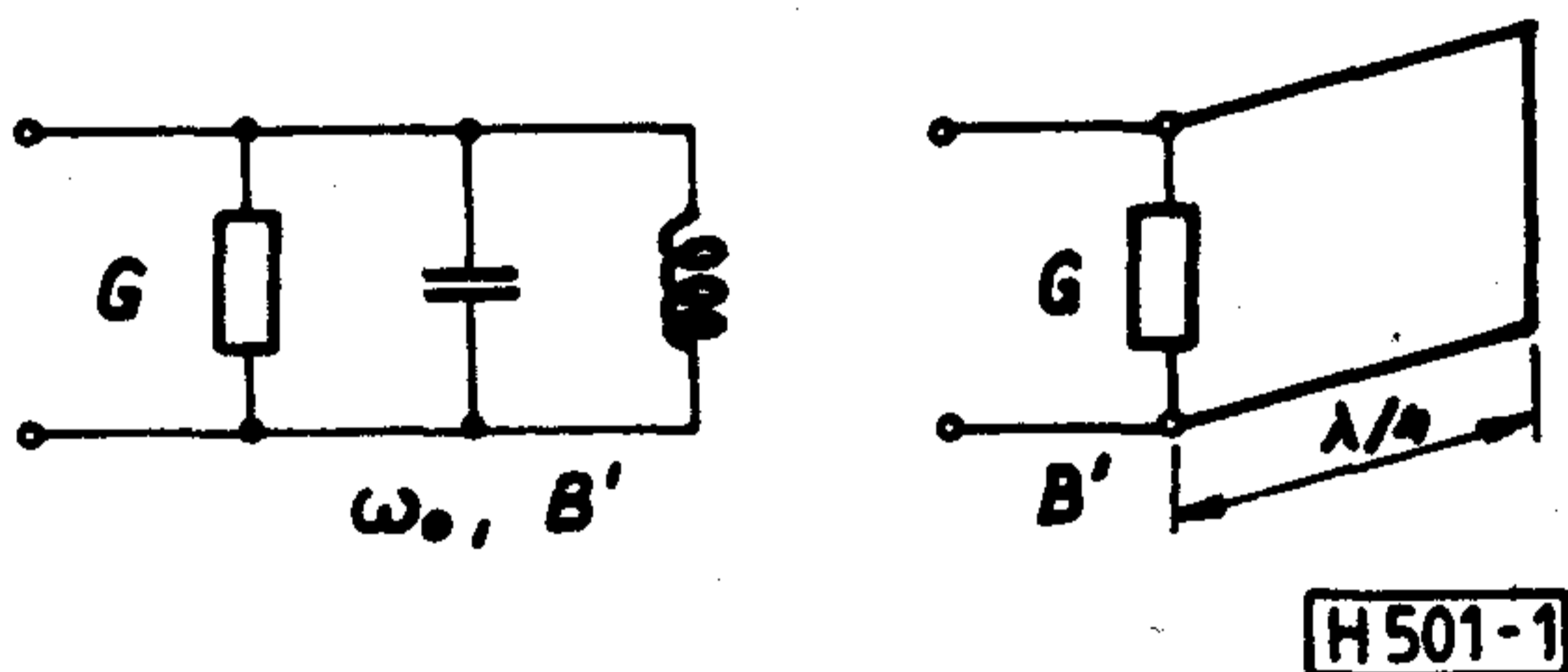
A jelen publikáció céljának megfelelően itt csak a legegyszerűbb, leegyszerűsített elméleti megfontolásokat ismertetjük, melyek azonban mégis jól tájékoztatják az érdeklődőt az eszközök működéséről.

A csomóponti cirkulátorok nemreciprok működését az előmágnesezett ferritrezonátor biztosítja. Szalag és mikroszalagvonalas cirkulátoroknál ez leginkább tárcsarezonátor, de használnak háromszög, hatszögalapú hasáb, vagy Y rezonátorokat is. Egyes esetekben a rezonátorok fedőlapján réseket helyeznek el és ezzel a működési frekvenciát megváltoztatják.

A leggyakrabban alkalmazott tárcsarezonátort az  $n = \pm 1$  módus rezonanciafrekvenciája közötti frekvencián használják, mert így lehet a legkisebb átmérőjű ferritrezonátort a cirkulátorokban alkalmazni. A rezonátor felül, alul fémfallal, palástján dielektrikummal vagy ferrittel határolt. A cirkulátorkapukhoz a rezonátort  $120^\circ$ -os szimmetriában illesztő vonalak csatolják.

Sok mérési eredmény és elméleti megfontolás is igazolta, hogy a cirkulátorok a működési középfrekvencia közelében egyik kapuból benézve párhuzamos rezonátorként viselkednek, és tervezésükhöz közelítő jelleggel az egy kapus helyettesítő kép felhasználható.

A helyettesítő képben levő elemek közti kapcsolatot a cirkulátoregyenlet adja:



1. ábra. Egykapus helyettesítő kép

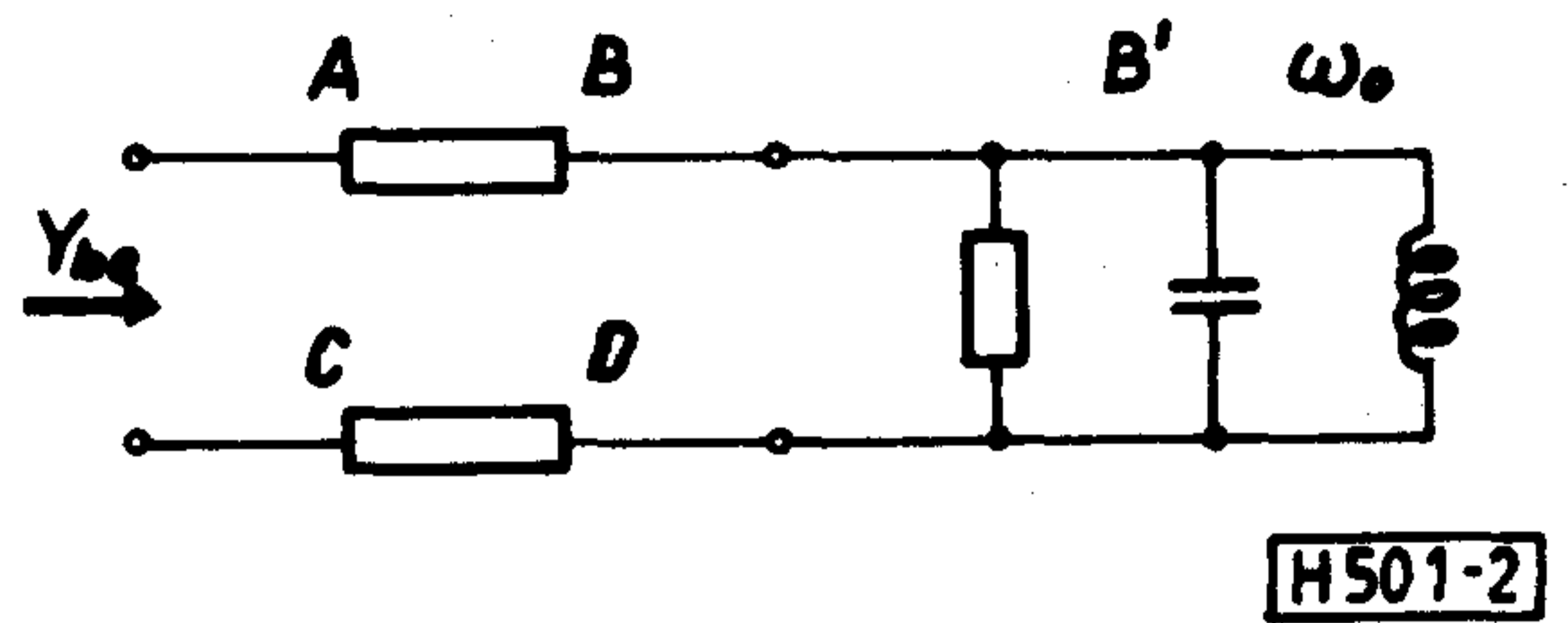
$$G = \sqrt{3} B' \frac{\omega_{+1} - \omega_{-1}}{\omega_0} \quad (1)$$

ahol  $G$  a cirkulátor vezetése,  $B'$  a cirkulátor szuszceptancia meredeksége,  $\omega_{\pm 1}$  az  $n = \pm 1$  módus rezonancia frekvenciája,  $\omega_0$  a cirkulátor középfrekvenciája.

A cirkulátor bemenő admittanciája:

$$Y_L = \sqrt{3} B' \frac{\omega_{+1} - \omega_{-1}}{\omega_0} + j2B' \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \quad (2)$$

A cirkulátorkapukhoz való csatolást a sáv szélesség-követelmények által előírt kétkapuvál lehet megoldani.



2. ábra. Csatolt cirkulátor

Például a leggyakrabban használt,  $\lambda/4$ -es transzformátorral csatolt esetben

$$A = \cos \Theta \quad C = Y_0^T \sin \Theta \quad (3)$$

$$B = \frac{\sin \Theta}{Y_0^T} \quad D = \cos \Theta$$

$$\text{ahol } \Theta = \frac{\pi}{2} (1 + \delta) \quad \delta = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$$

A bemenő admittancia  $Y_{be}$ :

$$Y_{be} = \frac{JC + DY_L}{A + jBY_L} \quad (4)$$

Az (1)-(4) egyenletek alkalmasak a cirkulátorok közelítő jellegű analízisére és szintézisére.

A legnehezebb feladatot az egykapus helyettesítő képben szereplő elemek meghatározása jelenti. A számos lehetőséget ebben a cikkben nem ismertetjük, mivel a vonatkozó szakirodalom részletesen tárgyalja [10], [11], [12], csak az általunk művelt mikroszalagtápvonalas megoldásokra térünk vázlatosan ki. Megjegyezzük, hogy a szimmetrikus szalagtápvonalas esetben az előbbieken említett szakirodalom megoldásai megfelelő pontossággal alkalmazhatók.

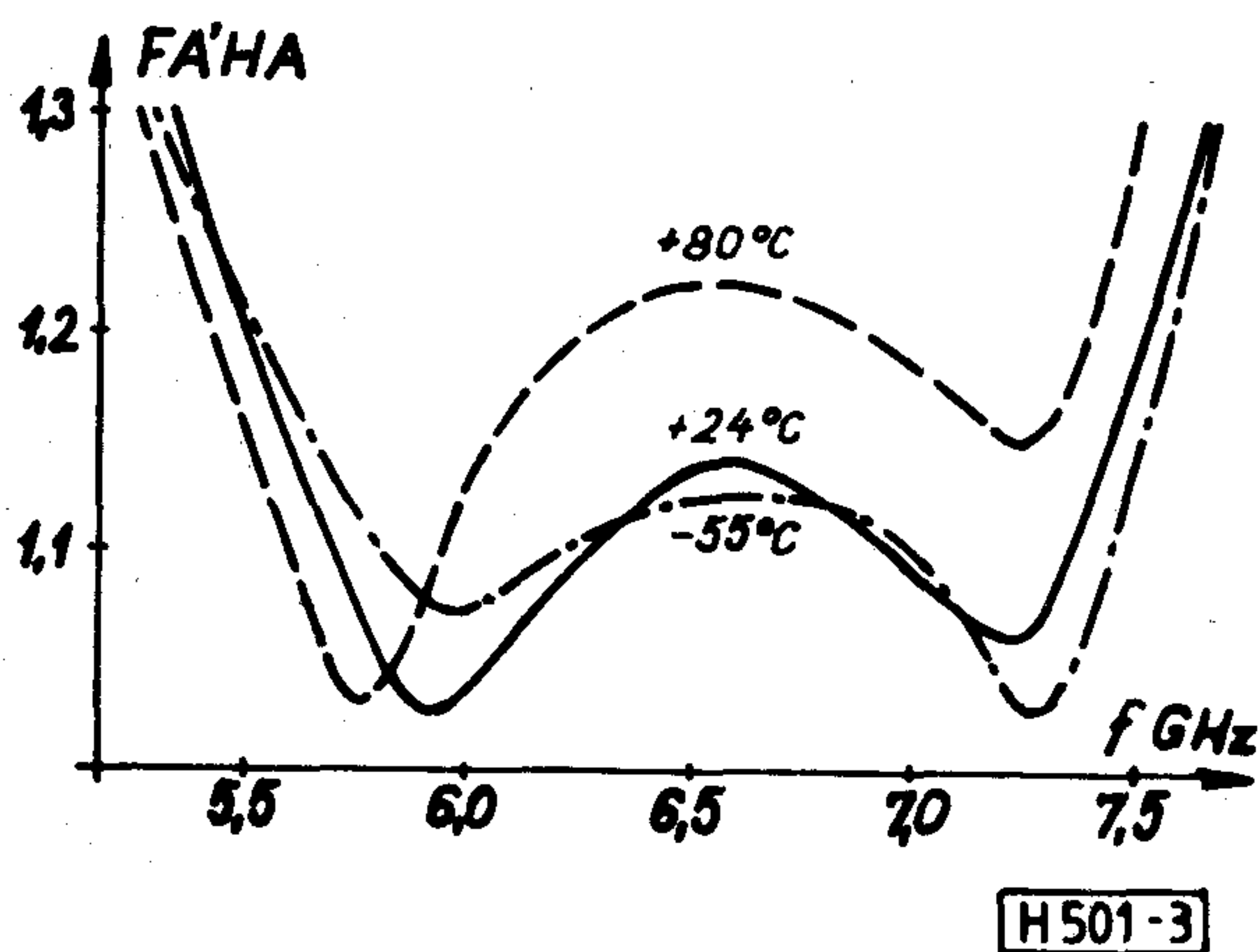
A nehezebb problémát a mikroszalagvonalas cirkulátorok jelentik, melyeknél a határérték-probléma megoldásánál a ferrittárcsa peremén legtöbbször figyelembe vett mágneses fal határfeltétel a szórt terek miatt csak közelítő jellegű megoldáshoz vezet.

Bosma szimmetrikus szalagvonalas cirkulátorokra kidolgozott eredményeit [10] sikerrel lehetett átdolgozni mikroszalagvonalas cirkulátorok tervezésére, és egy kísérletileg meghatározott konstans szorzó bevezetésével a gyakorlat számára jól használható egyenleteket származtattunk [13].

A cirkulátorok szuszceptancia meredekségének meghatározását egyszerűsíti az a felismerés, hogy ezt az alkotórezonátorok szuszceptancia meredekségének ismeretében egy konstanssal való szorzással számíthatjuk [11]. A szalag és mikroszalagvonalas cirkulátorok alkotó rezonátora az egy vonallal csatolt ferritrezonátor, így a vizsgálatokat



erre lehetett korlátozni. A pontosabb számítások érdekében sikerült kidolgozni egy variációs számításra alapuló analízist, mely az egy vonallal csatolt ferritrezonátort diszkontinuitás problémaként tárgyalja, csökkentve azt a hibát, melyet korábban a csatolási síkban konstansnak feltételezett mágneses tér okozott [14], [15]. Ez, az asztali számítógéppel is végezhető analízis a mikroszalagvonalas esetben korábban mindig nagy hibát okozó szórtterek hatását effektív paraméterek bevezetésével vette figyelembe. Az analízist felhasználva a mikroszalagvonalas cirkulátorok tervezése a gyakorlat számára elfogadható néhány százalékos pontosságon belül végezhető el. Az analízisben felhasznált modell alapján a cirkulátorok hőmérséklet-függése is számolható [16], [17]. A modellvizsgálatok arra a felismerésre vezettek, hogy lehetőség van a cirkulátorok hőstabilitásának növelésére, ha a cirkulátort a kapukhoz csatoló áramkört célszerű hőfokfüggéssel alakítjuk ki [18]. Ez azt jelenti a leggyakrabban használt  $\lambda/4$ -es transzformátor-csatolás esetén, hogy a transzformátort egy, a ferritrezonátornál nagyobb hőfokfüggésű ferrit hordozón kialakítva, a hőmérséklet emelkedésével a transzformátor karakterisztikus impedanciája növekszik, ez a rezonátor rész hőmérsékletfüggése miatt bekövetkező, cirkulátor-paraméter-romlást hatékonyan csökkenti. Az így kompenzált cirkulátorok tervezésére egyenleteket lehetett levezetni [18], [19]. Egy, ezzel a kompenzációs módszerrel készített cirkulátor mért feszültség állóhullámarányát mutatja a frekvencia függvényében a 3. ábra három hőmérsékleti érték esetén ( $-55^\circ\text{C}$ ,  $+24^\circ\text{C}$ ,  $+80^\circ\text{C}$  esetén).



3. ábra. Hőmérsékletkompenzált cirkulátor állóhullámaránya

A kísérleti tapasztalatok azt mutatták, hogy ily módon mikroszalagvonalas cirkulátorok, izolátorok kb.  $150^\circ\text{C}$ -os hőmérséklettartományra készíthetők, még akkor is, ha a rezonátorként használt gránátanyag nem hőkompenzált, és az állandó

mágnesek egyszerű ferrit-mágnesek. Természetesen a hőstabilitás biztosítására a másik megoldás hőkompenzált gránátanyagok és hőstabil mágnesek alkalmazása. Ennek a lehetősége elsősorban az alacsonyabb, 1–3 GHz-es frekvenciatartományban van meg, ahová a 700 G-nál kisebb telítési mágneszettségű gránátanyagok nagy hőstabilitással készíthetők. A magasabb frekvenciatartományokban nagy hőstabilitás igény esetén célszerű az előzőekben vázolt megoldást alkalmazni.

Az elméleti megfontolások alapján készített eszközöket a kísérleti munka során végzett optimalizáció hozza a gyártási követelményeknek megfelelő végleges formába. A tervezés közelítő jellege, az anyagparaméterek szórása, a mechanikai méretek tűrése nélkülözhetetlenné teszik ezt a tevékenységet.

#### 4. Mikroszalagvonalas cirkulátorok kidolgozása

A mikroszalagvonalas cirkulátorokat, izolátorokat viszonylag egyszerűen lehet gránát hordozón megvalósítani. A hordozó mindkét felületét vákuum párolgattatással vagy katódporlasztással fémezve, az egyik felületet a tervezett ábra szerint kimarva és a szükséges mágneses teret biztosítható mágnesekkel szerelve állíthatók az eszközök elő. Az eszközök kis mérete és a magas frekvencia miatt az előállítási technológia minden fázisa nagyon gondos munkát igényel.

A mikroszalagvonalas cirkulátorok fejlesztését a TKI-ban nagyrészt gránáthordozók felhasználására alapoztuk. Ebben az esetben mind a ferritrezonátor, mind az illesztő áramkör ugyanazon a hordozón kerül kialakításra. A magasabb frekvenciákon tárcsarezonátorokat, 3 GHz alatt viszont más típusú rezonátorokat (háromszög alakú, stb) is használunk a cirkulátorok kialakításánál a méretcsökkentés érdekében.

Az előírt sáv szélesség elérésére egy vagy kétlépcsős transzformátorral végezzük az illesztést, azt a követelményt szem előtt tartva, hogy az áramkörök a lehető legkisebb méretben legyenek realizálhatók. A transzformátorszakaszok inhomogén mágnesezésével eredményesen tudtuk növelni a sáv szélességet rövid transzformátorok alkalmazása esetén is [20]. Az inhomogén mágnesezést például úgy lehet elérni, hogy a mikroszalagvonalas cirkulátor egyik mágnesét kisebb átmérőjűre, a másikat nagyobbra tervezzük.

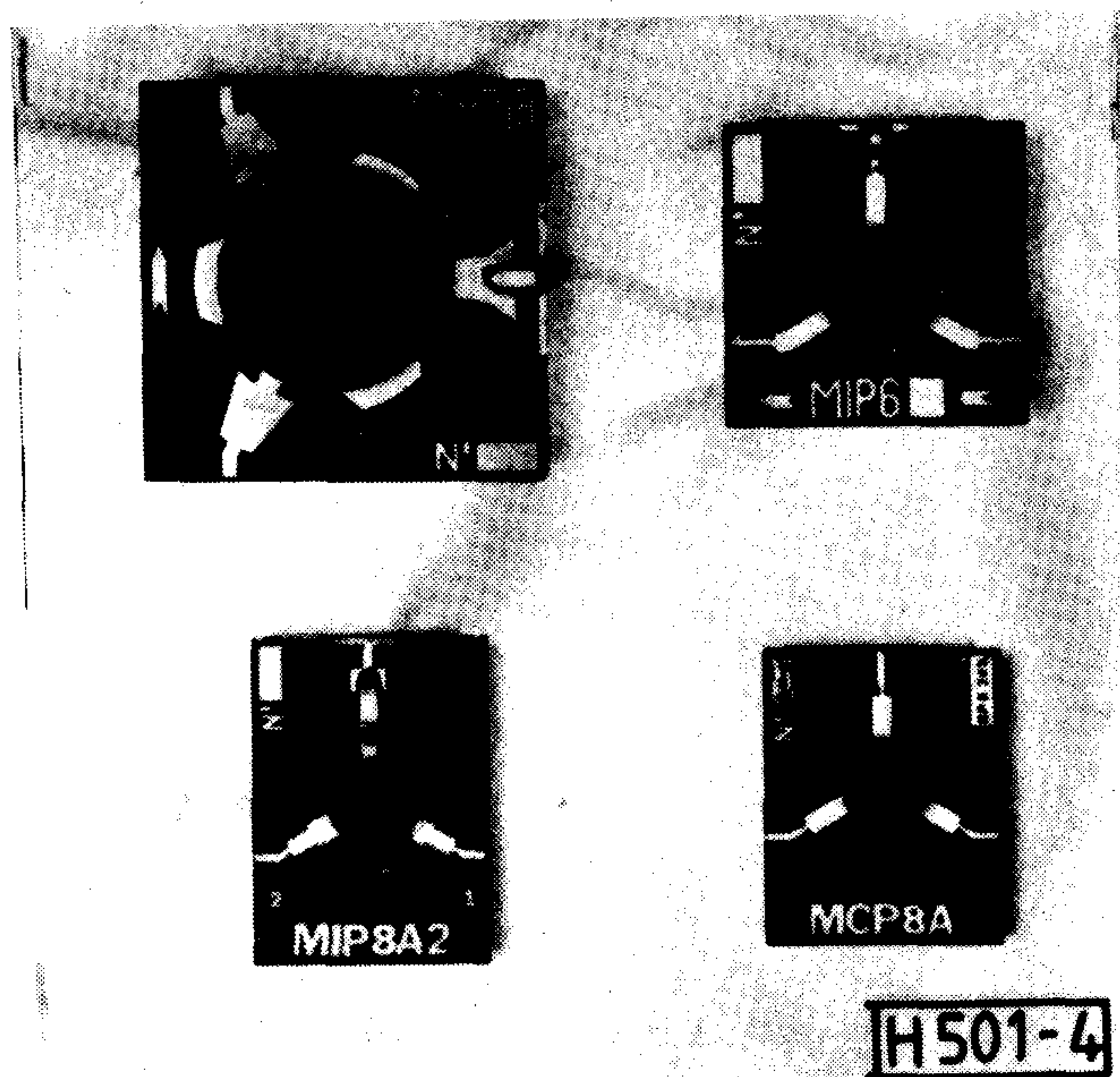
Leginkább ferrit mágneseket használunk — ezek a leggazdaságosabbak — de néhány esetben, például nagyobb hőstabilitási követelmény



esetén fém, vagy ritka földfém mágnesek is felhasználásra kerülnek.

Hazai anyagválasztékra támaszkodva fejlesztettünk ki egy gyártmánycsaládot, mely elsősorban a mikrohullámú gerinchálózati rendszerekben nyert alkalmazást a 4 GHz, 6 GHz, 7 GHz, 8 GHz-es frekvenciasávokban. A cirkulátorok, izolátorok átfogják a kommunikációs sávokat nagyobb mint 20 dB zárócsillapítás, kisebb mint 0,5 dB átteresztő csillapítás és kisebb mint 1,25 állóhullám-arány paraméterekkel.

A 2. táblázat a teljesség igénye nélkül összefoglalja a 4, 6 és 8 GHz-es beültethető ferrites eszközök jellemző műszaki adatait.



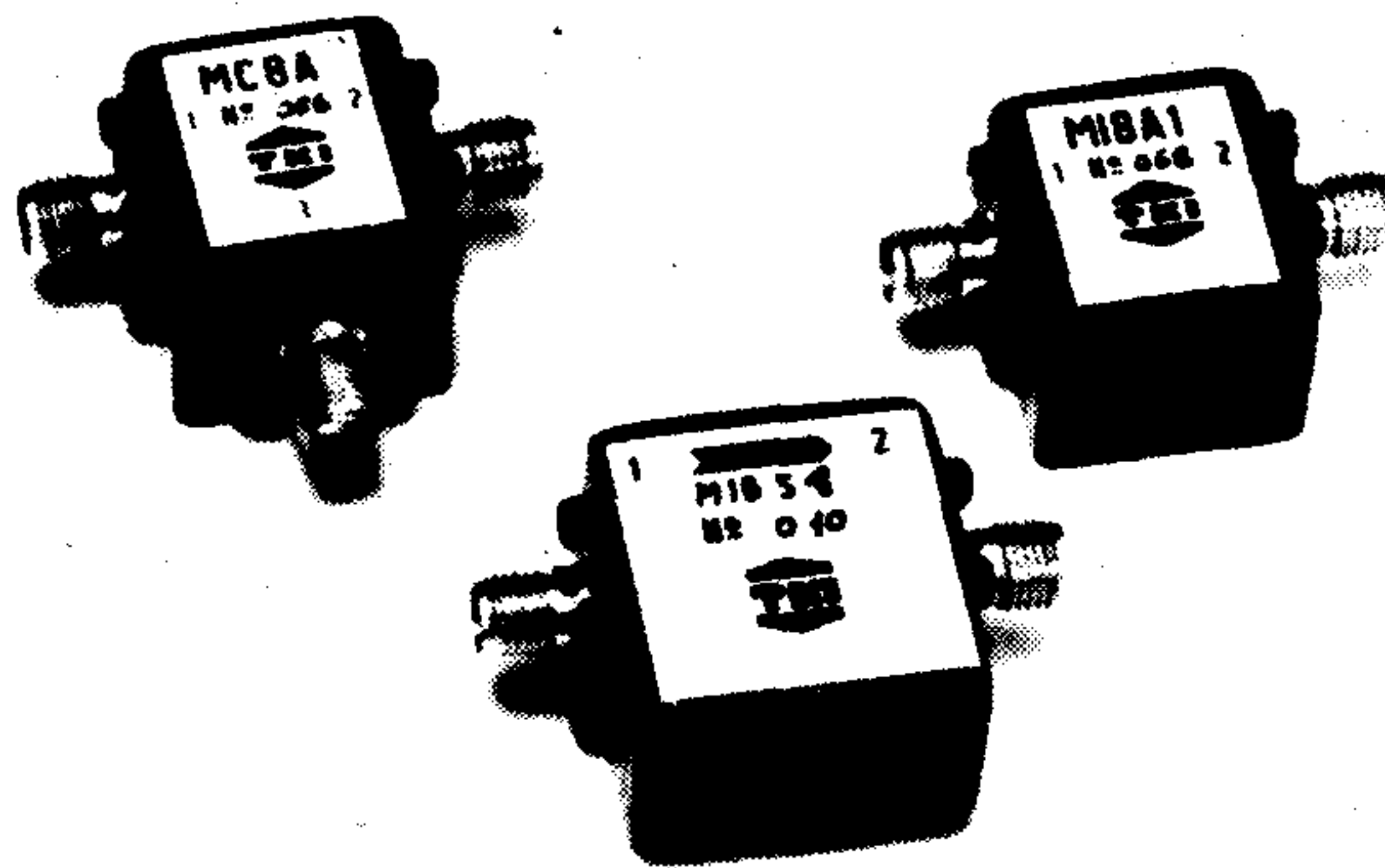
4. ábra. Beültethető ferrites eszközök

2. sz. táblázat

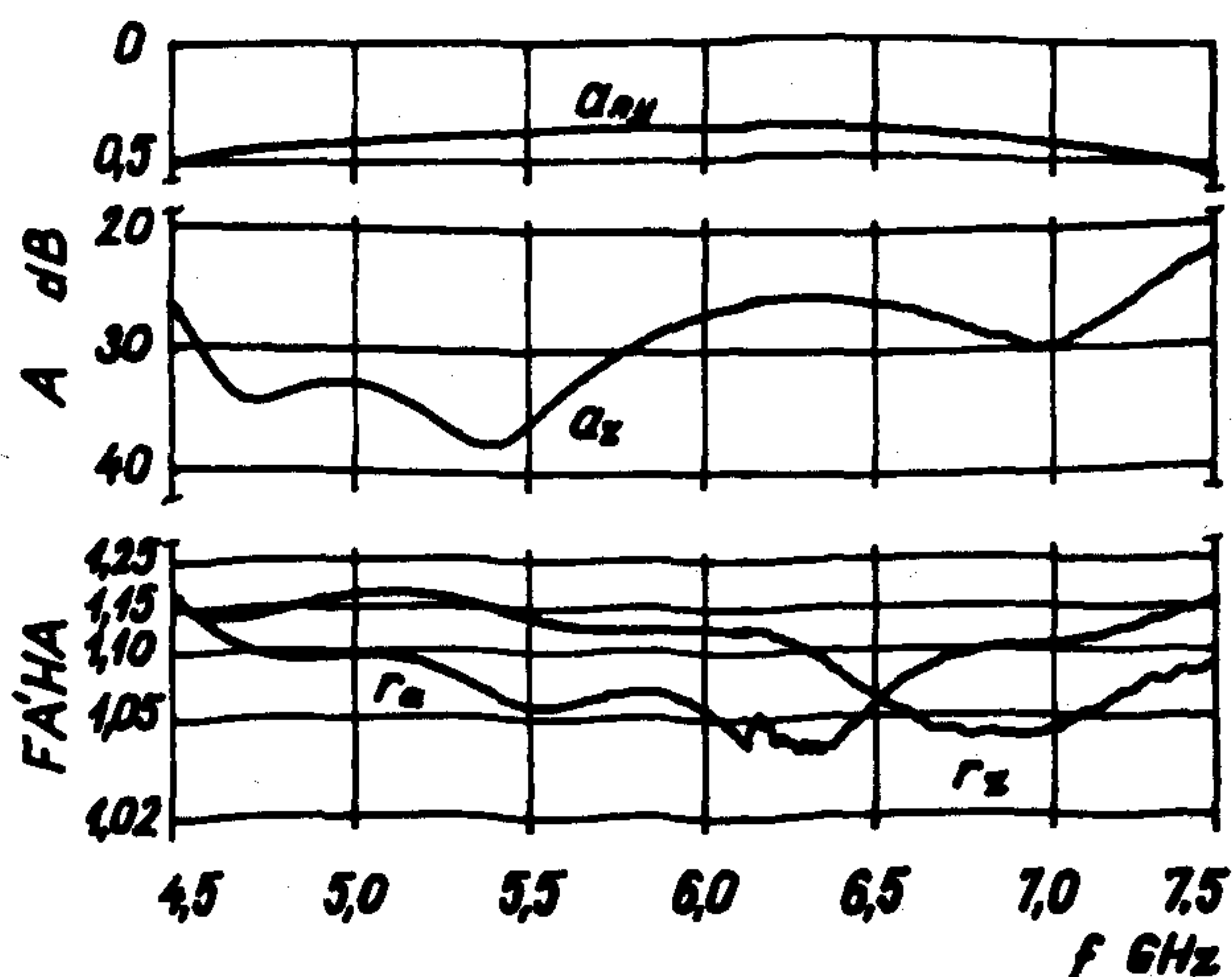
típus	Frekvenciasáv MHz-ben	Tipikus adatok		
		$A_a$ dB	$A_z$ dB	FÁHA
MIP4V	3390—3900	0,4	23	1,17
MIP4Z	3790—4200	0,4	23	1,17
MIP6N	5600—6200	0,5	23	1,17
MIP6Q	5900—6500	0,5	23	1,17
MIP 7	7100—7800	0,4	23	1,17
MIP8A1	7700—8500	0,4	24	1,17
MCP8A*	7700—8500	0,4	24	1,17

\*Megjegyzés: beültethető cirkulátor

Az izolátorokat cirkulátorokból készítjük oly módon, hogy a cirkulátorok harmadik kapuját a gránát-hordozó felületén szerelt 50 Ohm-os ellenállással zárjuk le és illesztjük. A mikroszalagvonalas ferrites eszközöket dobozolva és SMA csatlakozókkal sze-



5. ábra. Koaxiális ferrites eszközök



6. ábra. 6 GHz-es izolátor jelleggörbéi

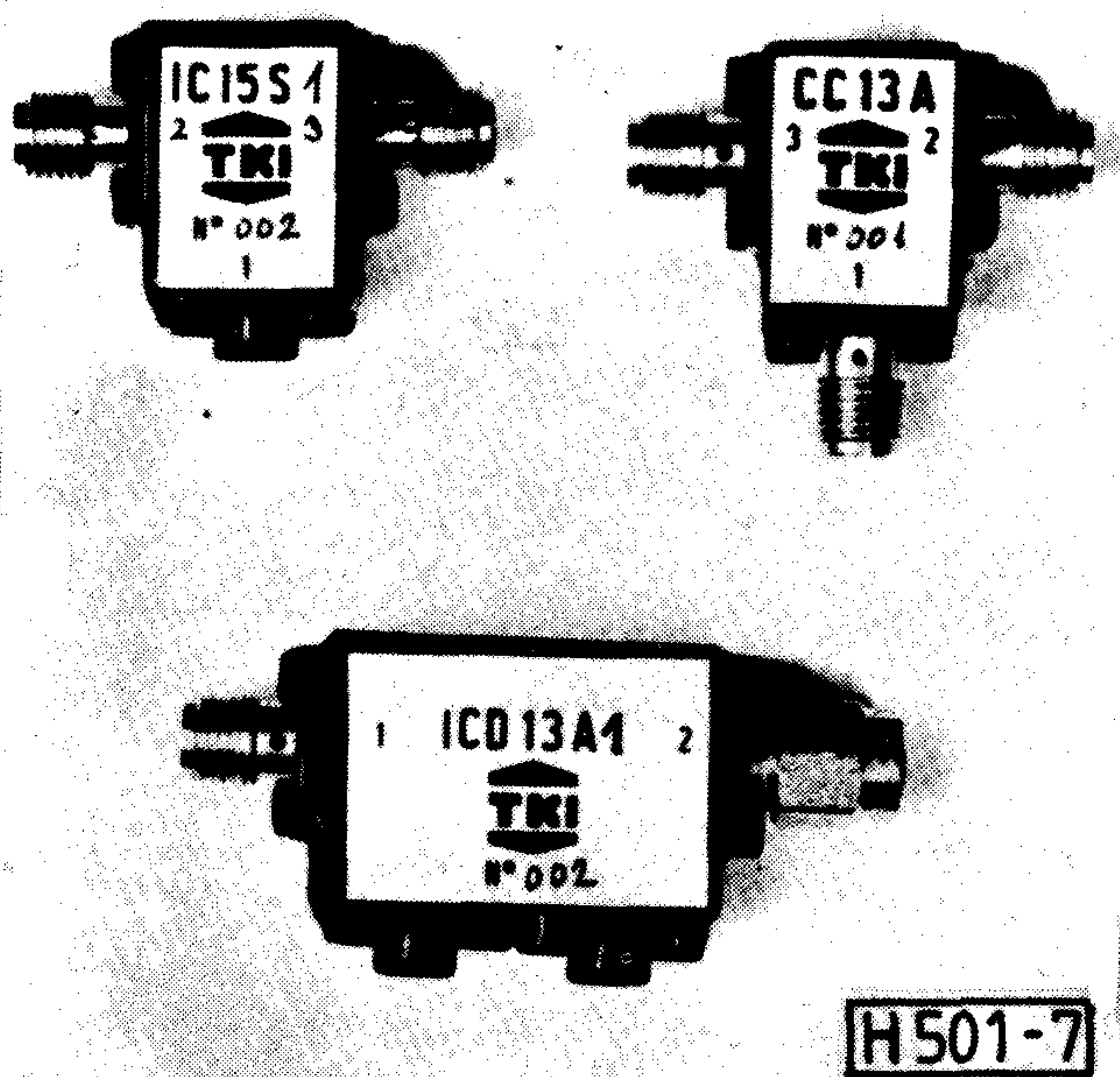
relve koaxiális cirkulátorokat és izolátorokat lehet készíteni.

Dobozolt változatban sikerrel fejlesztettünk ki kisméretű, igen nagy sáv szélességű eszközöket is.

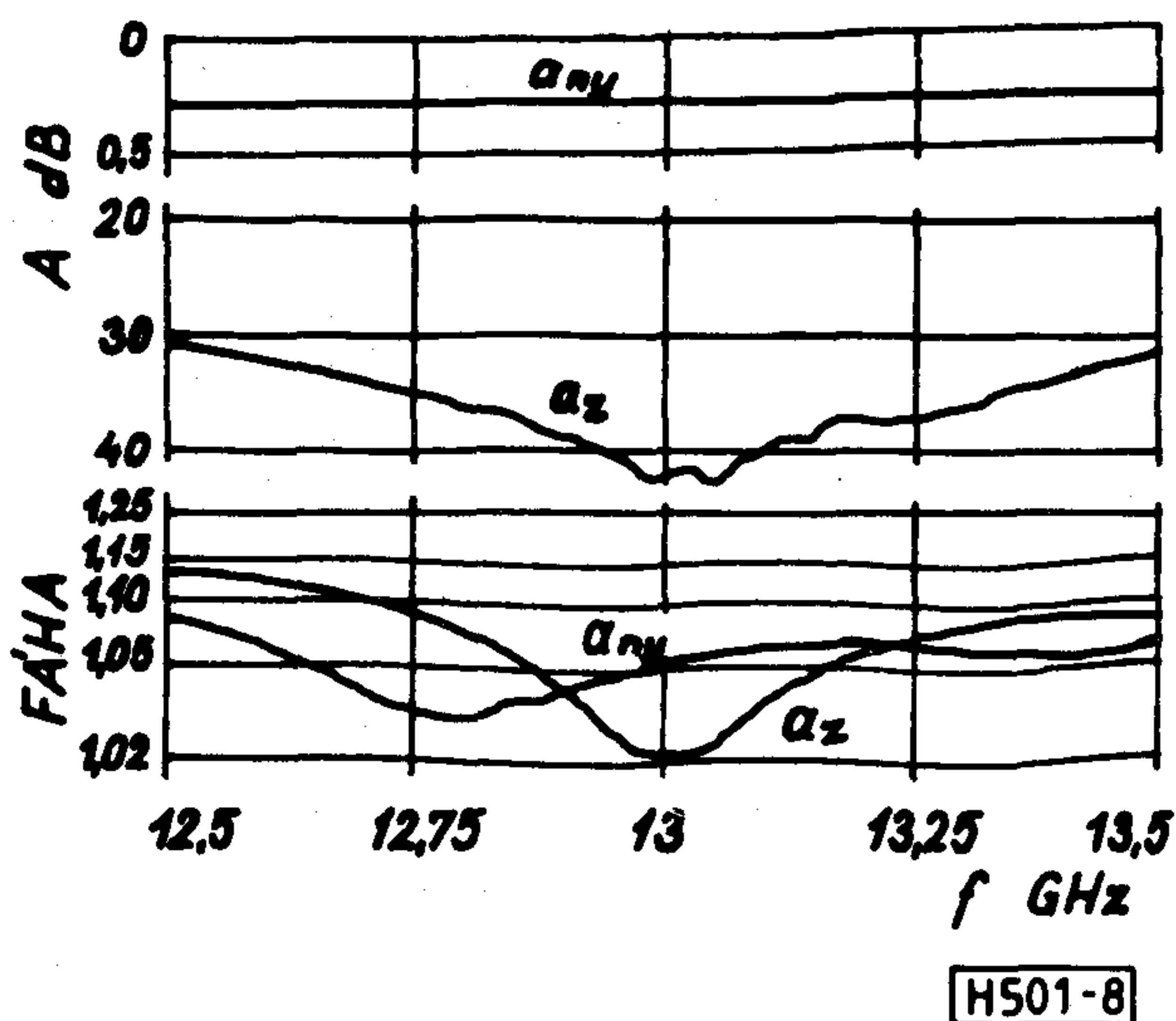
## 5. Szalagvonalas cirkulátorok kidolgozása

10 GHz felett a mikrohullámú ferritek magas ( $\epsilon_f \approx 15$ ) permittivitása következtében adódó kis méretek és a mikroszalagvonalas technika egyéb problémái miatt célszerű a dobozolt eszközöket szalagvonalas technikával megvalósítani. Ez általában alacsonyabb átteresztő csillapítást is eredményez. A 13 GHz-es ferrites eszközcsaládot a hazai Li-ferrit anyagra támaszkodva, szimmetrikus szalagtápvonalban fejlesztettük ki. Az eszközök alapvetően háromkapus cirkulátorok, melyeket izolátor célra külső lezáróval szereltünk, többkapus felhasználásra pedig két háromkapus cirkulátort kapcsolunk össze. A tárcsarezonátorok illesztését kétlépcsős transzformátorral valósítottuk meg.





7. ábra. 13 GHz-es koaxiális ferrites eszközök



8. ábra. 13 GHz-es izolátor jelleggörbéi

## 6. Következtetések

A TKI-ban kidolgozott ferritanyagokon alapuló eszközfejlesztés eredményeként egy olyan, jó paraméterekkel rendelkező, korszerű mikroszalagvonalas és szalagvonalas cirkulátor és izolátor családot fejlesztett ki az Intézet, mely alkalmas a modern harmadik generációs mikrohullámú rendszerekben való felhasználásra.

## IRODALOM

[1] W.H. von Aulock: Handbook of Microwave Ferrite Materials Academic Press, New York and London, 1965.

[2] E.P. Wohlfart: Ferromagnetic Materials North-Holland Publishing Company, Amsterdam, New York, Oxford, 1982.

[3] G. Winkler: Magnetic Garnets Friedr. Vieweg and Sohn, Braunschweig/Wiesbaden 1981.

[4] D. Lefebvre, P. Beuzelin, W. Simonet: Temperature Stable Garnets with Low Gyromagnetic Line-width; IEEE Trans. on Magnetics, MAG-17, No. 6.p. 2970. (1981)

[5] A. Sztaniszlav: Temperature-Stable Garnets with low Saturation Magnetization Proc. of VI. ICMF, Varna, 1982. p. 104

[6] A. Sztaniszlav, M. Balla, M. Farkas-Jahnke: Garnet Forming Solid State Reactions in FeYCaZr Systems with Different Y-Fe Ratios. Proc. of Soft Magnetic Mat. 8., Badgastein, 1987. p. 220.

[7] M. Balla, E. Sterk, M. Tardos: The Néel-point Behaviour of YIG's in the Vicinity of Stoichiometry J. of Magn. and Magn. Mat. 19 (1980) p. 123.

[8] M. Tardos, E. Sterk, M. Balla: The Dependence of the Saturation Magnetisation and the Magnetic and Dielectric Losses of Polycryst. Garnet on the Iron Content. Proc of V. Colloquium on Microwave Communication (1974) Budapest p. SM-329

[9] E. Sterk, K. Sári, M. Balla, J. Lábár: Investigation of Garnet Materials by Scanning Electron Microscopy; Hungarian- Austrian Joint Conf. on Electron Microscopy, Balatonaliga, 1985.

[10] Bosma H. Junction Circulators Advances in Microwaves, Vol. 6. Academic Press, 1971

[11] Rosenbaum, F.J. Integrated Ferrimagnetic Devices Advances in Microwaves, Vol. 8, Academic Press, 1974.

[12] Helszajn J.: Nonreciprocal Microwave Junctions and Circulators, John Wiley and Sons, 1975.

[13] Bársony P.: „Mikrosztript cirkulátorok néhány problémája”, Távközlési Kutató Intézet Évkönyve, Műszaki Könyvkiadó, 1975—1977.

[14] Bársony P.: „A Method for Calculating Anisotropic Planar Circuits”, 5 th International Conference on Microwave Ferrites, 1980 Vilnius

[15] Bársony P.: „A Method for Analysing the Constituent Resonator of Circulators, 7 th Coll. on Microwave Communication, 1982 Budapest

[16] Bársony P.: „Temperature Dependence of Constituent Resonator of MIC Circulators” 8 th Coll. on Microwave Communication, 1986. Budapest

[17] Bársony P.: „Analysis of Temperature Dependence of MIC Circulators” 8 th International Conference on Microwave Ferrites, 1986. Ilmenau

[18] Bársony P.: „On Temperature Stabilization of MIC Circulators by Transformers”, 1987 SBMO International Microwave Symposium Rio de Janeiro

[19] Bársony P.: „Temperature Stable MIC Circulator on Composite Substrate”, MIOP 88, 1988 Wiesbaden

[20] Bársony P.: „Some Effects of Inhomogeneous Biasing Field to MIC Circulators”, 4 th International Conference on Microwave Ferrites, 1968 Jablonna



# Beszámoló

a Nyugat-Berlinben megrendezett  
„Mikroelektronik für die Informationstechnik” c. tudományos konferenciáról

A konferenciát a HTE NSZK-beli partneregyesületéhez, a VDE-hez (Verband Deutscher Elektrotechniker) tartozó ITG (Informationstechnische Gesellschaft) rendezte 1988. október 3.-5. között nyugat-berlini műszaki egyetem építésztechnológiai karának épületében. A HTE és a VDE közti megállapodás alapján (köicsönös részvétel az általuk szervezett konferenciákon) három magyar szakember is meghallgatta az előadásokat: Dr. Székely Levente, a BME Híradástechnikai Elektronika Intézetből, Matók Miklós, a Remixből, és Gyergely István, a Mikroelektronikai Vállalattól. Rajtuk kívül csupán három „külföldi” résztvevője volt a konferenciának: 1—1 fő Ausztriából, Svájcban és az NDK-ból; közülük csupán a svájci tartott előadást.

A konferencia hivatalos nyelve a német volt, összesen 48 előadás hangzott el az információtechnikában alkalmazható, legújabbban kidolgozott, vagy fejlesztés alatt álló félvezető eszközökről, illetve ezek tervezéséről, előállításáról, vizsgálatáról és alkalmazásáról. Az előadásokat élénk vita követte.

A konferencia kiadványa, mely a magyar résztvevőknél megtalálható, az eredeti nyelven rövidített formában tartalmazza az előadások szövegét.

Az alábbiakban felhívjuk a figyelmet néhány érdekes beszámolóra; az idézett előadástípusok jól tükrözik a konferencia tematikai gazdagságát.

— A. Wieder, H. Klose:

Szubmikronos bipoláris technika: új lehetőségek nagy sebességű áramkörök megvalósítására.

— K. Heine, K. Steiner:

InGaAs téreffektus tranzisztorok, az optoelektronikus integrált áramkörök erősítő elemei.

— M. U. Schreiber, U. Langmann:

Egyszerű, önillesztő Si bipoláris technológia alkalmazása max. 10 Gbit/s sebességű, szélessávú optikai kommunikáció megvalósítására szolgáló alapkapcsolások kialakítására; a szimulációs eredmények ismertetése.

— U. Langmann, B. Wüppermann:

Bipoláris technológiával meghonosított sokoldalú, 4 fokozatú léptető regiszter 2,2 GHz frekvenciáig.

— P. Bathe, R. Drexler, D. Knodel, H. Tamm:

Optikai átviteli rendszerek integrált elemel.

— W. Schulz, R. Schwarze:

Jelprocesszorok alkalmazása digitalizált közlekedési információk direkt sugárzó rádióműholdak révén történő továbbítására.

— W. Krautschneider:

„Lágy” hibák szubmikronos szerkezetű áramkörökben.

— S. Görlich, H. Harbeck, P. Kessler:

Integrált elektronsugaras mérőrendszer nagy integráltságú elemek vizsgálatára.

— H. Albrecht:

Integrált optoelektronikai eszközök.

— B. Hosticka:

Rendszertervezés digitális jelfeldolgozáshoz.

— H. Heeren, M. Talmi:

HDTV képtárolók.

— H. Schröder, G. Huerkamp:

100 Hz képváltású frekvenciájú HDTV képvisztaadás rendszer- és áramkörstruktúrája.

— Y. Manolli:

CMOS technológiájú önkalibráló A/D és D/A átalakítók.

— G. Tröster, U. Drusenthal, P. Sieber, P. Tomaszewski, W. Meier, A. Rothermel:

BICMOS technológiájú komplex A/D rendszerek integrálása.

— J. Kernhof, M. Beunder, B. Höfflinger, P. Herbig, G. Müller,

M. Ottka, P. Haz, M. Elser:

Nagy sebességű digitális jelfeldolgozás félkész CMOS összeadó és szorzó elemek segítségével.

— P. Kosack:

Egy specifikáció — orientált konstrukciós elv és ennek gyakorlati alkalmazása integrált áramkörök tervezése.

— D. Biere:

Multiprocesszor-elv keskenysávú képtelefon kidolgozásához.

— P. Vary:

A digitális rádiótelefon megvalósításának perspektívái.

*Gergely István*

СОДЕРЖАНИЕ

INHALT

CONTENTS

Абрушан, Д.—Ваттистик, Д.—Часар, Ш.—Марци, А.—Рергер, Л.—Рона, Р.—Тот, Т.:

## Абонентская аппаратура радиосвязи с временным разделением каналов

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Вудапешт) 1989. №2.

Абонентская аппаратура радиосвязи с временным разделением каналов разработана в Исследовательском Институте Дальней Связи (ТКИ) и внедряется в производство на заводе ОРИОН. Она предназначена для подключения абонентов или групп абонентов с небольшим обменом в публичную телефонную сеть. В радиосети осуществлена постоянная связь от одной точки к многим точкам сети; при помощи 10 соединительных линий ИКМ обслуживаются 64 абонентов. Абонентская радиосеть использует радиочастоты экономично, и соединительные линии эффективно. Разрешает построить сеть простым пу-

тем, по этому применение  $e^*$  в сельских местностях является целесообразным.

Д-р. Эленеш, Й.:

## Вопросы проектирования трансмультиплексеров

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Вудапешт) 1989. №2.

Непосредственное соединение каналов ситем частотного уплотнения и ИКМ (без звукочастотной демодуляции) на современном уровне решается цифровыми трансмультиплексерами. Схемы трансмультиплексации, выполняющие трансформацию спектра, могут считаться характерными примерами высокого уровня использования цифровой обработки сигналов в дальней



связи. В статье рассмотрены варианты системного построения аппаратуры, замысел подбора этих вариантов и приведения сведений, нужные для спецификации важнейших цепей.

Dr. Varshon, P.-Dyuri, P.-Dr. Stanislav, A.:

### **Современные микроволновые ферритовые приборы**

HÍRADÁSTECHNIKA (HIRADÁSHTECHNIKA, Budapest) 1989. №2.

Достигнутые при проведении исследовательских и конструкторских работ теоретические и практические результаты в области создания микрополосковых и полосковых циркуляторов и вентилях свч способствовали изготовлению в ТКИ современных ферритовых приборов свч. В статье рассматривается эта деятельность.

Abrusán, Gy.-Battistig, Gy.-Császár, S.-Marczy, A.-Perger, L.-Róna, P.-Tóth, T.:

### **Zeitmultiplexe Teilnehmer-Fernsprechanlage**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 2.

Eine zeitmultiplexe Teilnehmer-Fernsprechanlage wurde im Forschungsinstitut für Fernmeldetechnik entwickelt und im ORION hergestellt. Sie dient zum Anschliessen von zerstreut angesiedelten Teilnehmern bzw. Teilnehmergruppen mit kleinem Verkehr in das öffentliche Fernsprechnetz. Das System realisiert eine Mehrpunktverbindung und bedient 64 Teilnehmer mit Hilfe von 10 Trönkkanälen. Die Fernsprechanlage ist frequenzökonomisch und nutzt die Trönkkanäle wirksam aus. Sie ist ein zweckmässiges Mittel für die Entwicklung des Ländlichen Fernsprechnetzes und hat einfache Lösungen für ihr Einrichten.

Dr. Elekes, J.:

### **Entwurfsprobleme von Transmultiplexern**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 2.

Die direkte Verbindung von Kanälen in FDM und PCM Systemen (d.h. ohne tonfrequente Demodulation) kann mit einem digitalen Transmultiplexer zeitgemäss gelöst werden. Die Schaltungen eines Transmultiplexers, die eine Spektrumtransformation realisieren, sind charakteristische Beispiele für die fernmeldetechnische Anwendung digitaler Signalverarbeitung. Der Artikel befasst sich mit den unterschiedlichen Varianten des systemtechnischen Aufbaus der Einrichtung und fasst die zur Spezifizierung der wichtigsten Schaltungen notwendigen Kenntnisse zusammen.

Dr. Bársony, P.-Gyúri, P.-Dr. Sztaniszláv, A.:

### **Zeitgemässe Mikrowellenbauelemente**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 2.

Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von Microstrip- und Streifenleitungszirkulatoren und Isolatoren führten zu solchen theoretischen und praktischen Erkenntnissen die die Herstellung zeitgemässer Mikrowellenferrite und Bauelemente ermöglichten. Der Artikel stellt einen Überblick dieser Tätigkeiten dar.

Abrusán, G.-Battistig, G.-Császár, S.-Marczy, A.-Perger, L.-Róna, P.-Tóth, T.:

### **Subscriber radio equipment with time-division operation**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 2.

The subscriber radio equipment type IER 64/1500 developed by the Research Institute for Telecommunications (TKI) and manufactured by ORION provides access to the public telephone network for subscribers with low individual traffic in sparsely populated areas. The system is based on point-to-multipoint connections and operates on a time division basis. It serves 64 subscribers within a circle of 400 km radius over 10 trunk channels. Its technical solutions result in low frequency-band occupation, effective use of the trunk channels and simple installation and maintenance.

Dr. Elekes, J.:

### **Design aspects of transmultiplexers**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 2.

The direct interconnection of FDM and PCM channels can be solved, on an up-to-date manner, by digital transmultiplexer. Its circuits, implementing the spectrum transformation, are characteristic and challenging examples of the DSP in the field of professional telecommunication. The article deals with the variants of the system design and with the aspects of choosing the right solution. The specifications of the basic building blocks are also presented.

Dr. Bársony, P.-Gyúri, P.-Dr. Sztaniszláv, A.:

### **Up-to date microwave ferrite devices**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 2.

The theoretical and practical results achieved in the field of the developments of ferrites and microstrip and stripline circulators, isolators made the production of uptodate microwave ferrites and ferrite devices possible in the Research Institute for Telecommunication. This publication gives a survey of this activity.

## **HÍRADÁSTECHNIKA**

A szerkesztésért felelős: Dr. Tófalvi Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V. Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 531—027. Kiadja: a DELTA Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató Leányvállalat, Budapest, Közraktár u. 4., 1093. Telefon: 175—200. Felelős kiadó: Budai Ferenc főigazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR, Budapest, József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215—96162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 180,- Ft, egész évre 360,- Ft. Egyes szám ára 30,- Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: a „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H-1389 Budapest, Postafiók 149. és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 279. 86—253.

Szedte: „EDITOR” Kiszövetkezet Szekszárd, JFKR 273/89

**HU ISSN 0018—2028 Index: 25 375**